

# PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN EN LA LÍNEA DE EMPAQUE DE AKRA FIBRAS QUÍMICAS S.A. DE C.V. PLANTA 1, PARA EMPACAR PAQUETES UTILIZANDO PALLETS DE PLÁSTICO

Luis Enrique Gaxiola Baqueiro, Felipe de Jesús Hidalgo Cantú, Agustín Pando Delgado

Asesores: Dr. Arturo Molina, M.C. Miguel de Jesús Ramírez

Monterrey, N.L. a 6 de mayo de 2002



## Resumen.

En el siguiente escrito se presenta una solución de automatización para un sistema de empaque de paquetes de texturizado para la empresa AKRA Fibras Químicas S.A. de C.V., con la finalidad de reducir costos en el empaque. En la primera parte se desarrollan los antecedentes de la empresa y la tecnología que será utilizada. Así, se exponen los cambios necesarios en el aspecto estructural, transformacional y procedural del sistema de empaque. Para visualizar de una mejor manera los cambios en el aspecto procedural, se muestran los diagramas AS-IS y TO-BE con el apoyo de la metodología IDEF0. Con el fin de evaluar la tecnología de automatización propuesta se realiza un análisis con los requerimientos del proceso, el análisis de ingeniería económica, las capacidades, proveedores necesarios y una simulación en el software ARENA® para obtener resultados de la utilización de los elementos del sistema actual y del propuesto. Finalmente se presenta un diagrama de Gantt con un plan de implementación de la nueva tecnología en la empresa.

**Palabras clave:** AKRA, Fibras Químicas, automatización, empaque automático, integración de automatización, IDEF0, simulación en ARENA®, evaluación de tecnología.

**Índice Temático.**

	<i>Página</i>
Resumen .....	1
Palabras clave .....	1
Índice temático .....	2
1. Introducción .....	5
1.1. Unidades de negocio .....	5
1.2. División de Fibras Químicas bajo estudio .....	6
2. Síntesis del Problema .....	6
2.1. Objetivo del proyecto .....	7
2.2. Justificación del proyecto .....	8
2.2.1. En cuanto a la calidad del producto.....	8
2.2.2. En cuanto a los costos por materiales y mano de obra en la operación de empaque...8	8
2.3. Marco teórico del proyecto .....	9
2.3.1. Simulación para la optimización de la administración de las relaciones con los clientes .....	9
2.3.2. Diseños virtuales para la customización del producto .....	9
2.3.3. Metodología IDEF0 para modelación de sistemas de manufactura .....	9
2.3.4. Simulación en ARENA® .....	11
2.3.5. Modelación de sistemas de manufactura .....	12
2.3.6. Modelación del Layout en CAD .....	12
3. Metodología de trabajo.....	12
3.1. Análisis de la empresa bajo su enfoque al cliente .....	12
3.2. Análisis de la empresa bajo su enfoque de manufactura .....	13
3.3. Análisis de la empresa bajo la orientación de su proceso de manufactura .....	13
4. Propuesta tecnológica de impacto para la solución de la problemática actual y lograr el objetivo del proyecto .....	14
4.1. Línea actual de empaque .....	14
4.2. Línea propuesta de empaque .....	16
4.3. Descripción de la tecnología .....	18
4.3.1. Nuevo carro requerido .....	18
4.3.2. Rampa con cuchillas motorizadas para el levantamiento del pallet .....	19

4.3.3. Flejadora Salmoiraghi .....	19
4.3.4. Termo empacadora Möllers .....	21
4.3.5. Etiquetadora / pesadora Salmoiraghi .....	22
5. Influencia de la tecnología de impacto propuesta en la cadena de valor .....	24
5.1. En el cliente .....	24
5.2. En los proveedores .....	24
5.3. En el producto .....	25
5.4. En el proceso .....	25
6. Influencia de la tecnología en el aspecto estructural. Flexibilidad versus Grado de Automatización. Cambios requeridos .....	25
7. Indicadores para la evaluación del impacto de la tecnología .....	26
8. Esquematación del aspecto procedural del proceso de empaque en su situación actual en comparación con la situación propuesta .....	27
9. Evaluación de la tecnología propuesta .....	28
9.1. En términos de productividad .....	28
9.2. Caracterización de la tecnología de acuerdo a sus parámetros principales (plataforma tecnológica, nivel de integración, apertura, nivel de inversión, capacidades, etc.) .....	29
9.2.1. Simulación en ARENA® para efectuar un análisis comparativo de la situación actual contra el proceso con la implementación propuesta de tecnología .....	33
9.2.1.1. Modelo actual AKRA Fibras Químicas Planta 1 .....	33
9.2.1.1.1. Resultados obtenidos de la simulación .....	34
9.2.1.2. Modelo propuesto AKRA Fibras Químicas Planta 1 .....	37
9.2.1.2.1. Resultados obtenidos de la simulación .....	38
9.3. Evaluación de los principales proveedores de la tecnología propuesta .....	40
9.3.1. Flejadora, termo empacadora y etiquetadora / pesadora .....	40
9.3.2. Carro nuevo de transportación del pallet con tarima plástica .....	41
9.3.3. Rampa con cuchillas motorizadas para el levantamiento del pallet .....	41
10. Plan para la implementación de la tecnología .....	41
11. Conclusiones .....	42
12. Referencias .....	44
Anexo 1 .....	46
Anexo 2 .....	47

Anexo 3 .....	48
Datos del profesor y los autores .....	49

## 1. Introducción [2].

AKRA se encuentra conformada por la unión de varias empresas, enfocadas a fabricación y comercialización de fibras sintéticas. Estas empresas se encuentran ubicadas geográficamente en las ciudades mexicanas de Monterrey, Ocotlán y Salamanca, las cuales se encuentran en los estados de Nuevo León, Jalisco y Guanajuato respectivamente.

AKRA forma parte de [Alpek](#), el grupo Petroquímico de [Alfa](#), la cual es una asociación de compañías mexicanas enfocadas a diversos y muy variados sectores de la industria que incluyen el acero, alimentos, petroquímicos, fibras sintéticas, autopartes de aluminio, colchones, alfombras y telecomunicaciones.

Durante los años 70's mediante la unión de **Nylon de México, S.A. de C.V.** y **Fibras Químicas, S.A.** se funda **AKRA**. En 1995 se integran las empresas **Nyltek, S.A. de C.V.** y **Univex, S.A.** En 1998 Nylon de México se escindió en tres compañías, una para cada línea de producto, así se crearon **Polykrón, S.A. de C.V.** y **Filamentos Elastoméricos de México, S.A. de C.V.** En la *Figura 1* se muestran las empresas que actualmente conforman AKRA.



*Figura 1.- Empresas que conforman AKRA.*

### 1.1. Unidades de Negocio.

Las diferentes Unidades de Negocio de AKRA se muestran en la *Figura 2*. Como se puede apreciar Fibras Químicas S.A. de C.V. tiene dos unidades de negocio las cuales son:

- Poliéster filamento y filamentos industriales.
- Polímeros de Nylon y poliéster.

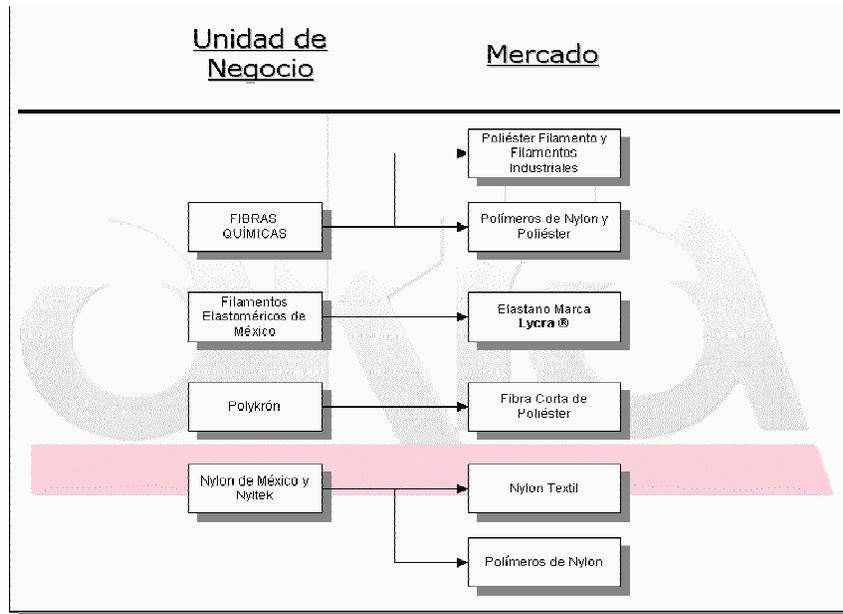


Figura 2.- Unidades de Negocio de AKRA.

## 1.2. División de Fibras Químicas Bajo Estudio.

La División a la cual hemos enfocado nuestro proyecto de automatización es la División de Poliéster Filamento (Unidad de Negocio Fibras Químicas), *específicamente a la Planta 1 de AKRA Fibras Químicas, S.A. de C.V.*, ubicada en Monterrey, N.L. Ésta cuenta con una amplia gama de hilos POY (Partial Oriented Yarn, Hilo Parcialmente Orientado), HOY, FOY (Final Oriented Yarn, Hilo Totalmente Orientado), texturizados y rígidos, urdidos y torcidos.

Actualmente, esta división desarrolla proyectos y alianzas estratégicas de escala y competitividad mundial. Sus productos tienen diversas aplicaciones como prendas de vestir, hogar, automotriz, decoración y tapicería.

## 2. Síntesis del Problema.

Actualmente el proceso de empaque de producto terminado (**paquetes de poliéster**) implica dos inconvenientes destacables: el primero de ellos es el **costo** que implican los **materiales** utilizados, ya que éstos **no retornan** al proceso de empaque y el segundo son los **riesgos potenciales y reales** sobre la **calidad** del producto que se generan por la manipulación directa de los operarios encargados de esta tarea. El empaque que actualmente se emplea es una caja de cartón flexible (que ofrece muy poca protección al producto terminado), en la cual se acomodan doce paquetes de poliéster, divididos en dos niveles de seis paquetes cada uno, tal como se muestra en la *Figura 3*.



*Figura 3.- Procedimiento de Empaque Actual para el Producto Terminado.*

Esta operación de empaque requiere que un obrero, manualmente, acomode *cada uno* de los paquetes de poliéster dentro de una bolsa plástica para, posteriormente, introducirlos dentro de la ya mencionada caja de cartón. Lo anterior implica un consumo de tiempo promedio por obrero, de 30 segundos para empaquetar cada uno de los paquetes, sin contar el tiempo necesario para armar la caja y además, de una manipulación directa del producto terminado durante todo este lapso.

### **2.1. Objetivo del Proyecto.**

Eliminar el actual empaque de cartón, sustituyéndolo por uno de separadores rígidos de polipropileno y un recubrimiento exterior de termo polietileno con un fleje plástico, como el que se muestra en la *Figura 4* disminuyendo tanto el costo de los actuales materiales de empaque como el número de manipulaciones directas del operario. Lo anterior debe llevarse a cabo bajo la restricción de que cualquier modificación hecha sobre la operación de empaque, no afecte a ninguno de los procesos productivos.



*Figura 4.- Empaque que se desea implementar en la línea propuesta.*

## **2.2. Justificación del Proyecto.**

**2.2.1. En cuanto a la Calidad del Producto:** al reducir el número de manipulaciones directas por parte del operario, se **disminuye** también el **riesgo** potencial de perjuicios a la **calidad** del producto terminado. Asimismo, el emplear un pallet plástico con separadores rígidos y restricción al movimiento relativo, evita daños a este último durante el transporte.

**2.2.2. En cuanto a los Costos por Materiales y Mano de Obra en la Operación de Empaque:** el emplear **materiales retornables** elimina el **costo** que implica el actual empaque de cartón, limitándolo solamente al del termo polietileno y el fleje plástico por cada pallet de producto terminado. Por otra parte, también el número de personas implicadas en la operación actual podría recortarse, y el excedente destinarse a otras tareas.

## 2.3 Marco Teórico del Proyecto.

### 2.3.1 Simulación para la optimización de la administración de las relaciones con los clientes [1].

La gran mayoría de los problemas directamente relacionados con situaciones reales concernientes a la Administración de las Relaciones con Clientes (CRM o Customer Relationship Management) y a la Optimización de Portafolio de Proyectos son difíciles de modelar debido a su enorme complejidad y, aunque pudiesen modelarse, es importante hacer notar la pérdida de aproximación a la realidad que la modelación en sí de un sistema representa. Existe sin embargo, la posibilidad de efectuar una buena modelación de un sistema determinado, empleando un conjunto combinado de métodos, tales como Búsquedas Dispersas, Programación Entera Combinada y Redes Neuronales, apoyados con Simulación. En el caso de CRM, la combinación de todas estas herramientas nos ayuda a determinar a través de un modelo, cuál puede ser la mejor programación y combinación de recursos empleados en una la completación de una tarea determinada y que impacta directamente las relaciones con el cliente, como lo es el tiempo de entrega.

### 2.3.2 Diseños virtuales para la customización del producto [17].

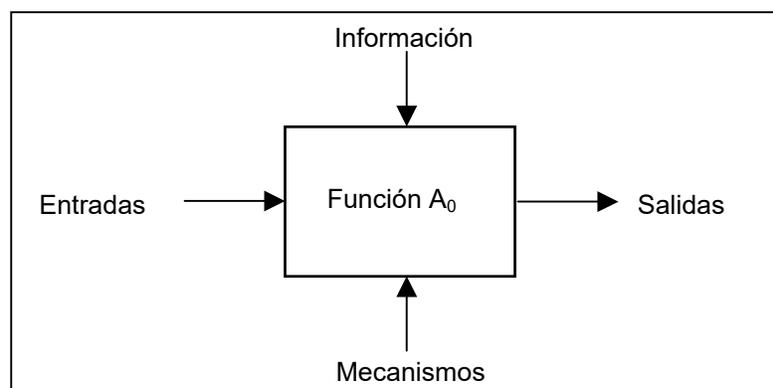
Uno de los aspectos que representa un gran reto en la Customización en Masa (Mass Customization) es la armonización de dos objetivos que en primera instancia parecen mutuamente excluyentes: **la satisfacción de las necesidades individuales de cada cliente** contra **mantener la eficiencia de la producción en masa**. Una herramienta importante para lograr lo anterior, es el **Diseño Virtual**, el cual permite al cliente, dentro de las restricciones en cuanto las variantes del producto impuestas por el fabricante, configurar de acuerdo a sus necesidades un producto que parte de una base o plataforma común. Estas necesidades del cliente suelen ubicarse, principalmente, en: desempeño, aspectos estéticos, valor, costo y urgencia, entre otras. El Diseño Virtual como herramienta de apoyo a la Customización en Masa, se compone de tres etapas principales o estados: Diseño, en el cual el cliente expresa cuáles son sus necesidades y deseos, ya sea directamente con los Departamentos de Ingeniería y/o Diseño de su proveedor o a través de algún medio electrónico. Posteriormente, la segunda etapa es la Virtual, en la cual se modela no sólo el producto, sino el proceso y las actividades que compone al mismo. En el caso de la modelación del producto, la modelación se hace a través de prototipos, principalmente de estereolitografiado. Finalmente, la tercera etapa es la “Real”, en la cual se construyen los prototipos físicos tal y como piensa fabricarse el producto para su venta al mercado, así como se efectúan las corridas “piloto” o de prueba, las cuales fueron antes modeladas en la segunda

etapa. De esta manera, se agiliza el tiempo y los recursos empleados para elaborar un producto, partiendo de una base común, que satisfaga a una determinada gama de clientes.

### 2.3.3 Metodología IDEF0 para modelación de sistemas de manufactura [5] [7] [13].

La metodología IDEF0 (Integration Definition Language 0) puede ser usada para realizar un análisis funcional del sistema, así como para mostrar los diferentes mecanismos que lo componen. El método de modelación tiene una tendencia de lo general a lo particular, es decir, primero se empieza con el sistema en general, y después se descompone en cada una de sus partes aplicando el mismo método. Así, se logra obtener un diagrama más específico de lo que se desea modelar, cuyo resultado es un modelo a detalle del sistema actual.

En la *Figura 5* se muestran los componentes de un diagrama IDEF0.



*Figura 5.- Diagrama general IDEF0.*

Los componentes del modelo principal IDEF0 son diagramas, donde todas las funciones y conexiones del sistema son representadas como bloques y arcos respectivamente.

Como se puede observar en la *Figura 5* los *datos de manejo* de la producción entran por arriba del bloque (manejo). Los *materiales y la información* necesaria para llevar a cabo la función, entran por el lado izquierdo (entradas). Los *resultados* de la ejecución de la función son representados por la flecha de salida en la derecha del bloque (salidas). Los *mecanismos* necesarios para realizar la función, como máquinas, computadoras, entre otras, son representados por la flecha que entra por abajo del bloque (mecanismos).

En la metodología IDEFO es necesario llevar a cabo un proceso de descomposición tantas veces como sea necesario, hasta lograr que cada función no represente varias funciones del sistema y conseguir que las secuencias del proceso queden totalmente definidas en el diagrama. Así, con esta metodología se obtiene un diagrama del flujo de material del sistema.

#### **2.3.4 Simulación en ARENA® [6] [16].**

La simulación de un proceso antes de ser implementado ha resultado ser de gran provecho para las empresas, ya que de esta manera es posible descubrir posibles áreas de oportunidad antes de realizar la inversión final. Para acrecentar los beneficios de la simulación, muchas compañías han formado centros de simulación, análisis, dirección y entrenamiento. En estos centros se estudian los nuevos proyectos y los procesos actuales de la empresa, con la finalidad de encontrarles mejoras.

Los productos de ARENA® han sido diseñados para la toma de decisiones estratégicas en la industria, dentro de estas decisiones están: capacidad local de una cadena de suministro, tasas de operación, estudios de ingeniería industrial, entre otros. La familia de productos ARENA® provee organización con una incomparable facilidad de uso, flexibilidad, y la experiencia requerida para la modelación de cualquier proceso de la compañía.

Dado que el reto principal en las empresas modernas es el de mejorar las operaciones del negocio, las operaciones manuales para analizar los procesos de la empresa han resultado ser obsoletas. La simulación utilizando herramientas computacionales como la familia de productos ARENA® resultan de gran utilidad cuando se desea modelar el sistema tal como es (modelo “as is”), y en base a este modelo poder formular el modelo mejorado del sistema (modelo “to be”).

Como se maneja en [16], la simulación en ARENA® llega a ser de gran ayuda para el análisis del sistema actual y futuro, con la finalidad de encontrar áreas de oportunidad y evaluar los costos aproximados de la solución propuesta, sin necesidad de grandes inversiones. Cabe mencionar que éstas pueden resultar en grandes fracasos si no se realiza un análisis adecuado. En este trabajo se utilizará la versión estudiantil de ARENA® que limita las piezas en proceso a 150, por lo que será necesario hacer una adecuación para poder obtener resultados precisos de los modelos simulados.

### 2.3.5 Modelación de sistemas de manufactura [3] [8].

La simulación de un modelo complejo para un Sistema de Manufactura, permite identificar el comportamiento que se tendrá dentro del sistema, ya que puede capturar todas las condiciones cambiantes que ocurren en él. Y por lo tanto permite tomar decisiones, de las áreas en las cuales se tiene que enfocar el equipo de trabajo.

Dentro de los sistemas de modelación, el sistema de control es una parte clave en el manejo de todas las condiciones cambiantes de un sistema de manufactura automatizado. Este sistema puede constar de maquinaria de control numérico, sistemas automáticos de transportación, acomodo de material, entre otros. Por lo tanto el modelado de las operaciones de control arroja mucha información referente a condiciones del sistema que permiten evaluar los diferentes estados que se pueden tenerse en el sistema, cuellos de botella, entre otros.

### 2.3.6 Modelación del Layout en CAD.

Dentro de las herramientas tecnológicas que se utilizarán en el proyecto, los programas de CAD (Diseño Asistido por Computadora), representan una gran ayuda para la visualización de la distribución y lógica de manejo de los materiales dentro de la planta, así como los espacios y pasillos por donde fluirán los vehículos de transportación del producto.

El paquete que se utilizará es AutoCAD 2002, ya que cumple con las necesidades requeridas para realizar la distribución y secuencia del orden de la línea de empaque.

Lo que se realizará con este paquete será establecer en una vista de planta, las diferentes secciones que se tienen actualmente. Después se evaluarán las partes de la línea que serán cambiadas y posteriormente se colocará la maquinaria a utilizar, tomando en cuenta los espacios de alimentación de materia prima, así como las secciones de colocación del equipo de transportación.

## 3. Metodología de Trabajo [15].

### 3.1. Análisis de la Empresa bajo su Enfoque al Cliente.

El producto fabricado por AKRA posee determinadas características que son inherentes a cualquier fibra química, algunas de las cuales, independientemente del productor, **pueden ser modificadas según las necesidades del cliente**, siempre y cuando se cuente con la tecnología necesaria para ello. En el

caso de nuestra empresa bajo estudio, estas características modificables son: **color, rigidez, resistencia a la tensión, número de filamentos por hilo y número de trenzas por metro**. Por lo tanto, la empresa maneja actualmente un Enfoque al Cliente de **Producción Customizada (Mass Customization)**, ya que se puede ofrecer a éste una amplia gama de variantes sobre un producto estándar (**Enfoque Adaptivo**) y con un bajo tiempo de respuesta. Asimismo, los nichos de mercado son heterogéneos (industria automotriz, del vestido, tapicería, alfombras, etc.). Justificamos esta evaluación, la del **Enfoque de Manufactura** (en el punto 3.2) y la de la **Orientación de su Proceso de Manufactura** (en el punto 3.3) bajo la óptica del impacto que la tecnología propuesta pueda tener sobre estos aspectos.

### 3.2. Análisis de la Empresa bajo su Enfoque de Manufactura.

Clasificamos a éste como **Manufactura Esbelta**, ya que posee algunas de las características más importantes del mismo, a saber: inversión en tecnología, aportación por parte de los obreros, gran dependencia de proveedores, procesos estables y un fuerte enfoque hacia la reducción de desperdicios. Asimismo, su estructura de manufactura es de **Tipo Orientado hacia el Proceso**. Cada uno de dichos procesos, requerido para elaborar la fibra de poliéster independientemente de la variante o modificación solicitada por el cliente, cuenta con su propio espacio físico y agrupamiento de máquinas, el diagrama de los ya mencionados procesos se muestra en el *Anexo 1*. Sin embargo, aislando el subproceso en el que está centrado el interés de nuestro estudio (**Proceso de Empaque**), podemos concluir que éste tiene una secuencia interna **Tipo Línea**.

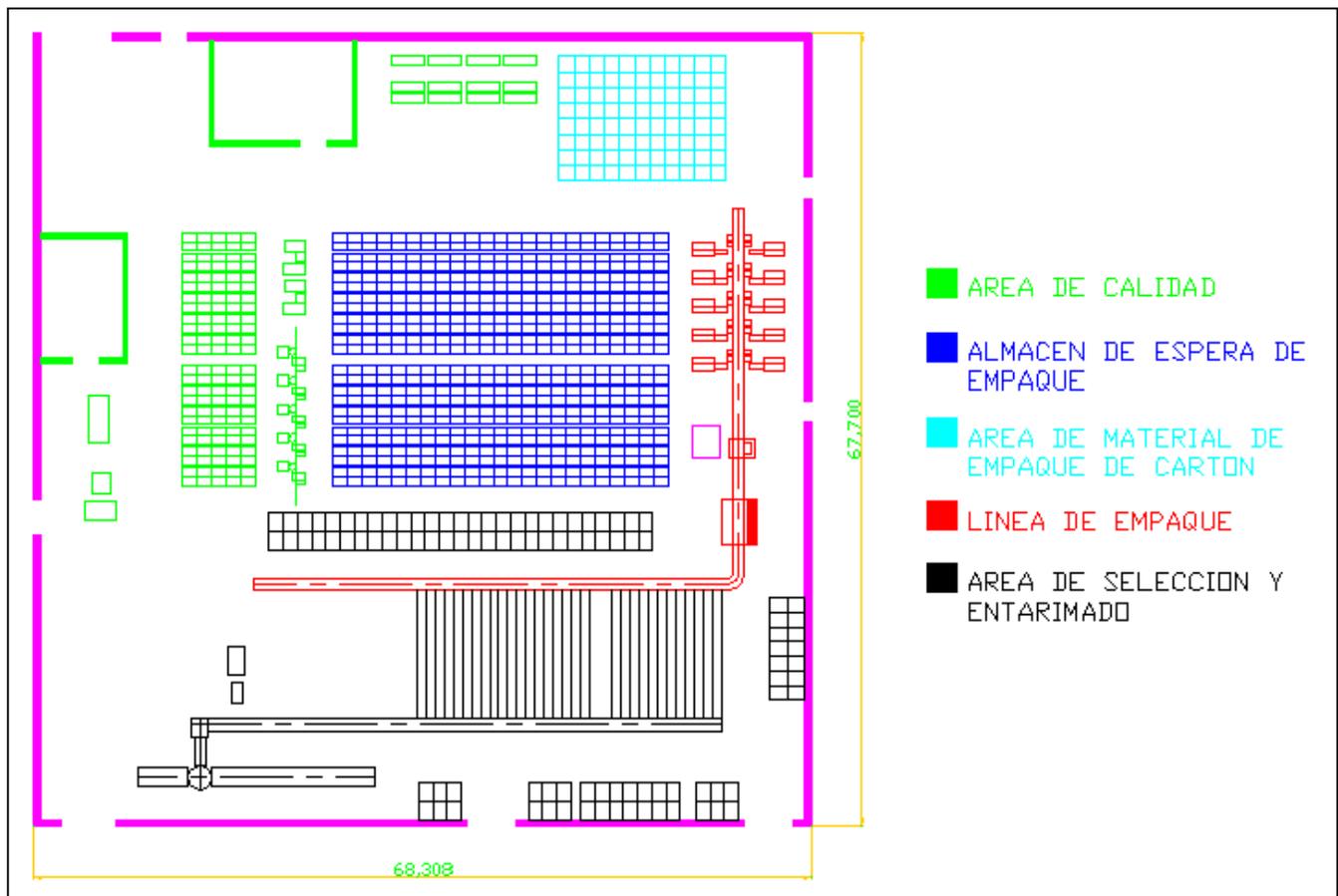
### 3.3. Análisis de la Empresa bajo la Orientación de su Proceso de Manufactura [9].

El proceso de manufactura puede ubicarse como **Make to Order (MTO)**, debido a su fácil adecuación a los requerimientos del cliente, bajo tiempo de entrega y costo de fabricación, calidad consistente y por la relación estrecha que se tiene con los proveedores. Estas características de la Orientación del Proceso de Manufactura, independientemente de la problemática que actualmente existe en la operación de empaque, son aplicables en AKRA hoy en día.

## 4.- Propuesta Tecnológica de Impacto para la solución de la Problemática actual y lograr el Objetivo del Proyecto.

#### 4.1. Línea actual de empaque [4].

En la *Figura 6* se muestra el layout de la Línea Actual de Empaque. La Operación Actual de Empaque es llevada a cabo de la siguiente manera: se tiene un área de almacén de carros transportadores de paquetes, los cuales pueden provenir directamente de la máquina embobinadora o bien del área de control de calidad. Todos estos carros están identificados con una tarjeta en la cual se indica su procedencia, tipo de producto, fecha de fabricación, hora de fabricación, número de máquina en la que se fabricó y peso.



*Figura 6.- Layout línea actual de empaque.*

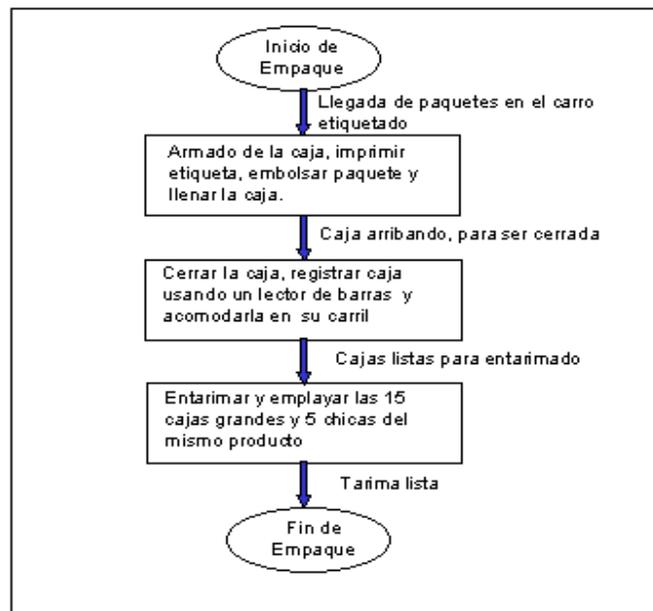
Posteriormente, el personal que se encuentra en el área de empaque pasa a recoger los carros con los paquetes para llevarlos a la sección de empaque en cajas. En esta sección se pueden realizar empaques en cajas de seis o doce bobinas y consta de la colocación de una bolsa plástica en cada uno de los paquetes. Este paso se realiza directamente sobre el carro de transportación. Una vez efectuada la colocación de las bolsas se introducen los paquetes en las cajas. Este paso se hace a un lado de la mesa

de transportación principal, sobre una mesa alterna que permite al personal deslizar la caja con las bobinas hacia la mesa principal.

Después de que el personal realiza el acomodo de los paquetes dentro de la caja, en esta misma área se cuenta con el equipo de identificación, en el cual se vacía la información contenida en la tarjeta del lote, esta información se almacena en la base de datos del área de empaque y además se genera una etiqueta adhesiva que se coloca en la parte lateral de la caja para facilitar el proceso de la conformación del pallet que se entrega al cliente.

Después de esto, el personal coloca la caja sobre la mesa principal que la lleva hacia la máquina de cerrado, la cual adhiere la cinta de cierre de la caja para que ésta pase a la máquina de identificación, donde la pantalla de esta máquina indica al operario sobre cuál línea de salida debe colocar la caja.

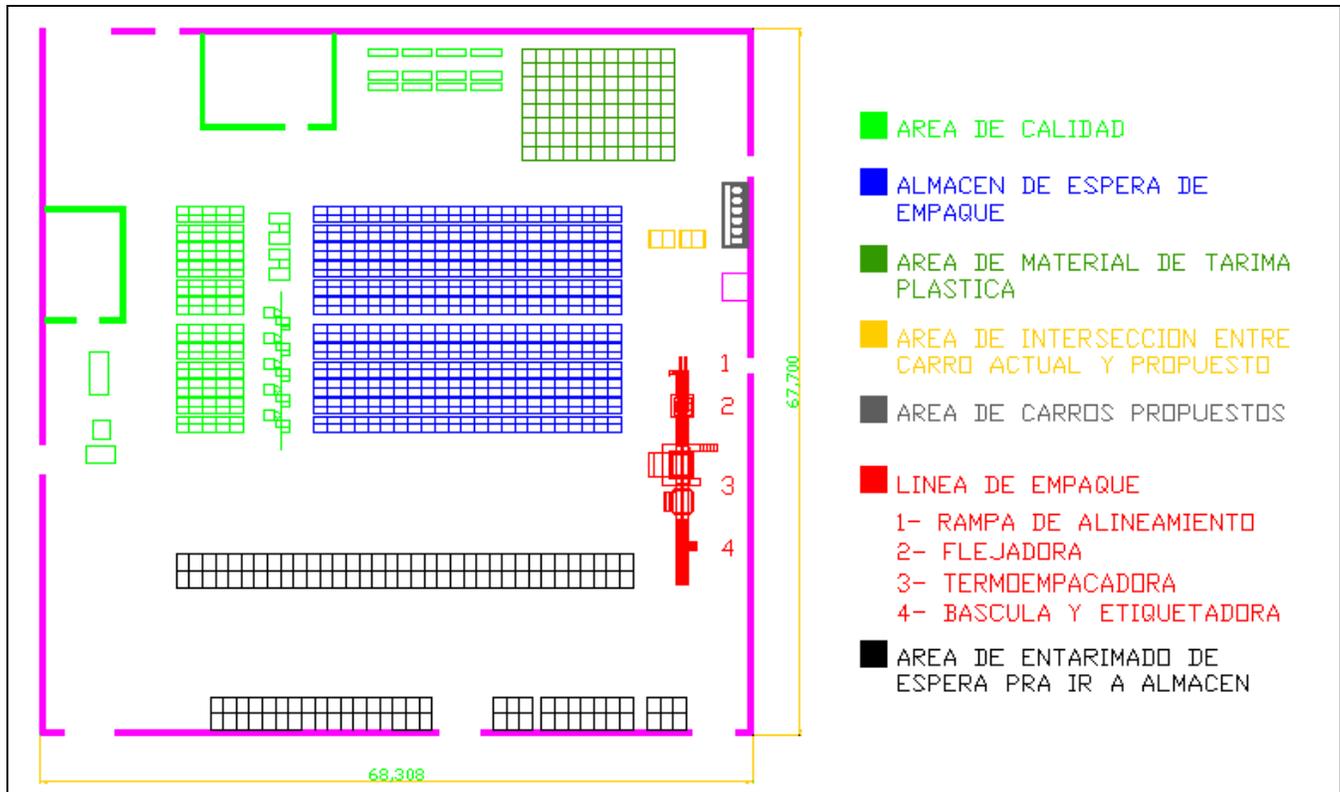
En cada línea de salida se colocan las cajas que van a formar el pallet, éste está compuesto de cinco cajas de seis paquetes cada una y quince cajas con doce paquetes, respectivamente. En la *Figura 7* se muestra un diagrama que resume la Operación Actual de Empaque.



*Figura 7.- Diagrama de la Operación de Empaque Actual.*

## 4.2. Línea propuesta de empaque.

Para poder llegar a la implementación del material de empaque que se mencionó al inicio del reporte, es necesaria la modificación de la línea de empaque que actualmente se tiene. En la *Figura 8* se muestra el layout de la Línea Propuesta de Empaque.



*Figura 8.- Layout propuesto después de la implementación de la mejora tecnológica.*

En este layout se parte del área de almacenaje de carros con paquetes, donde se requiere un área nueva de formación del pallet con la tarima plástica, en la cual se pasarán los paquetes del carro que actualmente se tiene, a uno donde se formará el pallet plástico. Al final de la operación de formación del pallet plástico, la tarjeta de identificación de producto se adherirá a éste.

Una vez que se tenga formado el pallet plástico, éste se llevará hasta el área de la mesa de transportación principal, en la cual se recibirá el pallet sobre el carro nuevo en una rampa de alineamiento con cuchillas que alinearán la base del pallet con la mesa, y así éste será deslizado mecánicamente hasta que el pallet sea transportado por la mesa.

Antes de que el pallet sea colocado en la mesa, un operario introducirá la información de la tarjeta de identificación del pallet en una computadora que se encontrará en esa área.

Posteriormente el pallet será transportado a la máquina flejadora. Una vez que el pallet sea flejado, éste pasará a la aplicación de la cubierta plástica termo contráctil, para después ser llevado a la máquina etiquetadora/pesadora la cual formula el código de identificación de acuerdo a los datos que son depositados en la entrada de la mesa de transportación.

Por último se llega a la sección final de la mesa de transportación en donde el personal se encargará de descargar los pallets con montacargas para ser transportados al almacén. En la *Figura 9* se muestra un diagrama que resume la Operación Propuesta de Empaque.

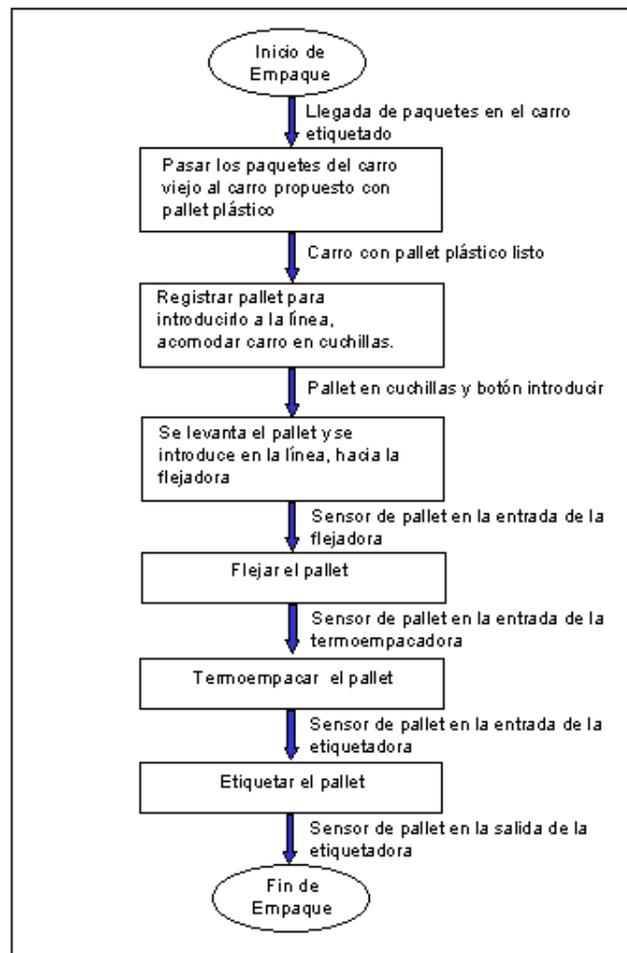
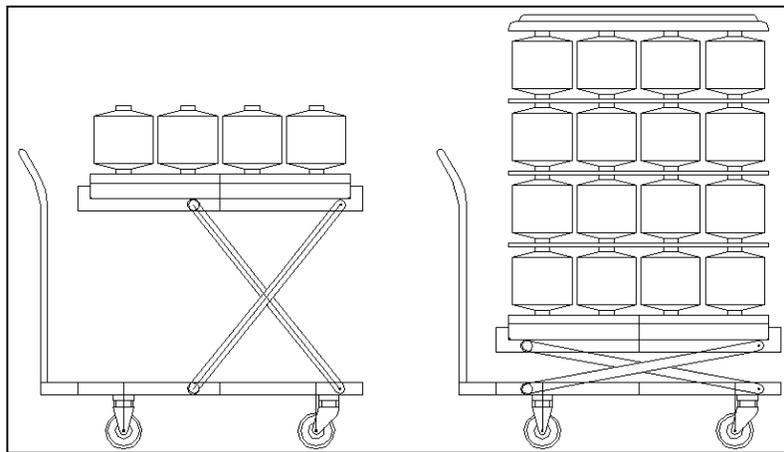


Figura 9.- Diagrama de la Operación de Empaque Propuesto.

### 4.3. Descripción de la tecnología.

#### 4.3.1. Nuevo carro requerido.

De acuerdo a las características requeridas para un mejor desempeño del acomodo de los paquetes por parte de los operarios, y buscando integrarlo con las características de las tarimas plásticas que se desean utilizar, se desarrollo un carro de transportación en el cual se integre una nueva serie de secuencias de empaquetado. Éste se muestra en la *Figura 10*.



*Figura 10.- Esquema de carro propuesto para el área de Empaque.*

Las características de este carro son las siguientes:

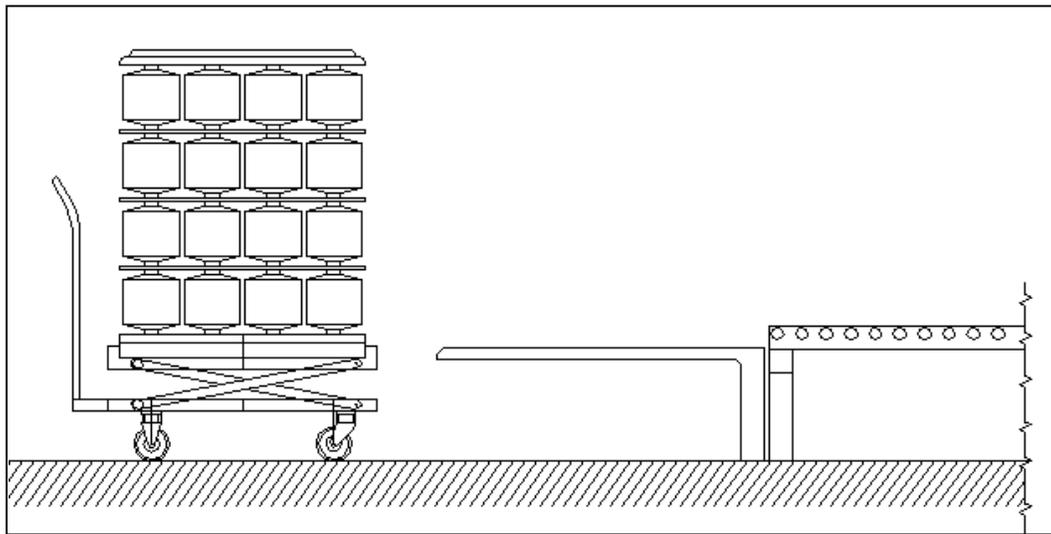
- Plataforma de altura ajustable para una mayor comodidad del operario.
- Plataforma de localización de la base de la tarima.
- Espacio para la entrada de las cuchillas del elevador para colocar la tarima en la mesa de transportación.
- Pistón neumático para ajuste de la altura de la plataforma.
- Soporta un peso mayor a 326 kgs. y menor que 500 kgs.

El diseño de este nuevo carro permite integrar las tarimas nuevas con la línea de transportación que conduce al flejado del pallet. La base ajustable tiene la ventaja ergonómica de permitir al operario colocar los paquetes en el primer nivel sin necesidad de agacharse debajo de la altura de su cintura, ya que cuando el operario se encuentre realizando esta operación, la plataforma del carrito mantendrá la tarima a una altura de 1,100 mm aproximadamente, para que después, al colocar el segundo nivel, la

plataforma se deslice hacia abajo y esto le permita el acceso para completar el segundo nivel a la misma altura, y así sucesivamente hasta completar el pallet y colocar la tapa.

#### 4.3.2. Rampa con cuchillas motorizadas para el levantamiento del pallet.

Se requiere de una rampa que eleve el pallet de plástico ya formado desde la altura en la que se encuentre sobre el carro hasta la altura de la mesa de rodillos de entrada de la flejadora, tal como se muestra en la *Figura 11*.



*Figura 11.- Esquema de acoplamiento del carro de empaque con la rampa de alineamiento.*

Así, la rampa puede elevar un pallet de plástico con 48 paquetes y una altura de aproximadamente 350mm respecto al nivel del piso, hasta una altura de 600mm, y alinear el pallet con la mesa de rodillos. Además el mecanismo de deslizamiento en las cuchillas de la rampa, formado por rodillos motorizados, transfiere el pallet desde ésta hasta la mesa de rodillos de entrada de la flejadora.

Esta rampa trabaja con la tarima completa de 48 paquetes, que tiene un peso de aproximadamente 326kg. El mecanismo utilizado será similar al de los montacargas, en donde se tiene un sistema de rieles que son desplazados con cadenas movidas por medio de un motor.

#### 4.3.3. Flejadora Salmoiraghi [4].

En la *Figura 12* se muestra la máquina flejadora Salmoiraghi. Ésta consta básicamente de:

- Una mesa de rodillos de entrada y una de salida con sensores fotoeléctricos.

- Una mesa flejadora.
- Un tablero eléctrico con un PLC SLC 500 preconectado con 10 entradas y 10 salidas disponibles.



*Figura 12.- Máquina Flejadora Salmoiraghi*

El funcionamiento de esta máquina consiste en: dar entrada al pallet formado a la mesa giratoria que se encuentra debajo de la estructura de la máquina. Girar el pallet 90° para colocar la primer cinta de fleje mediante rieles que están colocados alrededor de la estructura. Por medio de calor se cierra el lazo del fleje. Después se gira 180° para alinear la segunda sección de flejado de la tarima a los rieles del fleje y se realiza nuevamente la operación de flejado. Por ultimo se gira el pallet 90° para darle salida de la máquina.

Esta flejadora está siendo utilizada en la Planta 2 de AKRA Fibras Químicas, por lo que la empresa nos ha solicitado que utilicemos este mismo modelo por las siguientes razones:

- El proveedor ya es conocido, tiene un soporte técnico aceptable y se encuentra en la ciudad de Monterrey.
- Su precio no es muy elevado, es de \$1,000,000 M.N.

- Ya existen manuales de capacitación para el personal de producción.
- El personal de mantenimiento mecánico, eléctrico y de instrumentación ya está capacitado en estas máquinas.
- El rendimiento de estas máquinas ha sido arriba del 90%.
- Los paros por falla son de menos de 10 por mes.
- Ya se tiene un convenio con el proveedor del fleje que se requiere.
- La máquina está diseñada para flejar los pallets de plástico que se desea utilizar.

Los beneficios de utilizar la máquina flejadora Salmoiraghi son los siguientes:

- Se pueden flejar más pallets por hora<sup>1</sup>.
- La variabilidad en el proceso de flejado es casi cero.
- Se ahorra el uso de un montacargas para flejado y de operarios para flejar los pallets<sup>1</sup>.

#### 4.3.4. Termo empacadora Möllers [4].

En la *Figura 13* se muestra la máquina termo empacadora Möllers. Esta máquina consta básicamente de:

- Una mesa de rodillos de entrada y una de salida con sensores fotoeléctricos.
- Una mesa para poner la bolsa en el pallet.
- Una encogedora a base de calor.
- Un tablero eléctrico con un PLC SLC 500 preconectado con 10 entradas y 10 salidas disponibles.



*Figura 13.- Máquina termo empacadora de la marca Möllers.*

<sup>1</sup> Fuente: AKRA Fibras Químicas. Los beneficios son mayores respecto a realizar la operación manualmente.

En la primera sección de la máquina se le coloca al pallet una bolsa termo contráctil, la cual es formada mediante la dosificación del rollo de termo polietileno. Esta parte del rollo se corta y cierra por la parte de arriba y después, un par de guías abren la bolsa y la colocan sobre el pallet. Por último, el pallet con la bolsa se pasa a la sección en donde una corriente de aire caliente incide sobre éstos para sellar la bolsa.

Esta máquina está siendo utilizada en la Planta 2 de AKRA Fibras Químicas, por lo que la empresa nos ha solicitado que utilicemos este mismo modelo por las siguientes razones:

- El proveedor ya es conocido, tiene un soporte técnico aceptable y se encuentra en los Estados Unidos de América.
- Su precio no es muy elevado, es de \$2,000,000 M.N.
- Ya existen manuales de capacitación para el personal de producción.
- El personal de mantenimiento mecánico, eléctrico y de instrumentación ya está capacitado en estas máquinas.
- El rendimiento de estas máquinas ha sido arriba del 90%.
- Los paros por falla son de menos de 12 por mes.
- Ya se tiene un convenio con el proveedor del empaque de termo polietileno que se requiere.
- La máquina está diseñada para termo empaclar los pallets de plástico que se desea utilizar.

Los beneficios de utilizar la máquina termo empacadora Möllers son los siguientes:

- Se pueden termo empaclar más pallets por hora<sup>2</sup>.
- La variabilidad en el proceso de termo empaclado es casi cero.
- El termo polietileno es más robusto que el empleado tradicional.
- Se evita dejar huecos en el empaclado, lo cual sucede algunas veces en el empleado.

#### **4.3.5. Etiquetadora / pesadora Salmoiraghi [4].**

En la figura *Figura 14* se muestra la etiquetadora/pesadora Salmoiraghi. Ésta consta básicamente de:

- Una mesa de rodillos de entrada y una de salida con sensores fotoeléctricos.
- Una mesa para poner la etiqueta en el pallet con sensores fotoeléctricos.
- Una máquina impresora de etiquetas y un pistón para pegar las etiquetas.
- Una báscula para pesar el pallet.

---

<sup>2</sup> Fuente: AKRA Fibras Químicas. Los beneficios son mayores respecto a realizar la operación manualmente.

- Una computadora con tarjeta de Red Ethernet para procesar la información de la etiqueta (peso, tipo de producto, peso neto, peso bruto, entre otros definidos por el departamento de producción).
- Una tarjeta de comunicación con la etiquetadora Salmoiraghi, instalada en la computadora.



*Figura 14.- Máquina Etiquetadora / Pesadora Salmoiraghi.*

La función de esta máquina es colocarle al pallet ya termo empacado, una etiqueta en la cual esté impresa la información de fabricación (tipo de producto, hora, día, máquina, etc.), la cual servirá para el control de almacenamiento y entrega del producto.

Esta máquina está siendo utilizada en la Planta 2 de AKRA Fibras Químicas, por lo que la empresa nos ha solicitado que utilicemos este mismo modelo por las siguientes razones:

- El proveedor ya es conocido, tiene un soporte técnico aceptable y se encuentra en la ciudad de Monterrey.
- Su precio no es muy elevado, es de \$200,000 M.N.
- Ya existen manuales de capacitación para el personal de producción.
- El personal de mantenimiento mecánico, eléctrico y de instrumentación ya está capacitado en estas máquinas.
- El rendimiento de estas máquinas ha sido arriba del 98%.
- Los paros por falla son de menos de 5 por mes.

- Ya se tiene un convenio con el proveedor de las etiquetas y del rollo de impresión requeridos.
- La máquina está diseñada para etiquetar los pallets de plástico termoempacados con polietileno.

Los beneficios de utilizar la máquina etiquetadora/pesadora Salmoiraghi son los siguientes:

- Se pueden etiquetar más pallets por hora<sup>3</sup>
- La variabilidad en el proceso de etiquetado es casi cero.
- Se evita en gran medida, errores en el etiquetado.
- Se tiene un control más eficiente de la posición de la etiqueta.
- Se asegura que todos los pallets llevarán una etiqueta de identificación.
- Se ahorra el uso de un operario de etiquetado<sup>3</sup>.

## 5.- Influencia de la Tecnología de Impacto Propuesta en la Cadena de Valor [14] [15].

### 5.1. En el cliente.

Éste recibirá el beneficio directo de un producto cuyo empaque es más robusto al manejo y al transporte, y por lo tanto, con menores riesgos en cuanto a daños en la calidad del mismo. Por otra parte, es importante señalar de manera general que deberán hacerse las modificaciones pertinentes en los canales adecuados del *Customer Relationship Management*, puesto que será indispensable, para medir la efectividad de la propuesta tecnológica, monitorear la calidad del producto *antes* y *después* del transporte. Dichos canales están establecidos ya en el proceso administrativo denominado *Reclamaciones*.

### 5.2. En los Proveedores.

El reemplazo de los materiales consumibles de empaque a emplearse, implica eliminar todos los elementos de cartón, pero por otra parte, involucra incorporar el uso de termo polietileno y flejes plásticos. Existen ya los canales de comunicación con los proveedores de estos insumos, debido a que AKRA Planta 2 emplea un sistema análogo, similar en cuanto a insumos, pero diferente en cuanto a tecnología de aplicación del ya mencionado empaque. Dicho proveedor cuenta con la capacidad y la disposición para suministrar los materiales de empaque en la calidad y cantidad necesarias, pues este proyecto ya le fue planteado. Por otra parte, al proveedor actual del material de cartón le resulta imposible poder suministrar los consumibles plásticos requeridos, por lo que se eliminará el vínculo funcional que actualmente se tiene con él. Es importante mencionar *de forma general* que AKRA, en lo

<sup>3</sup> Fuente: AKRA Fibras Químicas. Los beneficios son mayores respecto a realizar la operación manualmente.

tocante a la *Administración de la Cadena de Suministros* deberá tomar las consideraciones necesarias para adaptarla al nuevo escenario.

### 5.3. En el Producto.

El producto final no sufrirá ninguna modificación en sus características físicas – químicas o funcionales, sino solamente en la calidad percibida que del mismo tenga el cliente, como ya se mencionó en los puntos 2.1, 4 y 5.1.

### 5.4. En el Proceso.

El **Proceso de Elaboración** del producto terminado **no sufrirá ningún cambio**, sino **sólo el del Empaque**, como se detalla en el punto 4. Este cambio, además de permitir la implementación del empaque propuesto, traerá como consecuencia un **mejor aprovechamiento de recursos económicos, humanos y de espacio**, al eliminar la suboperación de entarimado y el área física que ésta consume.

## 6. Influencia de la tecnología en el aspecto estructural. Flexibilidad versus Grado de Automatización. Cambios requeridos [14] [15].

El proceso de empaque actual se muestra en el diagrama a bloques de la *Figura 15*. En éste se aprecian tres bloques básicamente. En el primer bloque se realiza la operación de empacar los paquetes en la caja correspondiente y etiquetar éstas. En el segundo bloque esta caja se cierra y se alinea en su carril correspondiente de acuerdo al tipo de producto. En el tercer bloque se toman estas cajas para formar una tarima. Por lo que el aspecto estructural actual del proceso de empaque, es de tipo línea, ya que:

- Es secuencial, es decir, el flujo de paquetes tiene un sentido unidireccional para formar una tarima.
- Es repetitivo, ya que independientemente del tipo de producto, el proceso de empaque es el mismo.
- Tiene una alta sincronización, ya que es necesario que los entarimadores trabajen a un ritmo en sincronía con los empacadores de cajas y el etiquetador.
- Presenta un estado estable, es decir en determinado momento después del inicio de turno, la línea de empaque retoma su ritmo constante de trabajo.

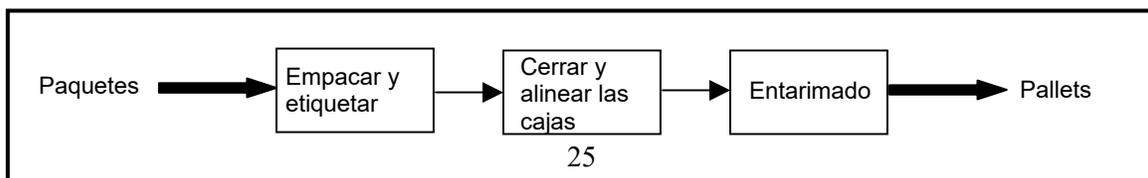


Figura 15. Proceso de empaque actual.

En la *Figura 16* se muestra un diagrama a bloques del proceso de empaque propuesto, es decir ya con la introducción de la tecnología. En el primer bloque se realiza la descarga del carrito convencional (actual) al carrito propuesto (formación del pallet plástico). En el segundo se introduce la información del pallet plástico y se monta en la línea. En el tercero se fleja el pallet. En el cuarto se realiza el termo empaque del pallet y en el quinto se pesa y etiqueta. La introducción de la nueva tecnología en el proceso de empaque influirá en el aspecto estructural desde un aspecto de eficientización del proceso de empaque, es decir, se modificarán el número de estaciones así como las tareas a realizar en cada de éstas, pero el aspecto estructural seguirá siendo de tipo línea por las siguientes razones:

- El proceso de empaque sigue siendo secuencial.
- Es repetitivo ya que todas las estaciones realizan siempre la misma operación.
- Conserva el nivel de alta sincronización entre las estaciones.
- Tiene un estado estable de ritmo de empaque.

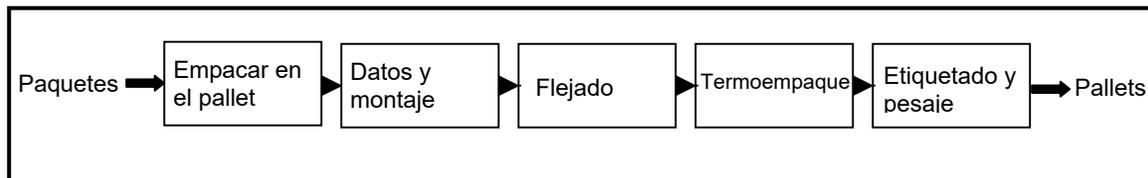


Figura 16. Proceso de empaque propuesto.

Por lo anterior concluimos que la introducción de la tecnología no afecta el aspecto estructural actual del proceso de empaque, el cual es de tipo línea. Además, como se detalla en el punto 9.2 existiría un incremento en la productividad, así como una variabilidad más baja en el ya mencionado proceso.

## 7. Indicadores para la evaluación del impacto de la tecnología [4].

Los indicadores que se están tomando en cuenta para la evaluación del impacto de la implementación de la tecnología son:

- *Tiempo de empaque de bobinas por minuto.*

Cuando nos referimos a este indicador quiere decir que estamos censando el tiempo que tarda una bobina en ser colocada del carro antiguo, a la tarima plástica colocada en el carrito propuesto por un operario.

- *Número de reclamaciones de los clientes por producto dañado mensualmente.*

Este indicador nos permite conocer que cantidad de contenedores llegan dañados con el cliente, y nos permite identificar si es provechoso el cambio a la utilización del nuevo sistema de empaque.

- *Costo de insumos utilizados por tonelada de producto empacado.*

Permite evaluar la rentabilidad de la línea de empaque nueva, ya que podemos verificar en cuanto tiempo se recupera la inversión realizada para el proyecto.

- *Tiempo de empaque desde la llegada del producto hasta la salida del pallet.*

Este indicador permite evaluar la eficiencia del sistema y el potencial que puede llegar a tener la línea de empaque ante variaciones de producción en el embobinado de los paquetes.

- *Tipo de identificación de producto.*

Permite evaluar que tan eficiente es la manera de identificar los pallets en comparación con el sistema actual. Además es posible saber cuántos pallets se van sin etiqueta hacia el cliente.

- *Manejo de material.*

Nos permite evaluar en que áreas se está teniendo contacto humano con los paquetes, entre menos contacto se tenga, menor riesgo de daño se puede llegar a presentar en los paquetes.

- *Numero de operarios por turno.*

La cantidad de personal requerido para el empacado y el entarimado, representa un indicador para saber el nivel de automatización que tengo en la línea de empaque.

- *Cantidad de pasos involucrados en el proceso de empaque.*

Nos indica las disminuciones de riesgo de falla que se puedan presentar en la línea de empaque de los paquetes y la mejora en la productividad del proceso de empacado.

## **8.- Esquematización del Aspecto Procedural del Proceso de Empaque en su Situación Actual en comparación con la Situación Propuesta [5] [7] [13].**

Para ilustrar la situación operacional ya descrita de la Operación de Empaque Actual, así como de la Propuesta, se incluyen en el *Anexo 2* y el *Anexo 3* los Modelos IDEF0 *AS IS* y *TO BE* respectivamente.

## **9. Evaluación de la Tecnología Propuesta.**

## 9.1 En términos de Productividad [2].

Dado que la orientación del Proceso de Manufactura en AKRA es de tipo Make to Order (MTO – Referencia al punto 3.3), consideramos que es necesario evaluar en términos de productividad el impacto de la tecnología propuesta bajo algunos de los rubros que se consideran más relevantes bajo esta orientación, como lo son: **costo de materiales de empaque, tasa de servicio o velocidad de procesamiento y espacio físico utilizado.**

Los indicadores para la evaluación del impacto en dichos rubros son los que se muestran en la *Tabla 1*. Es importante mencionar que los valores de los indicadores concernientes a la situación actual están basados en los datos reales de operación, sin embargo, los que se refieren a la situación propuesta, están calculados con base en la simulación que se detalla en el punto **9.2**.

La referencia del **costo actual**, a petición expresa de la compañía, no podemos plasmarla en este reporte. Asimismo, los costos por servicios en los que actualmente se incurre, no son tomados en cuenta para la evaluación, debido a que se infiere que éstos no serán afectados por la propuesta tecnológica.

<b>OPERACIÓN DE EMPAQUE</b>		
<b>Rubro</b>	<b>Escenario Actual</b>	<b>Escenario propuesto</b>
<b>Ahorro en Costo de Material de Empaque</b>	0	\$461. <sup>37</sup> pesos por tonelada de producto terminado
<b>Tasa de Servicio (paquetes / min) cada operario</b>	4 (promedio)	8 (promedio)
<b>Ahorro en Espacio</b>	0	≈1,965 m <sup>2</sup>

*Tabla 1.- Mejoras en los Indicadores de Productividad con la Propuesta Tecnológica*

**9.2. Caracterización de la tecnología de acuerdo a sus parámetros principales (plataforma tecnológica, nivel de integración, apertura, nivel de inversión, capacidades, etc.).**

Para llevar a cabo una evaluación paramétrica de la tecnología propuesta es necesario definir los rubros en los que se va a evaluar, éstos son:

- Tipo de plataforma tecnológica.
- Nivel de integración.
- Capacidad de expansión.
- Capacidad de manejo de pallets.
- Capacidad de manejo de la información.
- Bobinas que pueden ser empacadas por minuto.
- Tipo y periodo de mantenimiento.
- Operarios utilizados.
- Estudio de ingeniería económica.

*Tipo de plataforma tecnológica.* La plataforma tecnológica que se utiliza se divide dependiendo el tipo de máquina por lo que para cada una se define:

- Carro propuesto para empaque. Su plataforma tecnológica fue propuesta por el Dr. Arturo Molina, y se basa en un carro que contiene la base del pallet de plástico y un elevador neumático, como se explicó a detalle en el punto 4 de este reporte.
- Elevador de cuchillas y captura de la información. La tecnología del elevador se basa en un levantador hidráulico con control eléctrico a través de un PLC (Programmable Logic Controller por sus siglas en inglés). El controlador a utilizar será el de la máquina flejadora ya que como se mencionó en el punto 4 éste tiene entradas y salidas disponibles. La captura de la información se realiza en un ambiente Windows® con una pantalla donde se capturan los datos para cada pallet, los cuales fueron definidos en el aspecto transformacional de la tecnología propuesta.
- Flejadora y Etiquetadora / pesadora. La plataforma tecnológica para estas máquinas es del proveedor italiano Salmoiraghi. La flejadora cuenta con un PLC Allen Bradley y la Etiquetadora / pesadora cuenta con una computadora y una tarjeta de adquisición de datos para el control de ésta.
- Termo empacadora. Su tecnología es la del proveedor americano Möllers y cuenta con un PLC Allen Bradley para el control de la secuencia.

*Nivel de integración.* El nivel de integración es alto porque, como se mencionó anteriormente, existe un enlace directo entre cada uno de los componentes de la tecnología propuesta, y así de esta manera, cumplir con el objetivo del proyecto.

*Capacidad de expansión.* La tecnología propuesta no está siendo utilizada al 100%, como se demostrará en la simulación del punto 9.2.1.2, por lo que es posible que la cantidad de paquetes a empacar crezca sin necesidad de agregar máquinas. Pero si en un determinado momento se llegará a rebasar la capacidad de la línea propuesta, será necesario implantar una línea paralela a la primera. Entonces la capacidad de expansión se puede clasificar como aceptable porque no es necesario detener la línea de empaque para aumentar la capacidad de ésta.

*Capacidad de manejo de pallets.* La levantadora con cuchillas, la flejadora, la termo empacadora y la Etiquetadora / pesadora tienen una capacidad de manejar un pallet a la vez.

*Capacidad de manejo de la información.* La tecnología propuesta tiene la capacidad de informar:

- Pallets empacados por hora, o en el día.
- Kilos empacados por tipo de producto o por máquina.

Además tiene la capacidad de manejar la información correspondiente a cada etiqueta del pallet, como lo es, tipo de producto, máquina de la que proviene, peso bruto y neto.

*Bobinas que pueden ser empacadas por minuto.* La cantidad de bobinas empacadas por minuto es mayor que la del proceso sin tecnología, ya que el primero utiliza tres operarios en empaque y el segundo sólo dos, por lo que si se utilizarán los tres en la nueva tecnología se podrían empacar más bobinas por minuto, como se ilustrará en la simulación del punto 9.2.1.2.

*Tipo y periodo de mantenimiento.* Los periodos de mantenimiento<sup>4</sup> preventivo para la flejadora, termo empacadora y la Etiquetadora / pesadora son de cada 4 semanas, y básicamente consiste en limpieza, engrasado, revisar filtros de aire y niveles de aceite en los motoreductores. Por lo que el tipo de mantenimiento es sencillo y barato, lo cual influirá en el análisis de ingeniería económica que se presenta más adelante.

---

<sup>4</sup> Fuente Superintendencia de Mantenimiento de AKRA Fibras Químicas Planta 2.

*Operarios utilizados.* La tecnología utiliza 3 operarios menos, según se demostrará en la simulación del punto 9.2.1.2.

En la *Tabla 2* se muestra un análisis de ingeniería económica [18] con los flujos de efectivos para el proyecto, con los siguientes datos y suposiciones<sup>5</sup>:

- Duración del proyecto 3 años.
- Tasa de Retorno Mínima Atractiva (TREMA) de 15%.
- Sólo se considera como ingreso el ahorro por la inclusión del empaque plástico ya que la empresa no desea que se incluya el ahorro que se tiene por los operarios que ya no se utilizarán.
- El ahorro por tonelada, debido a la inclusión del empaque plástico es 461.37 pesos.
- La producción mensual empacada de poliéster de primera calidad es de 1722 toneladas.
- El análisis se realiza para pesos mexicanos constantes, es decir no se incluye el efecto inflacionario en las cifras.
- La tasa de depreciación es a 10 años en forma lineal, es decir 10% anual.
- El valor residual al final de los 10 años es cero (peor de los casos).
- La tasa de impuestos es de 35%.
- Los gastos anuales por mantenimiento al equipo nuevo son de 240000, con una tasa de incremento anual del 8%.
- La duración para la implementación del proyecto es de 1 año.

---

<sup>5</sup> Fuente AKRA Fibras Químicas

Descripción \ Año	0	1	2	3
<b>Ingresos</b>				
Ahorro por empaçar en tarima plástica = Toneladas al año * Ahorro por tonelada			9,533,750	9,533,750
<b>Costos</b>				
Mantenimiento adicional g=8%			-240,000	-259,200
Depreciación		-375,000	-375,000	-375,000
<b>Ganancia Gravable</b>		-375,000	8,918,750	8,899,550
ISR 35%		131,250	-3,121,562	-3,114,842
<b>Ganancia Neta</b>		<b>-243,750</b>	<b>5,797,187</b>	<b>5,784,707</b>
<b>Estado de flujo de efectivo</b>				
Ganancia neta		-243,750	5,797,187	5,784,707
Depreciación		375,000	375,000	375,000
Inversión				
6 carritos empacadores	-150,000			
1 levantadora con rodillos automática y accesorios (sensores, botoneras, etc.)	-400,000			
1 Flejadora automática	-1,000,000			
1 Termoempacadora automática	-2,000,000			
1 Etiquetadora automática	-200,000			
<b>Flujo de efectivo neto después de impuestos</b>	<b>-3,750,000</b>	<b>131,250</b>	<b>6,172,187</b>	<b>6,159,707</b>
<b>VPN</b>		<b>\$5,081,298</b>		
<b>VAE</b>		<b>\$794,097</b>		

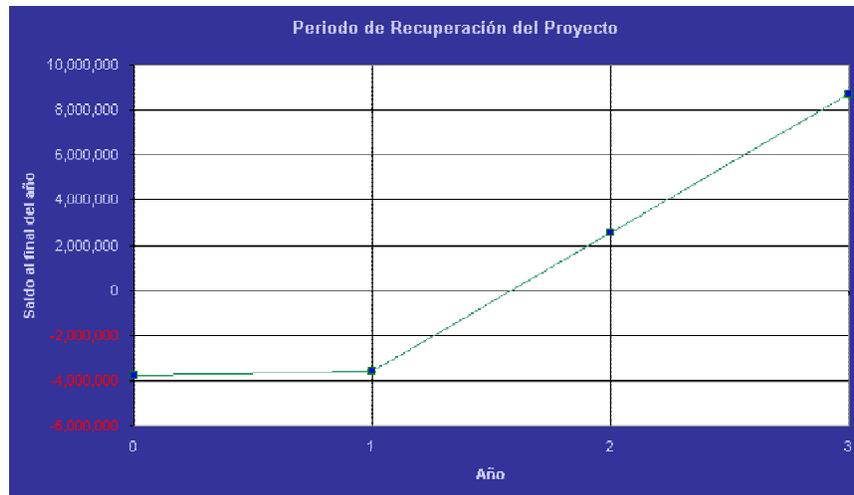
Tabla 2.- Flujos de efectivo para el proyecto (Modelo Propuesto)

Los cálculos de la tasa de rendimiento interna, dan como resultado para el proyecto que:

<b>TIR = 64.3964%</b>
-----------------------

Así, debido que la TIR es mayor que la TREMA establecida por la empresa, el proyecto debe ser ACEPTADO.

En la *Figura 17* se muestra la gráfica que muestra el saldo del proyecto a través de los años. En esta figura se aprecia como la inversión se recupera en un periodo de 2 años, es decir en el primer año productivo de la implantación de la tecnología.



*Figura 17. Período de recuperación del proyecto.*

**9.2.1. Simulación en ARENA® para efectuar un Análisis Comparativo de la Situación actual contra el Proceso con la Implementación Propuesta de Tecnología [6] [10] [11] [12] [16].**

**9.2.1.1. Modelo actual AKRA Fibras Químicas Planta 1.**

*Datos de entrada al modelo [4].*

En la *Tabla 3* se muestra la relación entre las estaciones del sistema y los tiempos de procesamiento obtenidos del estudio de ingeniería industrial.

Estación	Tiempo de procesamiento (minutos)
Empaque de 48 paquetes por 3 operarios	3.77
Traslado y cerrado de 48 paquetes en cajas	3
Entarimar y emplear 48 paquetes en cajas	3

*Tabla 3. Datos de entrada para el modelo actual.*

Se asumió una distribución normal de los tiempos de procesamiento con una desviación estándar del 10% del tiempo de procesamiento. En la *Figura 18* se muestra el sistema actual de empaque de AKRA Fibras Químicas simulado en ARENA®.

Actualmente se empacan 1722 toneladas de poliéster de primera calidad por mes. Es decir:

$$\left(1722000 \left[ \frac{\text{kilos}}{\text{mes}} \right] \right) \cdot \left( \frac{1}{6} \left[ \frac{\text{paquetes}}{\text{kilos}} \right] \right) \cdot \left( \frac{1}{30} \left[ \frac{\text{mes}}{\text{días}} \right] \right) \cdot \left( \frac{1}{24} \left[ \frac{\text{días}}{\text{horas}} \right] \right) \cdot \left( \frac{1}{60} \left[ \frac{\text{horas}}{\text{minutos}} \right] \right) = 6.6435 \left[ \frac{\text{paquetes}}{\text{minuto}} \right]$$

$$t = \frac{48 \left[ \text{paquetes} \right]}{6.6435 \left[ \frac{\text{paquetes}}{\text{minuto}} \right]} \Rightarrow \therefore t = 7.2251 \text{ minutos}$$

**Por lo tanto llegan 48 paquetes cada 7.2251 minutos.**

Este dato se utilizará en la simulación para simular la llegada de los paquetes al sistema de empaçado.

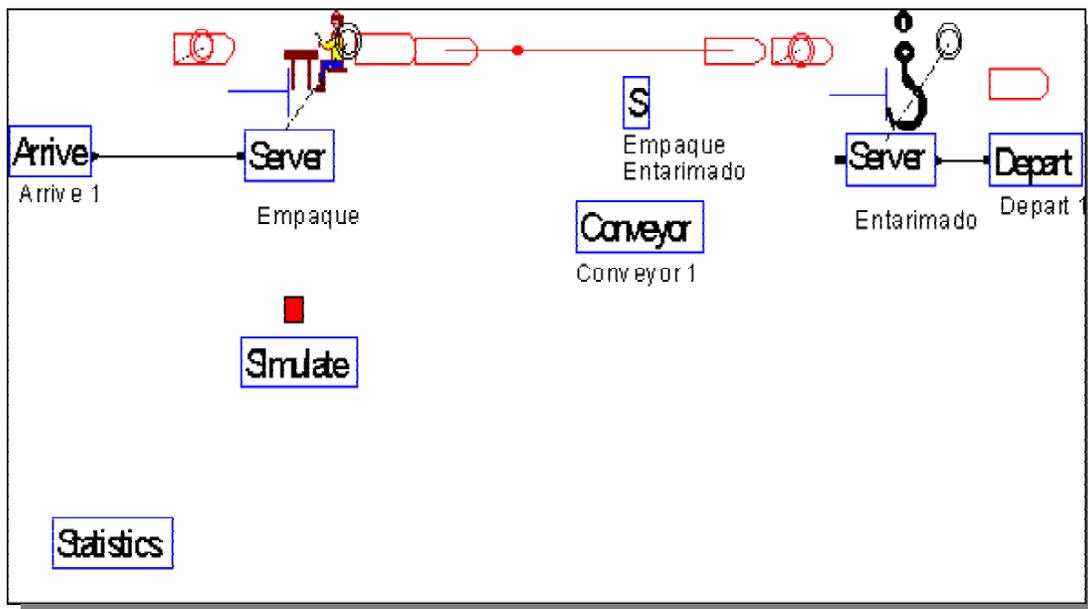


Figura 18. Modelo actual Operación de Empaque en Fibras Químicas, en el software ARENA®.

#### 9.2.1.1.1 Resultados obtenidos de la simulación.

La corrida de la simulación fue la siguiente:

1. Se ejecutó un periodo de calentamiento del sistema de 10,080 minutos (equivalente a una semana).

2. Se ejecutaron 10 réplicas del sistema de 10,080 minutos cada una, para de esta manera tener una mejor muestra del comportamiento de éste.

Enseguida se muestran los resultados para la Réplica 9 y la Réplica 10.

***Beginning replication 9 of 10***

***Summary for Réplication 9 of 10***

Project: Modelo Actual AKRA      Run execution date : 4/21/2002

Analyst: Equipo 2 ASM              Model revision date: 14/ 4/2002

Réplication ended at time : 100800.0

Statistics were cleared at time: 90720.0

Statistics accumulated for time: 10080.0

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
# Conveying on Conveyor	.41518	(Corr)	.00000	1.0000	.00000
Entarimado_R Busy	.41446	.00269	.00000	1.0000	.00000
Empaque_R Busy	.52061	.00262	.00000	1.0000	1.0000

***Beginning replication 10 of 10***

**Summary for Replication 10 of 10**

Project: Modelo Actual AKRA      Run execution date : 4/21/2002  
 Analyst: Equipo 2 ASM              Model revision date: 14/ 4/2002

Replication ended at time : 110880.0  
 Statistics were cleared at time: 100800.0  
 Statistics accumulated for time: 10080.0

**DISCRETE-CHANGE VARIABLES**

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
# Conveying on Conveyor	<b>.41518</b>	(Corr)	.00000	1.0000	.00000
Entarimado_R Busy	<b>.41603</b>	.00247	.00000	1.0000	.00000
Empaque_R Busy	<b>.52200</b>	.00274	.00000	1.0000	1.0000

Simulation run time: 0.83 minutes.  
 Simulation run complete.

Como se puede apreciar, la utilización del entarimado para las dos réplicas es del 41.524% y la del empaque 52.1305% (ambas cifras en promedio), lo que nos indica que el entarimado está siendo subutilizado y el empaque tiene un uso aceptable, como lo comentó el Ing. Salvador Chaib de Fibras Químicas. Este promedio de utilización de empaque debe ser conservado para el sistema que se proponga.

Debido a que se simuló que un lote es de 48 paquetes, entonces los datos referentes al conveyor nos dicen que en promedio se encuentran siempre en éste 19.93 paquetes, es decir casi dos cajas, con lo cual concluimos que el conveyor está subutilizado.

En resumen, de la simulación del sistema actual de AKRA Fibras Químicas, concluimos:

- El entarimado de cajas está siendo subutilizado, su utilización es en promedio del 41.524%.
- El conveyor tiene en promedio 19.93 paquetes en él (cuando el sistema se encuentra estable).
- El empaque de los 48 paquetes es el *cuello de botella* del sistema su utilización es el 52.1305%, cuando llegan a la estación 48 paquetes cada 7.2251 minutos.

**9.2.1.2 Modelo propuesto AKRA Fibras Químicas Planta 1.**

***Datos de entrada al modelo [4].***

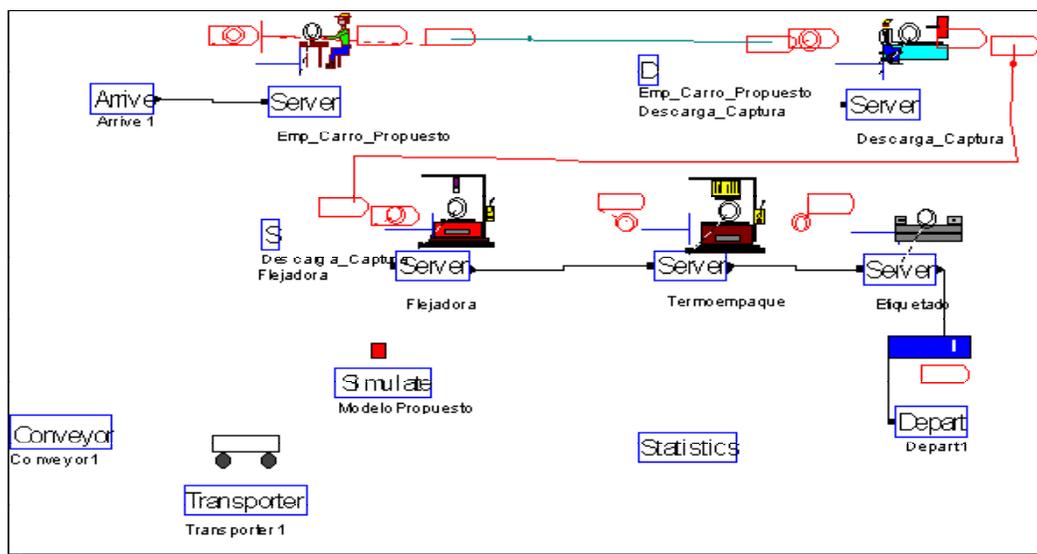
En la *Tabla 4* se muestra la relación entre las estaciones del sistema y los tiempos de procesamiento obtenidos del estudio de ingeniería industrial.

Estación	Tiempo de procesamiento (minutos)
Empaque de 48 paquetes en el carro propuesto por <b>2 operarios</b>	3
Traslado del carro al área de descarga	0.55
Descargar el carro y capturar la información del pallet.	1
Movimiento del pallet hacia la flejadora	1
Flejar el pallet	1
Traslado hacia la termoempacadora y poner el termoempaqué al pallet	2.5
Traslado hacia etiquetado y etiquetar el pallet	0.65

*Tabla 4. Datos de entrada para el modelo propuesto.*

Se asumió una distribución normal de los tiempos de procesamiento con una desviación estándar del 10% del tiempo de procesamiento. En la *Figura 19* se muestra el sistema propuesto de AKRA Fibras Químicas simulado en ARENA.

Se simuló que llegan al sistema 48 paquetes cada 7.2251 minutos, como se calculó para el sistema actual con los datos proporcionados por el ingeniero de producción.



*Figura 19. Modelo propuesto para la Operación de Empaque en Fibras Químicas, en el software ARENA®.*

#### 9.2.1.2.1 Resultados obtenidos de la simulación.

La corrida de la simulación fue la siguiente:

1. Se ejecutó un periodo de calentamiento del sistema de 10080 minutos (una semana).
2. Se ejecutaron 10 réplicas del sistema de 10080 minutos cada una, para de esta manera tener una mejor muestra del comportamiento de éste.

Enseguida se muestran los resultados para la Réplica 9 y la Réplica 10.

***Beginning replication 9 of 10***

***Summary for Replication 9 of 10***

Project: Modelo Propuesto AKRA      Run execution date : 4/21/2002  
 Analyst: Equipo 2 ASM                Model revision date: 14/ 4/2002  
 Replication ended at time        : 100800.0  
 Statistics were cleared at time: 90720.0  
 Statistics accumulated for time: 10080.0

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
<b>Flejadora_R Busy</b>	<b>.13859</b>	9.9365E-04	.00000	1.0000	.00000
<b>Transporter 1 Busy</b>	<b>.18051</b>	(Corr)	.00000	1.0000	.00000
<b># Conveying on Conveyo</b>	<b>.13839</b>	(Corr)	.00000	1.0000	.00000
<b>Emp_Carro_Propuesto_R</b>	<b>.41418</b>	.00262	.00000	1.0000	1.0000
<b>Descarga_Captura_R Bus</b>	<b>.13841</b>	(Corr)	.00000	1.0000	.00000
<b>Etiquetado_R Busy</b>	<b>.05530</b>	(Corr)	.00000	1.0000	1.0000
<b>Termoempaque_R Busy</b>	<b>.34694</b>	(Corr)	.00000	1.0000	.00000

***Beginning replication 10 of 10***

**Summary for Replication 10 of 10**

Project: Modelo Propuesto AKRA      Run execution date : 4/21/2002  
 Analyst: Equipo 2 ASM                Model revision date: 14/ 4/2002  
 Replication ended at time      : 110880.0  
 Statistics were cleared at time: 100800.0  
 Statistics accumulated for time: 10080.0

## DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
<b>Flejadora_R Busy</b>	<b>.13869</b>	(Corr)	.00000	1.0000	.00000
<b>Transporter 1 Busy</b>	<b>.18059</b>	(Corr)	.00000	1.0000	1.0000
<b># Conveying on Conveyo</b>	<b>.13839</b>	(Corr)	.00000	1.0000	.00000
<b>Emp_Carro_Propuesto_R</b>	<b>.41475</b>	.00291	.00000	1.0000	.00000
<b>Descarga_Captura_R Bus</b>	<b>.13818</b>	9.4979E-04	.00000	1.0000	1.0000
<b>Etiquetado_R Busy</b>	<b>.05557</b>	(Corr)	.00000	1.0000	.00000
<b>Termoempaque_R Busy</b>	<b>.34749</b>	.00244	.00000	1.0000	.00000

*Simulation run time: 1.98 minutes.*

*Simulation run complete.*

Por lo que la utilización en promedio de las estaciones es la siguiente:

- Empacado en el carro propuesto, 41.4465%.
- Traslado a descarga, 18.055%.
- Descarga y captura de la información, 13.8295%.
- Flejadora, 13.864%.
- Traslado y termo empaque, 34.7215%.
- Etiquetado, 5.5435%

Debido a que se simuló que un lote es de 48 paquetes, entonces los datos del conveyor entre la descarga del pallet del carro propuesto y la flejadora muestran que en promedio se encuentran siempre en éste 6.64272 paquetes, con lo cual concluimos que el conveyor está subutilizado.

En resumen, para la simulación del sistema propuesto para AKRA Fibras Químicas, concluimos:

- La descarga, el conveyor, la flejadora, y la etiquetadora están siendo subutilizadas, lo cual nos da margen a un crecimiento futuro en caso necesario, sin tener que adquirir más equipo.
- La termo empacadora al igual que el empaque por los operarios, tienen una utilización cercana la 40% por lo que se considera que están trabajando a un ritmo aceptable por el proceso.
- El conveyor tiene en promedio 6.64272 paquetes en él.
- Se dejan de utilizar los recursos provenientes de:
  - 1 operario de empaque por turno.
  - 2 operarios de entarimado por turno.
- Se siguen utilizando los recursos de los operarios de montacargas para transportar las tarimas.

### **9.3. Evaluación de los principales proveedores de la tecnología propuesta.**

#### **9.3.1. Flejadora, Termo empacadora y Etiquetadora / Pesadora.**

Como se mencionó anteriormente el proveedor de estos tres equipos fue seleccionado por los resultados obtenidos en Planta 2 de AKRA Fibras Químicas, ya que el personal de mantenimiento y producción ya cuenta con los manuales de operación además de tener los conocimientos de la operación de éstas.

*Salmoiraghi* es un grupo de ingeniería y manufactura especializados en sistemas de manejo automatizado de sectores industriales. Esta empresa es líder mundial en la automatización del embobinado de paquetes de hilo.

Se encuentra localizada en Italia, Calle Viale Stucchi 66/3 20052 MONZA (MI),

Tel. ++39 039 206961

Fax. ++39 039 2021524

Página web:

<http://www.salmoiraghi-spa-monza.com>

Cuenta además con un equipo de servicio en EUA, representado por TEXCON INC, el cual está localizado en Charlotte, en 1800 Camden Road, Suite 100, Charlotte, North Carolina 28203, U.S.A.

Tel: 001 704 342 4001

Fax: 001 704 342 4001

#### **9.3.2. Carro nuevo de transportación del pallet con tarima plástica.**

Para la adquisición de este producto se buscaron proveedores locales para obtener un mejor servicio y tiempo de respuesta, el seleccionado fue “**APF Products**” ya que proporcionó un precio razonable, así como un buen soporte técnico. Esta empresa mexicana está dedicada a cubrir las necesidades de elevación de materiales para la industria manufacturera en general.

Está ubicada en Ave. Fidel Velásquez No. 310-C Col. Morelos, Monterrey, N.L., México.

Página web:

www.apf.com.mx

Este proveedor se dedica a la venta de elevadores hidráulicos de diferentes tipos y aplicaciones, y será el encargado de desarrollar la ingeniería del diseño de carro nuevo en base a los requerimientos que se le están proponiendo para la transportación de paquetes y formación del pallet. El precio cotizado para este proyecto por la compra de 6 carritos es de \$150,000.00 M.N.

### **9.3.3. Rampa con cuchillas motorizadas para el levantamiento del pallet.**

**Tecnoplan** es una empresa enfocada a la fabricación de mesas y rampas hidráulicas, ésta ofrece el desarrollo de la tecnología requerida por el cliente, es decir es una empresa tipo engineering to order (ETO). Esta empresa fue seleccionada ya que tiene una vasta experiencia en este tipo de aplicaciones, y además ofrece un servicio técnico acorde a las necesidades requeridas.

La empresa se encuentra localizada en Minas Palacio #42, San Antonio Zomeyucán, C.P. 53750, Naucalpan Edo. de México. Tel. (55)5301-3363, fax (55)5301-2616.

El precio de la rampa con cuchillas motorizadas, sensores y botonera con botón pulsador de arranque y paro de emergencia es de 400,000 pesos.

## **10. Plan para la implementación de la tecnología [4].**

En la *Tabla 5* se muestra el resumen de actividades a realizar para la implementación del proyecto. En esta tabla se muestra la secuencia de actividades así como la relación entre ellas, es decir, aquellas que tiene el mismo color significa que serán realizadas al mismo tiempo.

Secuencia	Actividades a realizar	Duración (sem)
1	Requisición de Máquinas al Proveedor.	17
	Mover Línea Actual de Empaque (Empezar 6 semanas antes de la llegada de las máquinas).	2
	Realizar la Obra Civil para la nueva línea (Empezar 6 semanas antes de la llegada de las máquinas).	3
2	Instalación Mecánica de toda la línea.	9
	Requisición y Llegada de Primer Remesa de Materia Prima.	5
3	Instalación Eléctrica.	4
	Instructivos de Trabajo	1
	Instructivos y Planes de Mto.	1
4	Cargar los programas a los PLC's y Etapa de Pruebas de la Máquina.	3
	Capacitar a Operarios de Nueva Línea de Empaque.	3
5	Remover cortina de construcción.	0.5
6	Acomodo Temporal de las Estaciones de Llenado.	0.5
7	Arranque Parcial de la Nueva Línea.	1
	Remover Línea "Vieja" de Empaque.	1
8	Acomodo Final de las estaciones de llenado de los nuevos carritos con pallet plástico.	0.5
9	Arranque Final de la Línea de Empaque Automatizada	0

Tabla 5.- Plan de implementación del proyecto.

## 11. Conclusiones.

En este trabajo se ha propuesto una solución de automatización para eliminar el empaque actual de cartón y sustituirlo por el pallet plástico flejado con bolsa de polietileno. Además :

- Se proponen los cambios que deben realizarse en el aspecto estructural, transformacional y procedural en el sistema actual.

- Se realiza una evaluación de la tecnología y del sistema propuestos, en los que se confirma la aceptación de la solución automática.
- La simulación en ARENA® permite conocer las utilidades de las estaciones del sistema actual y poder realizar una comparación con el sistema propuesto. De ésta se encontró que: el tiempo de procesamiento para 48 paquetes son muy similares, pero la utilización de los operarios baja, así como la reducción de un operario por turno en el área de empaque y de dos por turno en entarimado.
- Se reducen las manipulaciones del producto en el área de empaque, es decir, se elimina el paso de embolsado.
- El carro propuesto permite un confort ergonómico al operario ya que éste empacará a un nivel admisible los paquetes.
- La utilización de las máquinas del sistema propuesto permite que la producción de paquetes aumente sin necesidad de modificar la capacidad de trabajo de éstas. Es decir, el sistema está sobrado por si la empresa decide crecer su capacidad productiva.
- El ahorro en costos hace que la inversión en el proyecto de automatización se recupere en dos años (aún cuando se asume el peor caso cuando la empresa no tiene ahorro en el primer año), utilizando una TREMA de 15% tal como lo establece la empresa.

## 12. Referencias.

- [ 1 ] April J., Glover F., Kelly J., Laguna M., *Simulation/optimization using "real-world" applications*, Simulation Conference, 2001. Proceedings of the Winter.

**Base de datos de la biblioteca digital: IEEE Xplore**

- [ 2 ] Askin R.G., Standridge C. R., *Modeling and Analysis of Manufacturing Systems*. Editorial John Wiley & Sons, 1993.

- [ 3 ] Bodner, D.A., Dilley-Schneider, S., Narayanan, S., Sreekanth, U., Govindaraj, T., McGinnis, L.F., Mitchell, C.M., *Object-Oriented Modeling and Simulation of Automated Control in Manufacturing*, Center for human-Machine Systems Research and the Material Handling Research Center, Georgia Institute of Technology, International Conference on Robotics and Automation, 1993.

**Base de datos de la biblioteca digital: IEEE Xplore**

- [ 4 ] Chaib, S., *Entrevistas varias*, realizadas de Febrero a Mayo de 2002.

- [ 5 ] Cullinane, T.P., Chinnaiah, P.S.S., Wongvasu, N., Kamarthi, S.V., *A generic IDEF0 model of a production system for mass customization*, Portland International Conference on Management and Technology , 1997.

**Base de datos de la biblioteca digital: IEEE Xplore**

- [ 6 ] De Souza R., Huynh R., Chandrashekar M., Thevenard D., *A comparison of modeling paradigms for manufacturing line*, IEEE International Conference on Man, and Cybernetics, 1996.

**Base de datos de la biblioteca digital: IEEE Xplore**

- [ 7 ] Duraeva, O., Dmitrieva E., Tsapko G., *Activity Analysis of Trade Firm by IDEF0-Methodology*. Publicado en IEEE Information Systems and Technologies, KORUS 2001.

**Base de datos de la biblioteca digital: IEEE Xplore**

- [ 8 ] Gebraeel N. Z., Lawley M. A., *Deadlock Detection, prevention and Avoidance for Automated Tool Sharing Systems*, IEEE transactions on robotics and automation, 2001

**Base de datos de la biblioteca digital: IEEE Xplore**

- [ 9 ] González J. L., *Entrevistas varias*, realizadas de Febrero a Mayo de 2002.

- [ 10 ] Groover M. P., *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*, Upper Sadle River, NJ, Prentice Hall 2001.

- [ 11 ] Hopp W. J., Spearman M. L., *Factory Physics*, New York, NY, Mc Graw Hill 2001.

[ 12 ] Kelton, W. D., Sadowski R. P., Sadowski D. A. *Simulation with Arena*, Boston, Mass., McGraw-Hill, 1998.

[ 13 ] Lee J-S., Hsu P-L., *A PLC-Based design for the séquense controller in discrete event systems*, Proceedings of the 2000 IEEE.

**Base de datos de la biblioteca digital: IEEE Xplore**

[ 14 ] Molina A., Flores M., Caballero D., *Investigación de los Indicadores de Productividad y Mejores Prácticas de la Industria Manufacturera Regiomontana a través de un estudio de Benchmarking*. Publicado en International Journal of Mechanical Production Systems Engineering, No. 2, May 1999.

[ 15 ] Molina A., *Apuntes y Material Didáctico de la Clase de Automatización de Sistemas de Manufactura*, ITESM Campus Monterrey, Enero – Mayo 2002.

[ 16 ] Sweets R.J., Drake G.R., *The ARENA product family: enterprise modeling solutions*, Proceedings of the 2001 winter simulation conference.

**Base de datos de la biblioteca digital: IEEE Xplore**

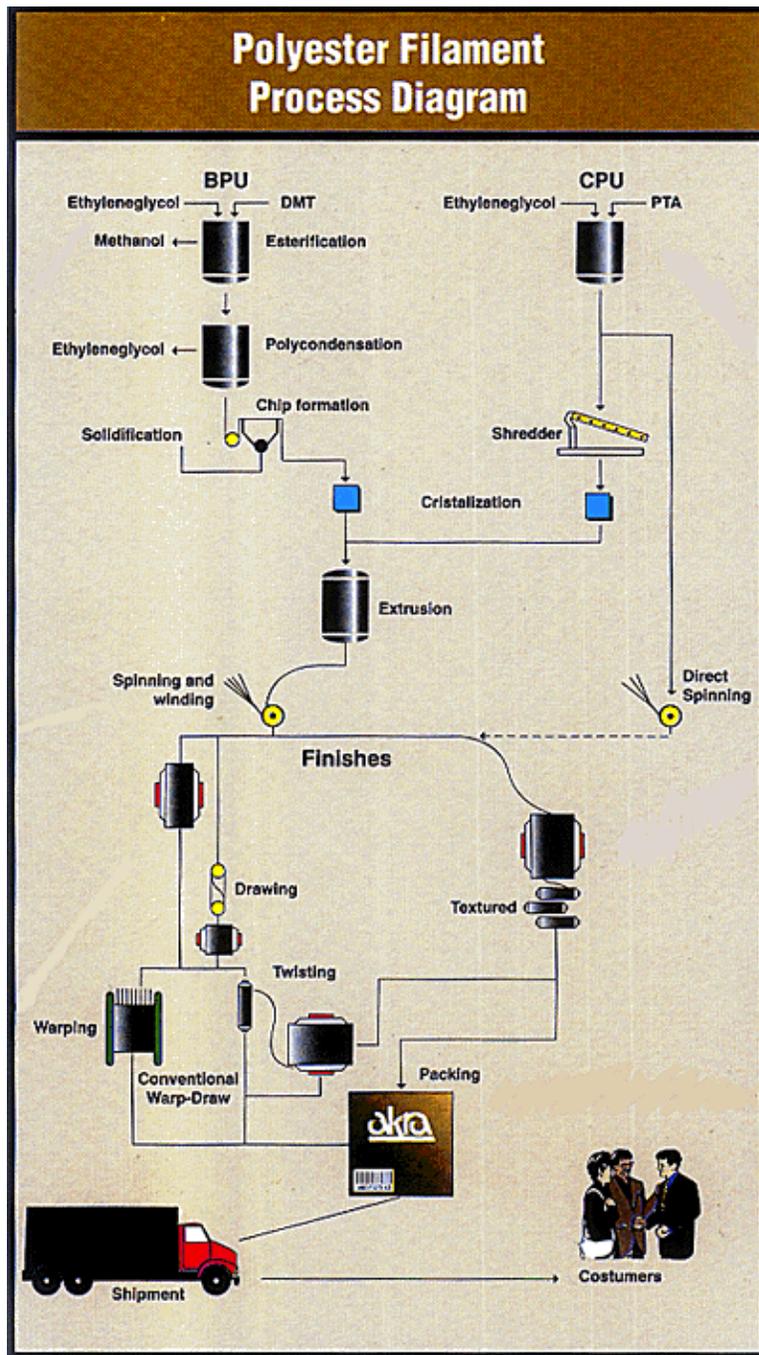
[ 17 ] Tseng M.M., Jianxin Jiao, Chuan-Jun Su, *A framework of virtual design for product customization*, Emerging Technologies and Factory Automation Proceedings, 1997.

**Base de datos de la biblioteca digital: IEEE Xplore**

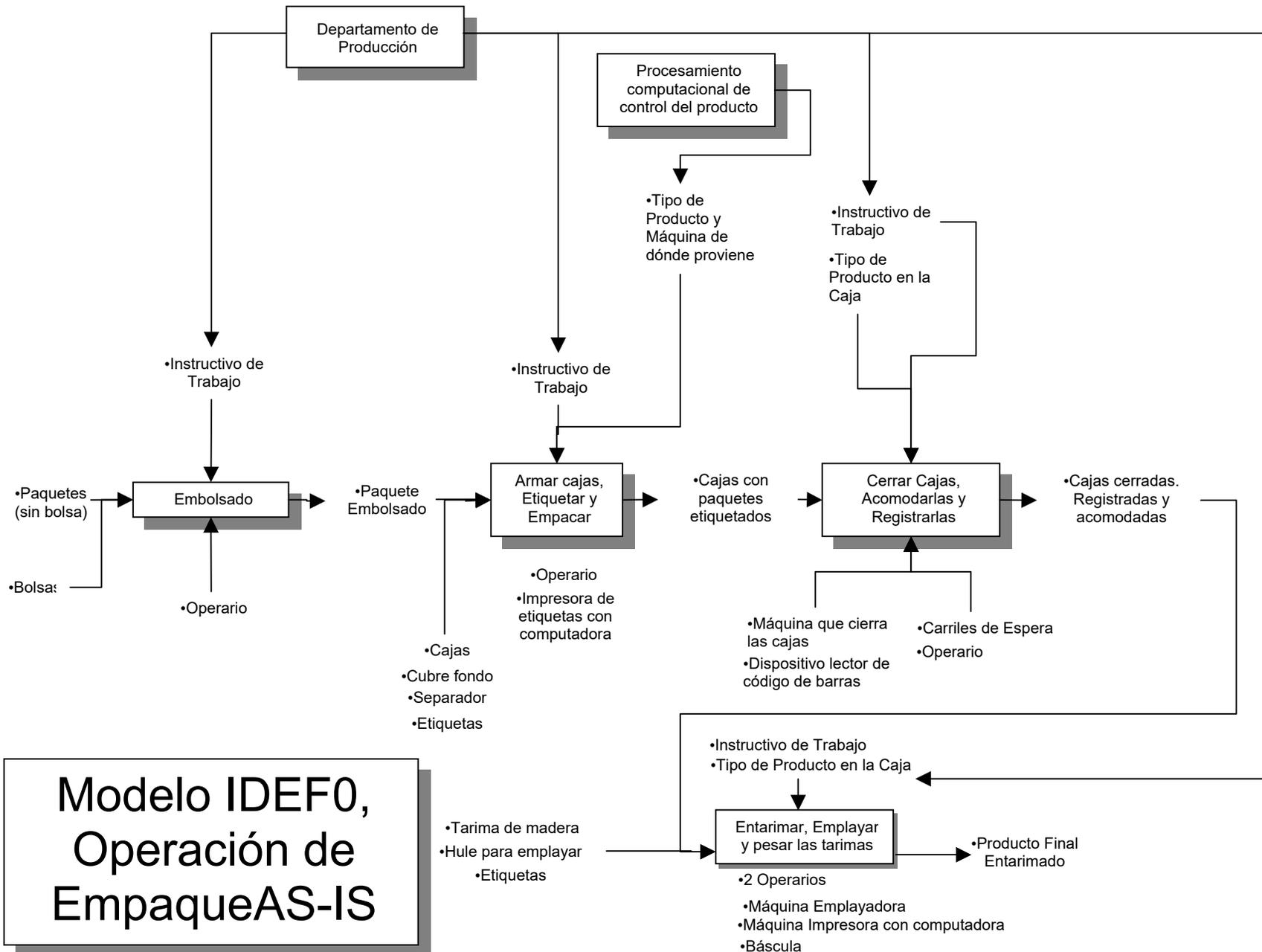
[ 18 ] Worstell J., Worstell J., Worstell J., *Identifying, justifying and prioritizing technical projects*, Volume 98, Issue 3, American Institute of Chemical Engineers, New York, March 2002.

**Base de datos de la biblioteca digital: Proquest**

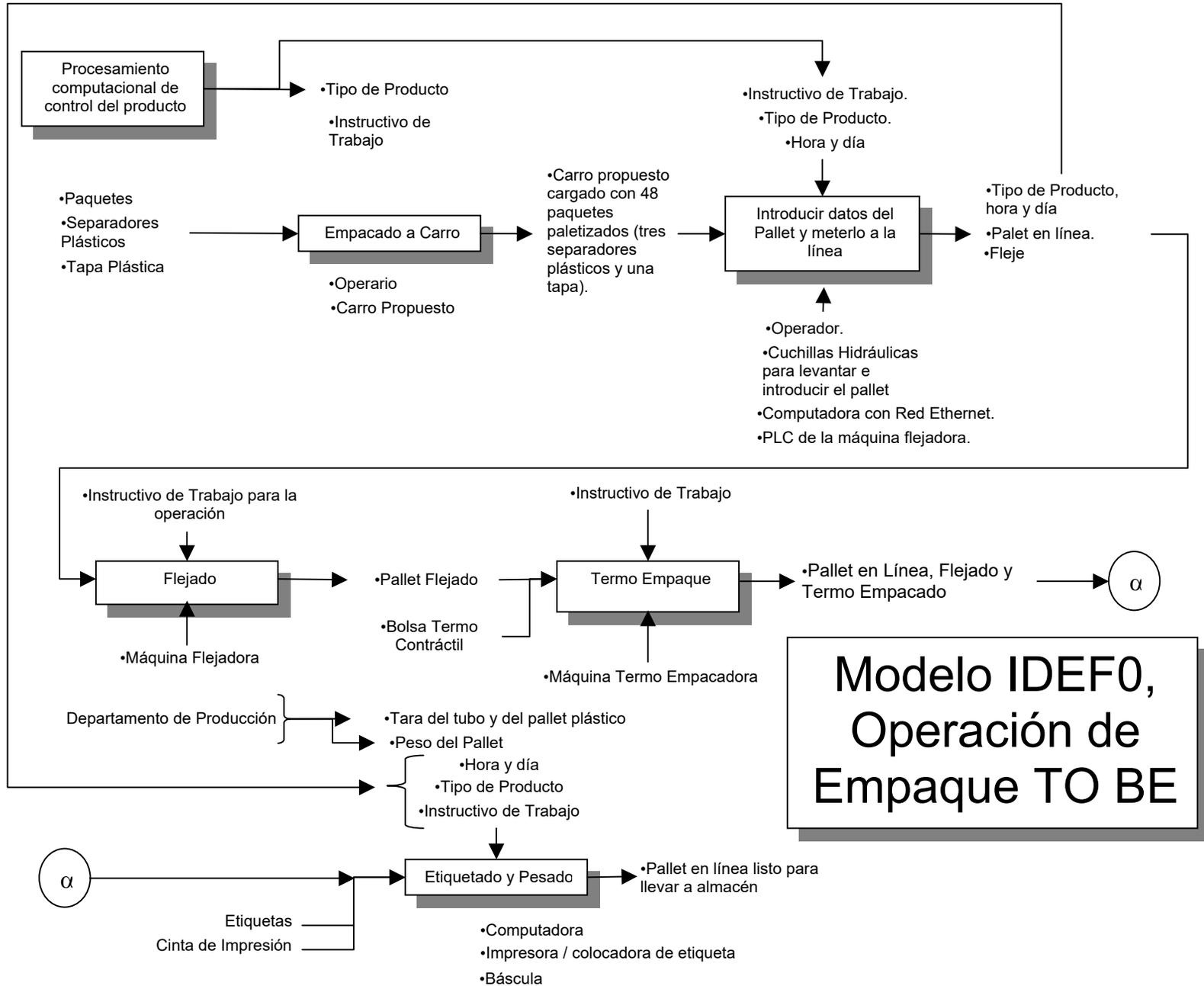
**ANEXO 1: Diagrama General de Proceso de Fabricación de la Fibra de Poliéster.**



## Anexo 2: Modelo IDEF0, AS IS



### Anexo 3: Modelo IDEF0, TO BE



**Datos del profesor:**

**Nombre:** Dr. Arturo Molina G.

**Nombre de la materia:** Automatización de Sistemas de

Manufactura **Calificación otorgada por el profesor:** 100/100

**Datos de los autores:****Autor 1.**

**Nombre:** Luis Enrique Gaxiola B.

**Autor 2.**

**Nombre:** Felipe de Jesús Hidalgo C.

**Autor 3.**

**Nombre:** Agustín Pando D.