

**UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS "CARLOS RAFAEL RODRÍGUEZ"**  
**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES**  
**INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO EN EL TALLER  
DE VENTANAS.  
EMPRESA MICALUM, CIENFUEGOS**

Tesis presentada en opción al Título  
de Ingeniero Industrial

Autor: NELSON M. MARTINEZ CANTILLO

Tutores:

Prof. Inst., MIGUEL SANTANA JUSTIZ, MSc.

Prof. Inst., REINIER BELLO SUÁREZ DEL VILLAR, MSc.

**Cienfuegos**

**2008**

# RESUMEN

El presente trabajo titulado “Propuesta para la mejora del proceso productivo del Taller de Ventanas en la Empresa de Tecnologías de Avanzada de la Construcción, MICALUM.” pretende proponer una mejora en el proceso de producción en dicha entidad.

Centrándose la misma en la aplicación de un procedimiento de mejora de proceso propuesto por los autores [Pons, R y Villa, E] en (Sierra, 2005-2006) con la elaboración de una nueva distribución en planta basado en la Teoría de Grafos que permita mejorar la capacidad productiva del proceso y la disminución del recorrido entre los puestos de trabajo. Se establecen los requerimientos de espacio para cada puesto de trabajo y un área de almacenamiento de productos terminados. Se calcula además el incremento en la capacidad sobre el “cuello de botella” y su repercusión económica.

# ÍNDICE

	Pág.
<b>RESUMEN</b>	<b>II</b>
<b>ÍNDICE</b>	<b>III</b>
<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>1. Consideraciones Teóricas.</b>	<b>4</b>
1.1. El Análisis Sistémico . . . . .	4
1.2. La Gestión por Procesos. Características generales. . . . .	7
1.3. La Gestión Total de la Calidad, el Control de Gestión, el Mejoramiento Continuo y la Gestión por Procesos. . . . .	8
1.4. El carácter sistémico de la Gestión por Procesos. . . . .	9
1.4.1. Componentes de la Gestión por procesos . . . . .	10
1.5. El proceso de Perfeccionamiento Empresarial . . . . .	13
1.5.1. Características más comunes detectadas dentro de los procesos de Perfec- cionamiento Empresarial . . . . .	14
1.6. Conclusiones parciales . . . . .	22
<b>2. Procedimiento para la gestión de procesos basados en el diseño espacial.</b>	<b>23</b>
2.1. Procedimiento de gestión por procesos . . . . .	23
2.1.1. Descripción del procedimiento para la Gestión por Procesos . . . . .	24
2.2. Plantear alternativas de Solución . . . . .	27
2.2.1. Distribución en planta . . . . .	28
2.2.2. La distribución en nueva planta frente a la reordenación de una existente. . .	30

2.3. Métodos para determinar la Distribución en planta . . . . .	35
2.3.1. Método S.L.P. ( <i>Systematic Layout Planning</i> ). . . . .	35
2.3.2. Modelos topologicos . . . . .	37
2.3.3. Requerimientos de Espacio . . . . .	41
2.4. Conclusiones parciales . . . . .	42
<b>3. Análisis del proceso de producción en el taller de ventanas. MICALUM</b>	<b>43</b>
3.1. Etapa I: Caracterización del proceso . . . . .	43
3.1.1. Caracterización General . . . . .	45
3.1.2. Descripción del Taller de ventanas . . . . .	47
3.2. Etapa II: Evaluación del proceso . . . . .	49
3.2.1. Análisis de la situación . . . . .	49
3.3. Análisis de la Solución . . . . .	54
3.3.1. Impacto de la nueva distribución . . . . .	57
3.4. Conclusiones parciales . . . . .	62
<b>Conclusiones</b>	<b>63</b>
<b>Recomendaciones</b>	<b>64</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	<b>65</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>67</b>
<b>Anexos</b>	<b>70</b>

# Introducción

En Cuba la mayor parte de las empresas tienen una estructura organizativa de tipo funcional; los diferentes recursos existentes se agrupan en funciones especializadas: comercial, producción y operación, administración, y técnica. Estas a su vez se subdividen en unidades diferenciadas operativa o geográficamente, manteniendo una estructura vertical dentro de cada función.

Esta visión de la empresa, hace que las diferentes unidades organizativas realicen sus tareas de manera ajustada son una percepción de la globalidad del proceso en que participan ni de las necesidades del cliente de éste. Esto significa que los procesos han de analizarse como en todo, no como la suma de sus partes, y partiendo de las necesidades del cliente. Cuando la empresa se organiza entorno a sus procesos de trabajo multidisciplinarios, formados por empleados responsables facultados (Empowerment) y se vuelve más ágil y flexible ante los cambios del entorno.

Generalmente un proceso comienza como respuesta a una necesidad de una persona o grupo de ellas, siendo al principio relativamente simple, eficiente y lo suelen llevar a cabo unos pocos individuos. Estas personas desempeñan varias funciones diferentes. En la medida en que se conocen mejor las necesidades del “cliente” y se domina más el trabajo se comienzan a realizar pequeñas modificaciones para mejorar el funcionamiento y desempeño del proceso. El entorno provoca también “ajustes” adicionales. Estas modificaciones, por lo general, introducen mayor complejidad e ineficiencia.

La economía cubana participa cada día más en el agresivo y cambiante Mercado Internacional. Muchas de sus empresas no están preparadas para enfrentar el empuje de las tres Ces de Hammer (Cliente, Competencia y Cambio). Por esto se hace necesario adaptar, rediseñar, desaprender, automatizar, pero más importante aún cambiar la mentalidad de los dirigentes y empresarios.

Los actuales criterios con que se ha organizado la producción en el taller de ventanas responden a

una visión empírica que ha ido acumulando nuevos recursos y funciones sin un orden científicamente argumentados.

### **Problema científico.**

No hay una argumentación científica en la distribución en planta del taller de ventanas que afecta el cumplimiento de los principios de la organización.

### **Objetivo General.**

Rediseñar la forma de organización de la producción del taller de ventana mediante una propuesta de mejora del proceso productivo el cual permitirá el aumento en la capacidad productividad.

### **Hipótesis.**

La aplicación de una nueva distribución espacial permitirá una mejora en el proceso productivo.

Las **variables de investigación** son:

**variable independiente** nuevo rediseño de la distribución espacial.

**variable dependiente** desempeño del proceso.

La variable dependiente se cuantifica a través de:

- capacidad de producción,

y se utiliza como criterio cualitativo, aspectos estipulados sobre seguridad e higiene.

### **Objetivos Específicos.**

- Argumentar Teóricamente las tendencias fundamentales en la gestión de la producción que se adecúen a las características del objeto de estudio.
- Identificar las áreas de mejora vinculadas a la distribución en planta.
- Efectuar el rediseño de la distribución espacial.
- Valorar el impacto de la mejora.

Para dar cumplimiento a los objetivos propuestos, se proponen una serie de **Tareas** de Investigación.

- Revisar críticamente la literatura sobre Gestión de Procesos, Reingeniería, distribución en planta y de los métodos utilizados con este fin.
- Describir la metodología de mejora de procesos más comúnmente aceptada en la literatura.
- Diagnosticar el proceso bajo estudio para detectar las principales causas que lo afectan.
- Representar el proceso “tal como es” (as-is), examinar críticamente e identificar las actividades y proponer un rediseño.
- Analizar el impacto de la mejora en el proceso a partir del cálculo de sus principales indicadores
- Comparar los resultados obtenidos.
- Preparación del informe del trabajo realizado.

La tesis queda estructurada en tres capítulos.

### **Capítulo 1: Consideraciones teóricas.**

En el capítulo se pretende abarcar desde un enfoque teórico, la evolución de los sistemas sociotécnicos y la necesidad actual de enfocar la organización hacia la gestión por procesos, finalizando con la caracterización de las actividades que tienen lugar en un proceso.

### **Capítulo 2: Diagnóstico de la situación actual.**

En este capítulo se analiza el procedimiento propuesto en la tesis (Sierra, 2005-2006), se realiza un estudio sobre la temática de distribución espacial y los métodos para su solución, así como, se propone la utilización de la Teoría de Grafos.

### **Capítulo 3: Aplicación de la propuesta de mejora y análisis de los resultados.**

Se aplica el procedimiento propuesto al proceso de producción de ventanas de aluminio. Primero se realiza el análisis del proceso para detectar fallos y sus causas; se propone una nueva distribución en planta. Se realiza una comparación entre los resultados obtenidos.

# Capítulo 1

## Consideraciones Teóricas.

En la actualidad las organizaciones, independientemente de su tamaño y del sector de actividad, han de hacer frente a mercados competitivos en los que han de conciliar la satisfacción de sus clientes con la eficiencia económica de sus actividades. Tradicionalmente, las organizaciones se han estructurado sobre la base de departamentos funcionales que dificultan la orientación hacia el cliente. La Gestión de Procesos percibe la organización como un sistema interrelacionado de procesos que contribuyen conjuntamente a incrementar la satisfacción del cliente. Supone una visión alternativa a la tradicional caracterizada por estructuras organizativas de corte jerárquico - funcional, que percibe desde mitad del *XIX*, y que en buena medida dificulta la orientación de las empresas hacia el cliente.

La gestión de procesos facilita en gran medida la identificación de los procesos que necesitan ser mejorados o rediseñados, establece prioridades y provee de un contexto para iniciar y mantener planes de mejora que permitan alcanzar objetivos establecidos.

### 1.1. El Análisis Sistémico

Toda investigación científica tiene una connotación filosófica y por tanto resulta meritorio hablar de la historicidad de la ciencia; sobre el origen del conocimiento que dio lugar a los conceptos y tendencias actuales de la administración.

En este epígrafe se tratará la teoría de sistemas, el enfoque sistémico aplicado a los sistemas socio-técnicos y sus principales elementos (Estructura, Jerarquía, Retroalimentación, Origen y Evolución).

Desde mediados del siglo *XX* se realizan intensos estudios relacionados con el enfoque sistémico y la teoría general de los sistemas, demostrando el importante papel que desempeñan en nuestros

días, tanto en la filosofía y en la ciencia como en la técnica y la actividad práctica.

El concepto de sistemas tiene larga historia. En la antigüedad Aristóteles formuló la tesis de que el todo es mayor que la suma de sus partes.

El marxismo formuló los fundamentos filosóficos y metodológicos del conocimiento científico de los sistemas integrales en desarrollo. En este sentido desempeñó un relevante papel el principio materialista dialéctico de la sistematicidad. A mediados del siglo XX este concepto adquirió gran importancia en el estudio de:

- Los sistemas de dirección complejos y jerárquicos.
- La cibernética y otras disciplinas científicas similares.

Esto permitió el desarrollo de los métodos sistémicos y reafirmó los principios del materialismo dialéctico frente al idealismo.

Los métodos del enfoque sistémico se emplean al investigar los objetos complejos en desarrollo, sistemas de muchos niveles, jerárquicos, auto-organizados; biológicos, psicológicos, sociales y en especial los sistemas creados artificialmente por y con la participación del hombre: Los sistemas técnicos, sistemas hombre-máquina y los sistemas socioeconómicos.

A continuación se detallarán los principales elementos y conceptos relacionados con el enfoque sistémico en los sistemas socio-técnicos:

**Jerarquía y mando** Las relaciones jerárquicas se registran en la mayoría de los sistemas que se caracterizan por la diferenciación tanto estructural como funcional, con la particularidad de que a niveles más altos se ejercen las funciones de integración.

**Finalidad o propósito** La finalidad del sistema constituye su razón de ser. El sistema de encendido de un automóvil tiene el claro propósito de quemar el combustible para crear la energía que emplean los demás sistemas de éste. Un sistema de calidad puede tener como propósito asegurar que el proceso analizado entregue un producto o servicio de calidad al cliente, cumpliendo con los estándares establecidos.

**Estructura** La estructura constituye la forma interior de organización de un sistema. Esta es inherente a todos los objetos y sistemas reales; en el mundo no puede haber cuerpos sin estructuras con capacidad de cambios internos.

**Homeostasis** La homeostasis es el tipo de equilibrio dinámico y consiste en mantener dentro de los límites admisibles los parámetros importantes para la conservación del sistema. En los sistemas socio-técnicos se dice que están en control y éste se desarrolla mediante indicadores de desempeño o rendimiento que permiten retroalimentar al sistema acerca de como se comportan los procesos de negocio.

**Sistemas abierto vs. sistemas cerrados** En la vida real todos los sistemas son abiertos, los sistemas cerrados existen sólo como un concepto para simplificar el estudio de ciertos fenómenos. Los sistemas abiertos presentan una interacción constante con el entorno (todos los objetos fuera del sistema) para lograr sus fines u objetivos(un ejemplo de sistema se representa en la Fig.1.1)

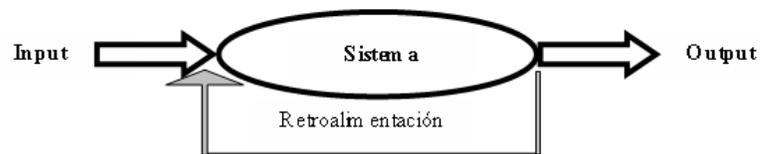


Figura 1.1: Esquema general de un sistema organizacional

Una organización es un sistema compuesta por diversos elementos que pueden ser (Mercadotecnia, manufactura u operaciones, ventas, investigación, aseguramiento logístico, contabilidad, personal) y funcionan interrelacionados para crear utilidades que beneficien tanto a empleados como a los accionistas de la compañía o en términos generales, transformando las *entradas* representadas por materias primas, materiales u otros insumos (incluso de tipo informático) para generar bienes para la sociedad. Cada uno de estos componentes es a su vez un sistema, que adquiere las características del sistema general.

Retroalimentación y medidas de desempeño: todos los sistemas organizacionales tienen niveles aceptables de desempeño, denominados estándares, contra los que se comparan los niveles actuales mediante un proceso de retroalimentación.

## 1.2. La Gestión por Procesos. Características generales.

En la lucha por las metas funcionales, los recursos funcionales y las carreras funcionales se descuida la atención a los procesos. Como resultado, los procesos, tal como se operan, no son ni efectivos, ni eficaces por lo que no pueden ser adaptables, incidiendo negativamente en la capacidad de las organizaciones para enfrentar el reto del cambio de paradigma en la forma de hacer “las cosas”.

Es por ello que los temas relacionados con la calidad, modelos de evaluación de procesos y mejora continua, se hacen cada día más necesarios. Las organizaciones a nivel internacional cambian su enfoque administrativo y de dirección funcional a uno basado en procesos (Delgado, 2001; Harrington, 1993), que consiste en entender la organización como un conjunto de procesos que traspasan horizontalmente las funciones verticales de la misma y permite asociar objetivos a estos procesos, de tal manera que se cumplan los de las áreas funcionales para conseguir finalmente los objetivos de la organización.

Los objetivos de los procesos deben corresponderse con las necesidades y expectativas de los clientes (Ishikawa, 1988; Pons, 1998).

Entre las características fundamentales de los procesos se encuentran las siguientes:

- Se pueden describir las entradas y las salidas.
- Cruza uno o varios límites de áreas o departamentos organizativos funcionales.
- Son capaces de cruzar vertical y horizontalmente la organización.
- Se requiere hablar de metas y fines en vez de acciones y medios. Un proceso responde a la pregunta “QUE”, no al “COMO”.
- Tiene que ser fácilmente comprendido por cualquier persona de la organización.
- El nombre asignado a cada proceso debe ser sugerente de los conceptos y actividades incluidos en el mismo.

Además todo proceso tiene que cumplir con los requisitos básicos siguientes:

- poseer un responsable designado que asegure su cumplimiento y eficacia continúa, tienen que ser capaces de satisfacer el ciclo PHVA (Ciclo Gerencial de Deming), tienen que tener indicadores que permitan visualizar de forma gráfica la evolución de los mismos.

- ser planificados en la fase P.
- asegurar su cumplimiento en la fase D.
- servir para realizar el seguimiento en la fase C.
- utilizarse en la fase A para ajustar y/o establecer objetivos.

Así como tienen que ser auditados para verificar el grado de cumplimiento y eficacia de los mismos. Para esto es necesario documentarlos mediante procedimientos. Para medir la calidad de un proceso se establecen diferentes medidas o indicadores en dependencia del autor que se trate. Según Juran y Gryna (1995) existen tres dimensiones principales para medir la calidad de un proceso: Efectividad, Eficacia y Adaptabilidad.

Se dice que un proceso es efectivo cuando sus salidas satisfacen las necesidades de sus clientes, es eficaz, cuando es efectivo al menor coste y adaptable cuando logra mantenerse efectivo y eficaz frente a los muchos cambios que ocurren en el transcurso del tiempo.

### **1.3. La Gestión Total de la Calidad, el Control de Gestión, el Mejoramiento Continuo y la Gestión por Procesos.**

La Gestión de la Calidad Total, el Control de Gestión, el Mejoramiento Continuo y la Gestión por Procesos, son enfoques que cada vez más demuestran tener variados puntos de contacto. Los sistemas de gestión de la calidad total son muy útiles para la mejora continua, particularmente para prevenir errores y desviaciones, así como para reducir las grandes pérdidas económicas y desperdicios que se producen por la falta de calidad. Se trata de igual modo de no actuar reactivamente, sino de proaccionar, el enfoque prospectivo y proactivo, hacia el cliente, la gestión por procesos, la búsqueda a priori de la eficiencia, el constante mejoramiento, constituyen, puntos en común entre el Control de Gestión, la Gestión de la Calidad Total, el Mejoramiento Continuo y la Gestión por Procesos.

La teoría de la calidad total tiene sus bases en escuelas y enfoques del campo de la administración científica tales como la Teoría Administrativa, la del Desarrollo Organizacional (DO), de las Relaciones Humanas, del Comportamiento Organizacional y de la Contingencia, entre otros (Delgado, 2001). Es por consiguiente, una filosofía de gestión con condiciones para interactuar, en la concepción y la práctica administrativa, con otros enfoques modernos.

Las guías para la aplicación de ISO 9001 : 2000 en la educación contribuyen al desarrollo y mejoramiento del sistema de gestión de la calidad en las instituciones y planteles que ofrecen servicios escolares. Son útiles para su mejora continua, particularmente para prevenir errores, desviaciones, simulaciones y para reducir las grandes pérdidas económicas y desperdicios que se causan en el sector educativo por su falta de calidad. Estas combinan adecuadamente la norma ISO 9001 : 2000 y la norma 9004 : 2000. Estas dos normas forman lo que se llama el par coherente. En la norma 9001 se establecen los requisitos auditables para certificar la calidad y en la 9004 se ofrecen las directrices para la mejora del desempeño del sistema de gestión de la calidad.

Los modelos de calidad o normas de gestión contemporáneos como la ISO 9000 o el EFQM promueven la adopción de un enfoque basado en procesos en el sistema de gestión, como principio básico, para la obtención de manera eficiente, de resultados relativos a la satisfacción del cliente y de las demás partes interesadas.

En este sentido las organizaciones que deseen implantar un Sistema de Gestión de la Calidad conforme a la ISO 9001 : 2000 deben reflexionar sobre este enfoque y trasladarlo de manera efectiva a su documentación, metodología y al control de sus actividades y recursos, sin perder la idea de que todo ello debe servir para alcanzar los resultados deseados.

A su vez, uno de los pilares en los que se sostiene la Administración de la Calidad Total (TQM) es el Mejoramiento Continuo (M.C). Se necesita mejorar de una manera sistemática. El mejoramiento continuo según (Deming, 1986): mencionado por (Delgado, 2001; Juran & Gryna, 1995; Harrington, 1993, 1997) *es un enfoque de gestión que contribuye a garantizar la calidad de la misma. Es un conjunto de conceptos, procedimientos y técnicas mediante las cuales la organización busca este tipo de cambio en todos sus procesos.*

Cuando se habla de Mejoramiento Continuo es necesario definir qué es lo que se quiere mejorar y qué debe llevar a los indicadores de desempeño (directos o indirectos) a un mejor comportamiento sostenido en el tiempo. (Delgado, 2001).

## **1.4. El carácter sistémico de la Gestión por Procesos.**

Cuando se habla de un pensamiento sistémico en la gestión no se magnifica su significado ni se desechan los enfoques clásicos. Se trata es de enfocar los asuntos en estrecha interrelación entre los enfoques clásicos y la nueva forma de pensar, el enfoque sistémico, ya que el escenario social actual es propicio para que nuestra forma de pensar se dirija a la integración del conocimiento sobre un

fenómeno a partir de lo que cada ciencia posibilita esclarecer, vista en término de enriquecimiento que es el vínculo con la vida y la simplificación que es ir a la esencia de los fenómenos y a sus regularidades teniendo en cuenta la variedad de los elementos que intervienen en los diferentes procesos.

Este enfoque es considerado en la nueva versión de las normas ISO 9000, la cual establece el principio, enfoque de sistema para la gestión, el cual plantea que: Identificar, entender y gestionar los procesos interrelacionados como un sistema, contribuye a la eficacia y la eficiencia de una organización en el logro de sus objetivos.

Entender la gestión por proceso como sistema exige considerar esta no como un fin en si misma, si no un medio para que la organización pueda alcanzar eficaz y eficientemente sus objetivos. Por ello los procesos deben formar parte de un sistema que permita la obtención de resultados globales en la organización orientados a la consecución de sus objetivos, lo que implica la existencia de unas relaciones causa-efecto entre los resultados de los procesos individuales y los resultados globales del sistema, los cuales podrán estar vinculados a uno o varios grupos de interés en la organización. Para tal fin es necesario conocer los elementos componentes de la Gestión por procesos que se encargan de condicionar la misma.

#### **1.4.1. Componentes de la Gestión por procesos**

La preocupación creciente de las organizaciones por la adecuación de los procesos a las exigencias del mercado ha ido poniendo de manifiesto que una adecuada gestión, que tome los procesos como su base organizativa y operativa, es imprescindible para diseñar políticas y estrategias, que luego se puedan desplegar con éxito.

Por tal razón se considera importante en esta investigación hacer referencia a los elementos que deben ser tenidos en cuenta por toda organización que desee aplicar un enfoque basado en procesos a su sistema de gestión. Según Sierra (2005-2006) estos son:

- Identificación y secuencia de los procesos
- Descripción de cada uno de los procesos
- Seguimiento y medición de los procesos
- Mejora de los procesos

La *identificación y secuencia de los procesos* requiere precisamente reflexionar sobre cuáles son los procesos que deben configurar el sistema, es decir, qué procesos deben aparecer en la estructura de procesos del sistema. Esta identificación y selección de los procesos no debe ser algo trivial, debe nacer de una reflexión acerca de las actividades que se desarrollan en la organización y de cómo éstas influyen y se orientan hacia la consecución de resultados.

Para esta identificación y selección de los procesos deben tenerse en cuenta diferentes factores, entre los cuales podemos mencionar, la influencia de estos en la satisfacción del cliente, los efectos en la calidad del producto/servicio, la influencia en Factores Claves de Éxito (FCE), influencia en la misión y estrategia, utilización intensiva de recursos, etc...

Una vez efectuada la identificación y la selección de los procesos, surge la necesidad de definir y reflejar esta estructura de forma que facilite la determinación e interpretación de las relaciones existentes entre los mismos, utilizándose para tal fin el mapa de procesos, que viene a ser la representación gráfica de la estructura de procesos que conforman el sistema de gestión.

Para la elaboración del mapa de procesos, y con el fin de facilitar la interpretación del mismo, deben agruparse los procesos dentro del mapa permitiendo establecer analogías entre los procesos. El tipo de agrupación puede y debe ser establecido por cada organización, no existiendo para ello ninguna regla específica.

A través del mapa de proceso, si bien la organización puede identificar los procesos, conocer la estructura de los mismos y reflejar las interacciones entre ellos, esta herramienta no permite saber cómo son “por dentro” los procesos y cómo se realiza la transformación de entradas en salidas. De ahí que sea necesaria la descripción de los procesos.

La *descripción de los procesos* tiene como finalidad determinar los criterios y métodos para asegurar que las actividades que comprenden dichos procesos se lleven a cabo de manera eficaz, al igual que el control de los mismos, lo que implica necesariamente centrarse en las actividades, así como en todas aquellas características relevantes que permitan el control de las mismas y la gestión de los procesos.

La descripción de las actividades de los procesos se puede llevar a cabo a través de diferentes diagramas, donde se representan las actividades de manera gráfica e interrelacionadas entre sí, facilitando la interpretación de las mismas en su conjunto, debido a que permite una percepción visual del flujo y la secuencia de las mismas, incluyendo las entradas y salidas necesarias para el proceso y los límites del mismo.

Luego de estar estructurada la organización a través de sus procesos se pone de manifiesto la importancia de llevar a cabo un *seguimiento y medición* de los mismos con el fin de conocer los resultados que se están obteniendo y si estos resultados se corresponden con los objetivos previstos. No se puede considerar que un sistema de gestión tenga un enfoque basado en proceso si, aún disponiendo de un buen mapa de proceso y diagramas de procesos coherentes, el sistema no se preocupa por conocer sus resultados.

Por tanto el seguimiento y la medición constituyen la base para saber qué se está obteniendo, en qué extensión se cumplen los resultados deseados y por dónde se deben orientar las mejoras.

Los indicadores constituyen un instrumento que permite recoger de manera adecuada y representativa la información relevante respecto a la ejecución y los resultados de uno o varios procesos, de forma que se puede determinar la capacidad, eficacia, eficiencia y adaptabilidad de los mismos.

De lo anteriormente expuesto se deduce la importancia de identificar, seleccionar y formular adecuadamente los indicadores, así como la información obtenida de estos permita el análisis del proceso y la toma de decisiones que repercutan en una mejora del comportamiento del mismo que sirva para evaluar los procesos y ejercer el control sobre los mismos.

Los datos recopilados del seguimiento y la medición de los procesos deben ser analizados con el fin de conocer las características y la evolución de los procesos. De este análisis de datos se debe obtener la información relevante para conocer:

- Qué procesos no alcanzan los resultados planificados
- Dónde existen oportunidades de mejora

Cuando un proceso no alcanza sus objetivos, las organizaciones deberán establecer las correcciones y acciones correctivas, para asegurar que las salidas del proceso sean conformes, lo que implica actuar sobre las variables de control para que el proceso alcance los resultados planificados.

También puede ocurrir que, aún cuando un proceso este alcanzando los resultados planificados, la organización identifique una oportunidad de mejora en dicho proceso por su importancia, relevancia o impacto en la mejora global de la organización.

En cualquiera de estos casos la necesidad de mejora de un proceso se traduce por un aumento de la capacidad del proceso para cumplir con los requisitos establecidos, es decir para aumentar la eficacia y/o eficiencia del mismo.

Según la familia ISO 9000 del 2000 el objetivo de la mejora continua en los sistemas de gestión de la calidad es incrementar la probabilidad de aumentar la satisfacción de los clientes y otras partes interesadas. Para la mejora de los procesos, el sistema de gestión de la calidad debe permitir el establecimiento de objetivos y la identificación de las oportunidades de mejora, a través del uso de los hallazgos, análisis de datos, revisión del sistema por la alta dirección u otros medios. Lo que generalmente conduce al establecimiento de acciones correctivas o preventivas. Se hace necesario en las organizaciones seguir una serie de pasos que permitan llevar a cabo la mejora buscada. Estos pasos se pueden encontrar en el clásico ciclo de mejora continua de Deming o ciclo PDCA.

## **1.5. El proceso de Perfeccionamiento Empresarial**

El sistema empresarial cubano desde 1998 ha comenzado a implementar un proceso de cambio, tomando la experiencia de su aplicación en el sistema empresarial de las FAR e impulsado por los planteamientos realizados en el V Congreso del PCC. Este nuevo modelo de cambio tiene como objetivo central, incrementar al máximo la eficiencia y competitividad del sistema empresarial para poder insertarse con éxito tanto en el mercado externo como interno, basado en el desarrollo de la participación de los jefes y trabajadores.

Primeramente se elaboró una propuesta de lo que serían las Bases del Perfeccionamiento Empresarial, sistematizando la experiencia del sistema empresarial de las FAR en su aplicación y asesorados por profesores del Sistema de Educación Superior. Este documento fue estudiado y debatido por especialistas de diferentes ramas, así como por directores y funcionarios de varias empresas y ministerios. Como resultado, quedó elaborado el documento denominado Bases Generales del Perfeccionamiento Empresarial, (Grupo, 1999) recogido en el Decreto Ley #187.

En ese Decreto Ley se precisa la creación del Grupo Gubernamental para el Perfeccionamiento Empresarial, como rector del proceso, y del Grupo Ejecutivo del Perfeccionamiento Empresarial, adscrito al Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros, que auxilia al Grupo Gubernamental en el cumplimiento de sus funciones.

En las Bases se definen, además, las tres condiciones básicas para que la empresa pueda comenzar el proceso. Ellas son:

1. Contabilidad que refleje los hechos económicos,
2. Existencia del Mercado para vender las producciones,

### 3. Garantía de los aseguramientos necesarios a la producción.

Estas condiciones deben estar certificadas por los ministerios ramales. En especial, el Ministerio de Finanzas y Precios debe certificar la Contabilidad. Estos tres elementos suponen un análisis de la empresa, tanto hacia lo interno como hacia su entorno. El énfasis en la contabilidad certificada busca minimizar los riesgos en aquellas empresas que comiencen el proceso. La necesidad de un mercado seguro, es otra de las condiciones que reconoce la importancia del papel del mercado, y lleva implícito uno de los objetivos centrales del proceso: ser competitivos. Aunque la garantía de los aseguramientos necesarios pareciera un requisito elemental, obliga al análisis objetivo de las condiciones de la empresa para enfrentar el proceso, etapa que no siempre fue bien atendida en los procesos de cambio que anteriormente experimentó el sistema empresarial cubano.

El citado documento establece la organización del proceso mediante pasos que las empresas deben cumplir y proponer a niveles superiores. La secuencia de éstos conforma la metodología para llevar adelante el cambio planeado, en un período de tiempo dado.

Estas etapas buscan reflejar el proceso dentro de la organización de forma integral y con una secuencia mantenida en el tiempo, para lograr el objetivo de mejora continua; por ello, en la práctica muchas veces se solapan. También constituye un modelo de planeación del cambio (Barreiro, 2000). De forma gráfica podría resumirse como se muestra en la Fig.1.2. Para recoger la información y realizar los diseños de los diferentes sistemas se proponen 16 subsistemas, que abordan aspectos esenciales en la actividad empresarial de forma integral y sistémica.

Estas esferas de actividad tienen el propósito de suplir los vacíos respecto a áreas que no se habían tratado con anterioridad en los sistemas de dirección empresarial diseñados, como es el caso de los métodos y estilos de dirección, la gestión de la calidad, aspectos dentro de la organización del trabajo (como los balances de carga y capacidad), los diferentes subsistemas económicos, el control interno, la información que se procesa y la mercadotecnia.

#### **1.5.1. Características más comunes detectadas dentro de los procesos de Perfeccionamiento Empresarial**

A partir de la experiencia en procesos de consultoría en 18 empresas de tres ministerios, se han sistematizado un grupo de comportamientos comunes según la etapa del Perfeccionamiento en que se encuentren las organizaciones. Para los objetivos de este trabajo estos criterios se han centrado

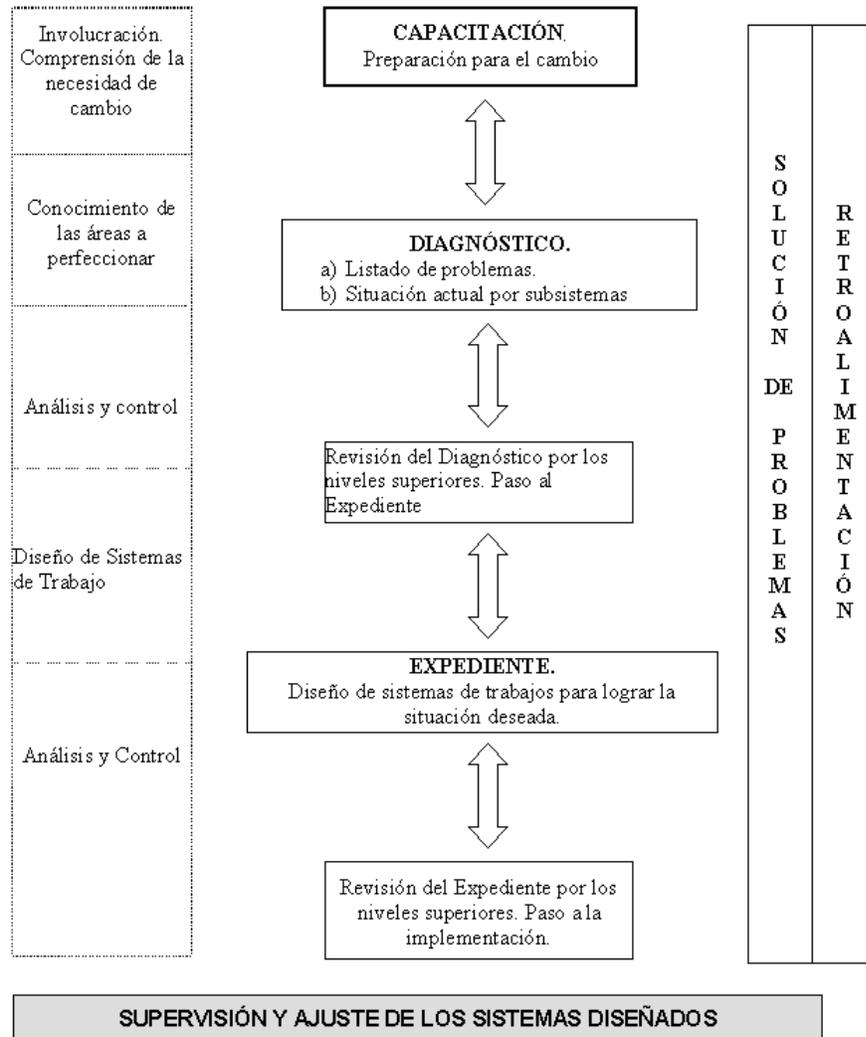


Figura 1.2: Etapas del proceso de Perfeccionamiento Empresarial

en torno a las siguientes variables:

1. Metodología,
2. Participación,
3. Patrocinio,
4. Revisión de los informes e implementación de los cambios.

Numerosas reflexiones se han realizado sobre las características, ventajas y desventajas de la metodología propuesta por el Perfeccionamiento. La experiencia recogida en las empresas objeto de estudio valida su utilidad, pues permite un análisis en profundidad de la empresa, así como homogenizar las salidas de información y los puntos claves para el desarrollo del nuevo sistema, aspectos positivos si se tiene en cuenta que la multiplicidad de cambios en el sistema empresarial cubano de los años '90 produjo una amplia heterogeneidad en la información a rendir (Barreiro, 2000).

Una de las principales salidas del Diagnóstico es el listado de problemas por subsistemas que enfrenta la organización. Esto, sin dudas, constituye una oportunidad, tanto a nivel microempresarial como a nivel macro, pues se sistematiza la información sobre las principales debilidades que enfrenta la organización y el sistema empresarial en que se inserta.

Entre los problemas más comunes detectados y comentados en Barreiro (2000) se encuentran:

- Problemas con las estructuras (rígidas, estáticas) que no favorecen la adaptación de la organización al entorno
- Predominio de una visión operativa y contingencial de la organización y no de un enfoque estratégico.
- Poca autonomía de gestión
- Métodos de “orden y mando”, al interior de la empresa y en la interacción con los niveles superiores.
- La necesidad de cambio en ocasiones se impone “desde arriba”.
- Escasez y mal estado técnico de los medios de transporte.
- Carencia de materias primas e insumos de trabajo.

- Tecnología obsoleta y problemas con su mantenimiento.
- Los resultados económicos no se miden a partir de indicadores de eficacia o eficiencia.
- Los sistemas de calidad son débiles, incompletos o no existen en la mayoría de las organizaciones.
- Los procesos de calidad no tienen un enfoque hacia el cliente.
- Las normas de trabajo no siempre están acorde con los procesos productivos.
- No existen vínculos entre las áreas de normación del trabajo, tecnología y comercialización para la actualización de los procesos de trabajo.
- Los salarios y la estimulación material son insuficientes y no se corresponden con los resultados.
- Se manifiestan problemas de motivación e interés en el trabajo.
- Altas tasas de fluctuación entre los trabajadores de las áreas económicas.
- Sistemas contables y financieros débiles, no adaptados a las nuevas condiciones.
- Domina la planificación centralizada, por indicadores directivos de los niveles superiores.
- No existe un flujo de información establecido.
- Exceso y duplicidad de documentos e informaciones a rendir a organizaciones exteriores a la empresa.
- Acciones inarticuladas de atención al hombre, que no satisfacen las necesidades de los trabajadores.
- Insuficientes acciones de mercadotecnia.
- Poca orientación al cliente.

Si bien es cierto que la existencia de una metodología general de base homogeniza las salidas y facilita el análisis sectorial, por otra parte, limita los espacios para la innovación y la creatividad de la empresa. Ésta, en lo fundamental, sitúa en una línea de tiempo la realización de las diferentes

etapas, previa consulta con los niveles superiores.

Al analizar los contenidos de los subsistemas y la información a recoger o diseñar, ya sea en el Diagnóstico o en el Expediente, se observa una marcada tendencia a la asociación de la información solicitada con los ciclos de trabajo de empresas productivas. En el análisis del contenido de estos subsistemas y aplicando la categorización de las organizaciones como sistemas sociotécnicos, se evidencia un predominio del sistema Técnico; es decir, trece subsistemas desarrollan aspectos técnicos de la organización, en contraposición con los dos que desarrollan el aspecto gerencial (Organización General y Métodos y Estilos de Dirección: subsistema #4) y el que trata el aspecto humano (Atención al Hombre), aunque de este último se encuentran aspectos como la estimulación y el sistema salarial dentro del Subsistema Política Laboral y Salarial.

El proceso de Perfeccionamiento Empresarial expresa en sus bases la necesidad de realizar un proceso participativo, con el propósito de aprovechar todos los criterios de los implicados e involucrarlos y crear un compromiso con el proceso. Este principio ha presentado obstáculos para su realización más efectiva.

En el caso del Diagnóstico, la participación real de los implicados se centra, en muchos casos, en la intervención en las sesiones de trabajo en grupo y en la respuesta de las encuestas. En el Expediente, los trabajadores emiten criterios sobre la forma de participar en la toma de decisiones y en las alternativas de estimulación, una vez implementado el Perfeccionamiento, para el resto de los sistemas se mantienen en el nivel de consulta. El trabajo de especialistas en cada tema puede representar la principal fuente de información en el diseño de la mayoría de los subsistemas, para luego ser validado por el Consejo de Dirección.

La información que se obtiene por esta vía es muy importante para el futuro desempeño organizacional, aunque fundamentalmente se centra en aquellos aspectos que tienen que ver directamente con los intereses de los trabajadores. Sin embargo, en ocasiones se puede llegar a la saturación de información sobre un tema de alto impacto para los trabajadores, mientras que en otros puede que no se obtenga la información necesaria. De forma general, las tormentas de ideas utilizadas para la confección del listado de problemas se confunden con asambleas de servicios, en las que los trabajadores se centran en lo fundamental en necesidades materiales.

Además, en ocasiones se observa un proceso de participación formal, que puede ser una de las manifestaciones de resistencia al cambio, donde los trabajadores no se involucran en realidad. Algunas de las formas más efectivas para disminuir o enfrentar esta manifestación están

relacionadas con un proceso constante de información, capacitación en los temas relacionados y la flexibilidad y ejemplo de los líderes del proceso.

La implementación de las soluciones y cambios dentro de la empresa es, por lo general, un proceso donde la empresa determina hasta dónde es posible avanzar con las condiciones existentes. La puesta en práctica de soluciones, en ocasiones es simultánea al proceso de diagnóstico, de forma tal que la organización las asimila con menos resistencia, a la vez que puede darle seguimiento a sus resultados e incluso modificar su diseño inicial, así como el ritmo de aplicación de los cambios. En el caso de las empresas en Perfeccionamiento Empresarial, sólo se implementan las soluciones a los problemas internos detectados en el diagnóstico. Además, los sistemas diseñados en el expediente no pueden comenzar a funcionar hasta que éste no es aprobado por los niveles superiores. Como ya se explicó, es un proceso lento, que puede demorar meses, con lo que se pierde un poco la continuidad del diseño. Además, no se realizan rediseños a partir de resultados parciales, pues la asignación de recursos y autorizaciones para los cambios ocurre después de su aprobación.

El proceso de revisión de los informes por parte de los niveles superiores no se hace de forma integral sino que existe en cada Unión y/o Ministerio un grupo de especialistas que dividen los informes, lo que elimina la visión de conjunto de la organización y provoca que añadan valoraciones que puedan estar recogidas en otros subsistemas. En ocasiones, los comentarios sobre los informes se centran más en la forma que en el contenido del subsistema en sí.

Esto, unido con las presiones de los niveles superiores, en ocasiones provoca que la entrega de un Informe de Diagnóstico y un Expediente se haya convertido en un fin en sí, sobre los que otros implicados externos (niveles superiores) tienen un alto grado de incidencia en sus modificaciones. No se aprovechan, por tanto, las ventajas de un proceso participativo, de cambio cultural que generalmente lleva aparejado el proceso de Perfeccionamiento.

Se fijan cronogramas de trabajo y fechas de entrega a nivel de Unión y Ministerio que, en ocasiones, no están relacionados con el desempeño real de las empresas. Se debe tener en cuenta en este tipo de proceso, que el cambio cultural, de patrones, normas y valores es el principal elemento de éxito. Los cambios estructurales y de sistemas de trabajo por sí solos no garantizan los resultados esperados en cuanto a elevar el nivel de eficiencia y competitividad de la empresa. Por ello, todos los involucrados en el proceso, y en especial la alta dirección de las organizaciones, deben implementar mecanismos que garanticen el cambio de mentalidad.

Es en esta resistencia al cambio donde se encuentra uno de los principales peligros del proceso de transformación que entraña el Perfeccionamiento Empresarial, no sólo al interior de la empresa sino, y especialmente, en los organismos superiores en su rol de “decisores”. Aunque la resistencia es un elemento inherente del cambio, como se dijo con anterioridad, los líderes del proceso tienen la responsabilidad de solucionar o minimizar sus efectos a través de la información, capacitación e implementación de nuevos métodos y demostrar con hechos la superioridad del nuevo sistema sobre los métodos anteriores.

El Perfeccionamiento Empresarial, establece en el artículo 203 de los elementos de la organización de la producción de bienes y servicios, artículo que contempla nueve aspectos y el aspecto número dos refleja que una estructura espacial de la producción: permite definir las interrelaciones entre las estructuras organizativas de la empresa, la distribución de los puestos, así como, los esquemas de flujos productivos.

Basándose para ello, en un conjunto de principios definidos en el artículo 206,

**Principio de la proporcionalidad** expresa la necesidad de garantizar en cada momento una exacta proporción cuantitativa y cualitativa entre todos los elementos del proceso de producción, así como entre todas las estructuras de la empresa. La existencia de cuellos de botellas en los procesos educativos o de prestación de servicios, son ejemplos de incumplimientos del principio de la proporcionalidad.

**Principio de la continuidad** exige el funcionamiento de todos los procesos productivos y de servicios de la empresa con una dinámica tal que asegure una aplicación de estos de estos sin interrupciones.

**Principio de paralelismo** exige la necesidad de ejecutar en paralelo la máxima cantidad de partes o actividades que conlleva la ejecución de un producto lo cual asegura la formación de un frente amplio de trabajo, la reducción del ciclo de producción y una máxima utilización de los recursos.

**Principio de la ritmicidad** exige la salida de producción en iguales magnitudes e intervalos de tiempo lo que garantiza disminuir costos, estabilizar parámetros de calidad, así como incrementar la satisfacción de los clientes.

**Principio de la ubicación espacial de forma racional** La disposición espacial de las diferentes áreas de la empresa y de los puestos de trabajo, deben efectuarse tal que garantice el mínimo

recorrido de los objetos, medios y fuerza de trabajo en la propia ejecución de los procesos. Este principio presupone la utilización de medios avanzados de transportación interna, diseño de acceso acordes y seguros a cada área, así como, de las condiciones de trabajo y la aplicación de métodos de organización racional.

**Principio de la especialización** Exigen la determinación para cada puesto de trabajo de funciones y tareas a desarrollar lo que debe permitir un funcionamiento a plena carga y asegurar un contenido de trabajo atractivo y enriquecedor de la personalidad de los trabajadores en correspondencia con la idoneidad de estos.

En el artículo 209, se declara que la empresa deberá considerar la organización de los flujos de productivos de forma óptima, para eliminar gradual o permanentemente los cuellos de botella, retrocesos y cruces en el flujo de producción y pérdida de tiempo en los traslados y manipulación. A esto se añade la normativa vigente, Resolución No.39/2007, que establece las bases generales de la seguridad y salud en el trabajo en lo referente a edificaciones y locales, en los incisos refiere:

- 2.3** Cada puesto de trabajo debe tener al menos dos metros cuadrados de espacio para el movimiento de los trabajadores y al menos debe existir un metros de distancia entre las partes que sobresalgan de las máquinas, con relación a los pasillos.
- 2.4** El espacio ocupado por cada equipo o maquinaria se señala con líneas en el piso. Deben quedar delimitados los pasillos auxiliares y principales para el movimiento de los trabajadores, los que deben tener al menos un metro de ancho.

## **1.6. Conclusiones parciales**

Como síntesis del estudio bibliográfico se presentan las conclusiones siguientes

1. Se estudian los elementos y conceptos fundamentales sobre la gestión por procesos y su relación con el enfoque en sistemas resaltando la existencia de diversas metodologías y procedimientos de gestión.
2. El procedimiento de mejora propuesto en (Sierra, 2005-2006) basado en la metodología general de solución de problemas permite abordar con un enfoque moderno la problemática objeto de estudio.
3. Las bases del perfeccionamiento empresarial propone el conjunto de principios que deben regir la gestión de los procesos y los elementos de la organización.

## **Capítulo 2**

# **Procedimiento para la gestión de procesos basados en el diseño espacial.**

En este Capítulo se describe las etapas del procedimiento propuesto por (Sierra, 2005-2006) para la gestión de procesos, vinculado al método general de solución de problemas y se analiza la relación existente con los métodos para la distribución en planta. Esto se hizo tomando como base la literatura consultada.

### **2.1. Procedimiento de gestión por procesos**

Contar con un procedimiento que permite gestionar por procesos con un enfoque de mejora continua, las diferentes actividades que se desarrollan en la organización, brindando la posibilidad que las mismas sean constantemente examinadas, evaluadas y mejoradas. Además se exponen un conjunto de herramientas básicas que utilizadas en sistema posibilitan la implantación de este enfoque de gestión.

El procedimiento para la Gestión por Procesos, es el resultado de las experiencias y recomendaciones de prestigiosos autores en esta esfera, (Delgado, 2001) En particular, por la importancia que reviste su empleo en la mejora de los procesos, se describe brevemente, la Metodología de Solución de Problemas, base del procedimiento. El procedimiento que se presenta [Pons, R y Villa, E, 2003] y retomado en Sierra (2005-2006) ha sido elaborado tomando como base el Ciclo Gerencial Básico de Deming. En Sierra (2005-2006), se resume dicha metodología de forma clara y precisa, la misma puede verse en el Anexo A.

### 2.1.1. Descripción del procedimiento para la Gestión por Procesos

A continuación se describen en detalle, las etapas y actividades correspondientes al procedimiento para la Gestión por Procesos:

#### - Etapa I: Caracterización del Proceso

En esta primera etapa se pretende hacer una presentación de los procesos, detallando los mismos en términos de su contexto, alcance y requisitos. Los siguientes elementos componen la secuencia inicial siguiente:

1. Descripción del contexto.
2. Definición del alcance.
3. Determinación de los requisitos.

Este primer elemento (Descripción del contexto), pretende dar respuesta a la pregunta: *¿Cuál es la naturaleza del proceso?* Para llegar a conocer un proceso en su totalidad es preciso especificar:

- La esencia (asunto) de la actividad.
- El resultado (producto o servicio) esperado del proceso.
- Los límites de la operación: *¿dónde comienza?* (Entradas) y *¿dónde termina?* (Salidas).
- Las interfaces con otras actividades (*¿cómo el proceso interactúa con otros procesos?*).
- Los actores involucrados en la actividad (gerentes, ejecutores, clientes internos y externos, proveedores, otros grupos de interés).

El segundo elemento (Definición del alcance), trata de responder la pregunta: *¿Para qué sirve el proceso?*, donde quedan esclarecidas la Misión y la Visión a lograr. Aquí se esclarece la necesidad de que el proceso exista.

En el tercer elemento (Determinación de requisitos) es necesario analizar:

- Los requisitos del cliente (exigencias de salida)
- Las demandas de los clientes de la actividad, esclareciendo adecuadamente el producto final que estos esperan.
- Los requisitos para los proveedores (exigencias de entrada).

- Las demandas del proceso (en cantidad y calidad), indispensables para obtener un producto o servicio que satisfaga al cliente.

El producto final esperado de esta etapa de **Caracterización del Proceso**, es un documento que permita entender y visualizar de manera global en qué consiste el mismo, utilizándose para este fin herramientas como: documentación descriptiva del proceso, datos históricos, reuniones participativas, trabajo de grupo, etc.

### - Etapa II: Evaluación del proceso

En esta segunda etapa se requiere evaluar el proceso haciendo un estudio minucioso de la actividad en cuanto a su situación actual, los problemas existentes y las alternativas de solución.

Esta segunda etapa está compuesta por la siguiente secuencia de elementos:

1. Análisis de la situación.
2. Identificación de problemas.
3. Levantamiento de soluciones.

En el cuarto componente (Análisis de la situación), se necesita responder la pregunta, *¿Cómo está funcionando actualmente la actividad?*

En el quinto componente (Identificación de problemas), la pregunta a responder es; *¿Cuáles son los principales problemas que generan la inestabilidad del proceso e impiden satisfacer adecuadamente las necesidades y expectativas de los clientes?* Para ello se considera importante definir los puntos fuertes y débiles de la actividad, así como las causas de los mismos. Mediante el procesamiento y análisis de los datos e informaciones obtenidas será posible detectar y caracterizar las causas responsables de los fallos y de los resultados indeseados.

El sexto componente (Levantamiento de soluciones) debe dar respuesta a las preguntas: *¿Dónde y cómo puede ser mejorado el proceso?*, lo que exige considerar:

- El examen de posibles alternativas, para que se listen algunas ideas que podrían resolver el problema.
- La discusión con los grupos de interés acerca de sus expectativas y necesidades, así como la presentación de las diferentes propuestas de mejora.
- Integración de criterios de los diversos grupos de interés sobre el mejor curso de acción posible.

El producto final esperado de esta etapa de **Evaluación del proceso** es un documento que permita entender y visualizar, de manera adecuada, tanto el funcionamiento del proceso como sus puntos críticos y las soluciones adecuadas para resolverlos, utilizándose para ello herramientas como: el mapeo de procesos, análisis del valor añadido, diagramas y matrices Causa-Efecto, diagramas de Pareto, encuestas, brainstorming, Análisis de los modos y efecto de fallos (FMEA), etc.

### **- Etapa III: Mejoramiento del proceso**

En esta etapa se pretende planear, implantar y monitorear, permanentemente, los cambios que garanticen la calidad de la actividad.

Los siguientes elementos componen esta tercera y última etapa:

- Elaboración del proyecto.
- Implantación del cambio.
- Monitoreo de resultados.

El componente (Elaboración del proyecto), debe responder la pregunta; *¿Cómo organizar el trabajo de mejora?*, para lo que se necesita:

- Diseñar una nueva forma de funcionamiento del proceso.
- Elaborar un plan para implantar la propuesta de mejoramiento.
- Obtener la aprobación de la dirección y los demás grupos de interés.

El componente (Implantación del cambio), intenta responder la pregunta; *¿Cómo se hace efectivo el rediseño del proceso?* Esto requiere una nueva secuencia de trabajo que responde a un proceso rediseñado, según las indicaciones propuestas en el proyecto de mejora.

El último componente (Monitoreo de resultados), debe responder la pregunta: *¿Funciona el proceso de acuerdo con los requerimientos?* Consiste en verificar si el proceso está funcionando de acuerdo con los patrones establecidos a partir de las exigencias de los clientes, mediante la identificación de las desviaciones y sus causas así como la ejecución de las acciones correctivas.

Este monitoreo del proceso es permanente y forma parte de la rutina diaria de trabajo de todos los implicados en el proceso, siempre sobre la base del Ciclo Gerencial Básico de Deming. (PHVA).

El producto esperado de esta etapa de Mejora del Proceso es un documento que contiene el registro del proyecto de mejora, su implantación y las consecuencias del monitoreo continuo

de los resultados del trabajo. Apoyando la correcta aplicación de la misma herramientas como: ciclo gerencial de Deming PHVA, cuestionario 5W y 1H, metodología de solución de problemas, matrices Causa-Efecto, documentación de procesos, plan de las tres generaciones, etc.

## **2.2. Plantear alternativas de Solución**

Las primeras distribuciones eran producto del hombre que llevaba a cabo el trabajo, o del arquitecto que proyectaba el edificio, se mostraba un área de trabajo para una misión o servicio específico pero no reflejaba la aparición de ningún principio.

Las primitivas distribuciones eran principalmente la creación de un hombre en su industria particular; había pocos objetivos específicos o procedimiento reconocidos, de distribución en planta. Con el advenimiento de la revolución industrial, hace unos 150 años, se transformó en objetivo económico, para los propietarios, estudiar la ordenación de sus fábricas. Las primeras mejoras fueron dirigidas hacia la mecanización del equipo. Se dieron cuenta también de que un taller limpio y ordenado era una ayuda tangible. Alrededor de primeros de siglo la especialización del trabajo empezó a ser tan grande que el manejo de los materiales empezó también a recibir una mayor atención por lo que se refiere a su movimiento entre dos operaciones. Con el tiempo, los propietarios o sus administradores empezaron a crear conjuntos de especialistas para la definición y estudio de lo que es hoy un problema de distribución en planta.

La revisión bibliográfica sobre el tema ofrece diferentes definiciones del problema de distribución en planta, que difieren únicamente en aspectos particulares del mismo (una profusa relación de definiciones del problema puede consultarse en (Kusiak & Heragu, 1987)).

A continuación se refieren algunas:

Según Moore (1971), “La distribución en planta implica la coordinación física de los elementos industriales. Esta ordenación, ya practicada o en proyecto, incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios, como el equipo de trabajo y el personal de taller.”

Otro autor, Muther (1981) dice que la distribución en planta : “... se trata de hallar una ordenación de las áreas de trabajo y del equipo que sea la más económica para llevar a cabo el proceso productivo, al mismo tiempo, que la más segura y satisfactoria para los operarios y para el entorno de la planta industrial [...] de modo que sea posible fabricar los productos con un coste suficientemente reducido para poder venderlos con un buen margen de beneficio en un mercado de competencia.”

Por último, según Meyer (1993), el problema de la distribución en planta consiste en determinar la distribución más eficiente de un número de departamentos indivisibles con requerimientos de área desigual en el interior de una instalación. El objetivo es minimizar los costes del transporte de materiales dentro de la planta considerando dos grupos de restricciones: los requerimientos de área y las restricciones de localización de los departamentos (no pueden solaparse, deben ser colocados en el interior de la planta, y algunas pueden necesitar una localización fija o no pueden ser colocados en regiones específicas).

Como se ha dicho, aunque las diferentes definiciones del problema lo abordan desde puntos de vista más o menos operativos, en general, en todas queda remarcado el carácter necesario, multifactorial y complejo del mismo.

### **2.2.1. Distribución en planta**

Una distribución en planta adecuada proporciona beneficios a la empresa que se traducen en un aumento de la eficiencia y por lo tanto de la competitividad. Esto es más así con la introducción de conceptos de fabricación recientes, como los sistemas de fabricación flexibles (FMS), la fabricación integrada por ordenador (CIM), o los sistemas de suministro de material Just-In-Time (JIT). Sea cual sea el sistema productivo, una correcta distribución en planta permite reducir los requerimientos de espacio y los desplazamientos de material, disminuye el volumen de trabajo en proceso y mejora el control de materiales y producto acabado.

Queda establecida, pues, la necesidad de una correcta distribución de las actividades productivas y los beneficios de ello esperables. Para lograr dichos beneficios es necesario que la solución obtenida cumpla con determinados objetivos.

Moore Moore (1971) establece cinco objetivos básicos a cumplir por la distribución en planta:

1. Simplificar al máximo el proceso productivo.
2. Minimizar los costes de manejo de materiales.
3. Tratar de disminuir la cantidad de trabajo en curso.
4. Aprovechar el espacio de la manera más efectiva posible.
5. Aumentar el rendimiento de los operarios estimulándolos convenientemente

Por su parte, Muther Muther (1981) define el objetivo perseguido como lograr la mejor ordenación desde el punto de vista económico, de las áreas de trabajo y del equipo, siendo ésta además segura y satisfactoria para los empleados. Para este autor una buena distribución debe traducirse necesariamente en una disminución de los costes de fabricación, y para lograr esto, es necesario plantearse los siguientes objetivos durante su definición:

- Elevar la moral y la satisfacción del operario;
- Incrementar la producción.
- Disminuir los retrasos en la producción.
- Minimizar las necesidades de espacio (tanto el destinado a producción como el necesario para almacenamiento o servicios.)
- Disminuir los tiempos de fabricación y la cantidad de material en proceso.
- Disminuir la confusión y la congestión.
- Disminuir el tránsito de materiales.

Una lista condensada de los elementos anteriores se puede tener en los siguientes seis objetivos básicos:

1. Integración conjunta de todos los factores que afectan a la distribución.
2. Movimiento del material según distancias mínimas.
3. Circulación del trabajo a través de la planta.
4. Utilización efectiva de todo el espacio.
5. Satisfacción y seguridad de los trabajadores.
6. Flexibilidad en la ordenación que facilite ajustes posteriores.

### **Principios de la distribución en planta**

Anteriormente se han enumerado los objetivos que debe cumplir una distribución en planta según el análisis de los diversos autores. Según Muther, estos objetivos pueden resumirse y plantearse en forma de principios, sirviendo de base para establecer una metodología que permita abordar el problema de la distribución en planta de forma ordenada y sistemática (Muther, 1981).

- I Principio de la integración de conjunto: la mejor distribución es la que integra a los operarios, los materiales, la maquinaria, las actividades, así como cualquier otro factor, de modo que resulte el compromiso mejor entre todas estas partes.
- II Principio de la mínima distancia recorrida: en igualdad de condiciones, es siempre mejor la distribución que permite que la distancia a recorrer por el material entre operaciones será la más corta.
- III Principio de la circulación o flujo de materiales: en igualdad de condiciones, es mejor aquella distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se tratan, elaboran, o montan los materiales.
- IV Principio del espacio cúbico: la economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto en vertical como en horizontal.
- V Principio de la satisfacción y de la seguridad (comfort): en igualdad de condiciones, será siempre más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los operarios, los materiales y la maquinaria
- VI Principio de la flexibilidad: en igualdad de condiciones, siempre será más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada con menos costos o inconvenientes

### **2.2.2. La distribución en nueva planta frente a la reordenación de una existente.**

El proyecto de implantación de una distribución en planta es un problema que no aparece únicamente en las plantas industriales de nueva creación. Durante el transcurso de la vida de una determinada planta, surgen cambios o desajustes que pueden hacer necesario desde reestructuraciones menores (reordenación de las actividades, cambios en los sistemas de mantenimiento, cambios en cualquier tipo de servicio auxiliar, hasta el traslado a una nueva instalación.

Un ejemplo del primer tipo sería la aparición de insatisfacción de la demanda o avances tecnológicos que pueden hacer necesaria la incorporación o sustitución de maquinaria en el proceso, lo cual da lugar a la generación de nuevas actividades o cambios en las áreas de trabajo de las actividades. Esto precisará de una nueva distribución de los diferentes elementos.

La necesidad de trasladar la actividad a una nueva planta se da cuando los problemas detectados son de una envergadura tal, que no pueden ser resueltos mediante modificaciones menores del actual sistema productivo.

Estos principios pueden servir de base para determinar los objetivos a cumplir durante la definición de la distribución en planta, y para medir el grado en que se ha logrado alcanzar dichos objetivos.

Los distintos tipos de problemas de distribución en planta pueden clasificarse en función de la causa que determina su necesidad. Moore y Apple realizan una enumeración de posibles causas (Armour & Buffa, 1963; Moore, 1971; Apple, 1991).

Apple (Apple, 1991) ofrece una recopilación de síntomas que pueden manifestar problemas que requieran de una reordenación o ajuste en la distribución en planta. Así, son síntomas significativos:

- Que el recorrido de los productos sea excesivamente retorcido o que existan retrocesos en la circulación de los materiales (tanto materias primas como productos en curso o productos terminados.)
- La existencia de pasillos retorcidos y distancias excesivas en los transportes.
- Que las primeras operaciones estén alejadas de los centros de recepción o que las operaciones finales estén alejadas de los centros de expedición.
- Que los puntos de almacenamiento estén dispersos o no definidos, con un excesivo material o trabajo en curso.
- Que el personal deba realizar excesivos desplazamientos y las actividades de producción representan el mínimo tiempo empleado por el operario.
- Que la distribución no permita adaptarse a las diversas condiciones de producción.

Muther (Muther, 1981) realiza una clasificación del problema de distribución en planta de acuerdo a su naturaleza planteando cuatro tipos fundamentales:

**Tipo 1:** Proyecto de una planta completamente nueva. Este caso se da fundamentalmente con la creación de la propia empresa, cuando ésta inicia la producción de un nuevo tipo de producto o cuando se expande trasladándose a un área nueva.

**Tipo 2:** Expansión o traslado a una planta ya existente. En este caso el proyectista debe afrontar el problema desde una perspectiva diferente; deberá adaptar una estructura organizativa, un

proceso y unos medios productivos ya existentes a las características de un edificio industrial y unos servicios ya determinados.

**Tipo 3:** Reordenación de una planta ya existente. El proyectista se enfrenta ahora a las mismas restricciones existentes ante la generación de la distribución original: forma del edificio, dimensiones e instalaciones. En este caso se tratará de utilizar al máximo los elementos ya existentes, compatibilizándolos con los nuevos medios y métodos a introducir.

**Tipo 4:** Ajustes menores en distribuciones ya existentes. El proyectista debe tratar de resolver el problema sin cambiar de manera significativa la distribución de conjunto, interrumpiendo sólo lo imprescindible el proceso y realizando los ajustes mínimos necesarios. Este tipo de problema se da fundamentalmente cuando varían las condiciones de operación debido a variaciones en el diseño de las piezas producidas, a reajustes del volumen de producción o a cambios en la maquinaria o en los equipos, que en general pueden implicar un reajuste de las áreas de trabajo requeridas, del personal o del emplazamiento de la maquinaria y sistemas de manutención.

La producción es el resultado de la acción combinada y coordinada de un conjunto de hombres que empleando maquinaria actúa sobre los materiales, modificando su forma, transformando sus características o combinándolos de diferentes maneras para convertirlos en un producto. El movimiento en los medios directos de producción es imprescindible para el desarrollo del proceso productivo. En algunos casos son los operarios los que se trasladarán a los puntos donde se realizan las diferentes operaciones; en otros casos es el material o incluso la maquinaria la que se desplaza. Considerando como criterio exclusivamente al tipo de movimiento de los medios directos de producción, existen tres tipos clásicos de distribución en planta (Schroeder, 1993):

1. Distribución por posición fija.
2. Distribución en cadena, en serie, en línea o por producto.
3. Distribución por proceso, por función o por secciones.

**La Distribución por posición fija** La distribución por posición fija se emplea fundamentalmente en proyectos de gran envergadura en los que el material permanece estático, mientras que tanto los operarios como la maquinaria y equipos se trasladan a los puntos de operación. El nombre, por

tanto, hace referencia al carácter estático del material.

Generalmente se trata de grandes productos de los que se fabrican pocas unidades de manera discontinua en el tiempo. Esta es la disposición habitualmente adoptada en los astilleros durante la fabricación d grandes barco, aviones, motores y grandes obras publicas.

En este tipo de distribución suele hacer necesariamente una minuciosa planificación de las actividades a desarrollar considerando la imposibilidad de movimiento del producto e proceso de fabricación y del tamaño de la maquinaria que suele ser empleada.

El hombre (ó mano de obra) puede encontrarse en éste tipo de distribución de dos maneras:

1. En posición fija (requiere poca ó ninguna especialización, pero necesita de gran habilidad, obreros muy calificados).
2. En posición dinámica (requiere menos habilidad, la que varía según el grado en que se divide el trabajo y se mueven los hombres).

### **Distribución por proceso, por funciones, por secciones o por talleres.**

Este tipo de distribución se escoge habitualmente cuando la producción se organiza por lotes. Ejemplo de esto serían la fabricación de muebles, la reparación de vehículos, la fabricación de hilados o los talleres de mantenimiento. En esta distribución las operaciones de un mismo proceso o tipo de proceso están agrupadas en una misma área junto con los operarios que las desempeñan. Esta agrupación da lugar a “talleres” en los que se realiza determinado tipo de operaciones sobre los materiales, que van recorriendo los diferentes talleres en función de la secuencia de operaciones necesaria. La secuencia requerida por cada tipo de producto fabricado suele ser diferente, por lo que un número elevado de productos distintos crea una gran diversidad de flujos de materiales entre talleres.

La distribución por proceso, frente a otros tipos de disposiciones, ofrece una gran flexibilidad en cuanto a tipo de productos, siendo su eficacia dependiente del tamaño de lote producido. Permite una gran especialización de los trabajadores en tareas determinadas y que un mismo operario pueda controlar varias máquinas de manera simultánea.

Se requiere gran flexibilidad en los sistemas de transportes de materiales entre áreas de producción para poder hacer frente a variaciones en la producción. En general, frente a la ventaja que supone la posibilidad de procesar muchos productos diferentes, esta distribución es poco eficiente en la realización de las operaciones y la manutención.

### **Distribución por producto, en cadena o en serie.**

Cuando toda la maquinaria y equipos necesarios para la fabricación de un determinado producto se agrupan en una misma zona, siguiendo la secuencia de las operaciones que deben realizarse sobre el material, se adopta una distribución por producto. El producto recorre la línea de producción de una estación a otra siendo sometido a las operaciones necesarias. Este tipo de distribución es la adecuada para la fabricación de grandes cantidades de productos muy normalizados.

Este sistema permite reducir tiempos de fabricación, minimizar el trabajo en curso y el manejo de materiales. Como contrapartidas se pueden citar la falta de flexibilidad, la gran inversión requerida, la poca tolerancia a fallos del sistema (la parada de una máquina puede parar toda la cadena) y la monotonía del trabajo para los operarios.

Si consideramos en exclusiva la secuencia de operaciones, la distribución es relativamente sencilla, limitándose solo a colocar cada operación tan cerca como sea posible de su predecesora. Las máquinas se sitúan unas junto a otras a lo largo de una línea en la secuencia en que cada una de ellas ha de ser utilizada; el producto sobre el que se trabaja recorre la línea de producción de una estación a otra a medida que sufre las operaciones necesarias. El flujo de trabajo en este tipo de distribución puede adoptar diversas formas dependiendo de cual se adapte mejor a cada situación completa; las más usuales aparecen en el esquema que se muestra en el Anexo J.

### **Células de trabajo o células de fabricación flexible**

Como ya se ha indicado las disposiciones por proceso destacan por su flexibilidad y las distribuciones por producto por su elevada eficiencia. Con la formación de células de trabajo se pretende combinar las características de ambos tipos de sistemas de fabricación, obteniendo una distribución flexible y eficiente.

Este sistema propone la creación de unidades productivas capaces de funcionar con cierta independencia denominadas células de fabricación flexibles. Dichas células son agrupaciones de máquinas y trabajadores que realizan una sucesión de operaciones sobre un determinado producto o grupo de productos. Las salidas de las células pueden ser productos finales o componentes que deben integrarse en el producto final o en otros componentes. En este último caso, las células pueden disponerse junto a la línea principal de ensamblaje, facilitando la inclusión del componente en el proceso en el momento y lugar oportunos. La distribución interna de células de fabricación puede realizarse a su vez por proceso, por producto o como mezcla de ambas, aunque lo más frecuente es la distribución por producto.

La introducción de las células de fabricación flexibles redundan en la disminución del inventario, la menor necesidad de espacio en planta, unos menores costes directos de producción, una mayor utilización de los equipos y participación de los empleados, y en algunos casos, un aumento de la calidad. Como contrapartida se requiere un gran desembolso en equipos que sólo es justificable a partir de determinados volúmenes de producción.

Las células de fabricación flexible son los elementos básicos de los Sistemas de Fabricación Flexibles, a los que se les puede otorgar la categoría de tipo de distribución en planta (Distribución de Sistemas de Fabricación Flexibles)(Tompkins, 1996).

## **2.3. Métodos para determinar la Distribución en planta**

La bibliografía actualizada reconoce diversos métodos para determinar una distribución en planta o layout. Entre estos, los más utilizados son los siguientes:

- Método S.L.P. (*Systematic Layout Planning*).
- Modelo lineal de ordenamiento (Método Húngaro).
- Método Triangular.
- Método de los Momentos de Carga.
- Método relacional basado en modelos topológicos.
- Método de los eslabones.

A continuación se comentarán dos de los métodos más conocidos que pueden consultarse (Gómez, Diéguez, Negrín, & Pérez, 2007; Diego, 2006).

### **2.3.1. Método S.L.P. (*Systematic Layout Planning*).**

Cuando la distribución en planta deba realizarse teniendo en cuenta factores cualitativos, la técnica comúnmente aplicada es la desarrollada por Muther y Wheeler denominada S.L.P. (*Systematic Layout Planning*). En ella las prioridades de cercanía entre departamentos se asimilan a un código de letras, siguiendo una escala que decrece con el orden de las cinco vocales: A (absolutamente necesaria), E (especialmente importante), I (importante), O (importancia ordinaria) y U (no importante); la indeseabilidad se representa por la letra X. Dichas especificaciones se

recogen en un cuadro o gráfico de interrelaciones que muestra además las razones que motivan el grado de preferencia expresado. El proceso continuará dibujando una serie de recuadros que representan a los departamentos en el mismo orden en que aparecen en el cuadro de interrelaciones, los cuales serán unidos por arcos cuya representación gráfica muestra las prioridades de cercanía que los relacionan. A continuación este diagrama se va ajustando por prueba y error, comenzando por situar los departamentos relacionados con arcos A juntos entre sí y los relacionados con arcos X lo más alejados posible. Cuando esto se ha conseguido, se intentará unir cuanto se pueda los departamentos relacionados con arcos E, después los relacionados con arcos I y finalmente los relacionados con arcos O, hasta que se llegue a obtener una distribución satisfactoria. Una vez obtenida la disposición relativa, se procederá a dar forma a la misma considerando las superficies y restricciones de espacio con que cuenta cada departamento.

Este método se aplica cuando las máquinas no poseen relaciones entre ellas y solo se relacionan con elementos limítrofes de otros sistemas parciales relacionados con este. La función objetivo es minimizar los gastos de transporte total ( $Qt$ ).

Pasos.

1. Seleccionar las posibles alternativas de localización de los puestos de trabajo.
2. Formar la matriz de gastos de transporte ( $Q$ ).

$$Q = I \cdot d, \quad (2.3.1)$$

donde:

$I$ : matriz intensidad de transporte del sistema.

$S$ : matriz de las distancias

3. Transformación sucesiva de la matriz  $Q$  hasta el paso en que en cada fila y columna de la matriz transformada exista al menos un elemento nulo.
4. Selección, en primer término de aquellos elementos nulos en la matriz transformada que en cada fila y columna posibilitan un ordenamiento único.

Proceso para lograr la transformación:

1. Restar de la matriz  $Q$  un vector columna formado por el menor valor de cada fila
2. Restar de la matriz resultante un vector fila formado por el menor valor de cada columna.

3. Buscar si existe solución óptima (una ubicación para cada instalación).

Si no existe realizar el proceso iterativo siguiente:

1. Seleccionar los elementos nulos en aquellas filas de Q transformada que poseen uno solo y tachar los restantes en la columna correspondiente al elemento nulo seleccionado.
2. Seleccionar los elementos nulos en aquellas columnas que poseen uno solo y tachar los restantes no tachados en la fila correspondiente al elemento nulo seleccionado.
3. Marcar las filas que no tienen asignación, o sea, elementos nulos seleccionados.
4. Marcar todas las columnas que tengan elementos nulos, incluso tachados, en la fila marcada.
5. Marcar todas las filas que tengan asignaciones, o sea, elementos nulos seleccionados en las columnas marcadas.
6. Trazar una línea vertical por las columnas marcadas y una horizontal por las filas no marcadas.
7. Examinar todos los elementos de la matriz no cubierto por las líneas anteriores y seleccionar el menor de ellos.
8. Restar este valor a los elementos no cubiertos por las líneas verticales y horizontales de la matriz y sumarlo a los elementos de dicha matriz comprendidos en las intersecciones de estas líneas para obtener una matriz transformada.
9. Examinar la matriz y analizar si cumple con la solución óptima. (Si no cumple se repite el proceso).
10. Determinar los gastos de transporte inherentes a la solución.

### **2.3.2. Modelos topológicos**

Los modelos topológicos no proporcionan una definición exacta de la distribución de las actividades sino, más bien, una estructura topológica (generalmente representada mediante un diagrama) que considere las relaciones de las actividades. El diagrama topológico de actividades representara una disposición aproximada de las misma, de manera que se logre evitar los cruzamientos entre ellas, hacer adyacentes aquellas que con mas intensidad se relacionan, separar

aquellas que lo requieran y, en definitiva, hacer cumplir los principios de la distribución en planta (Fig. 2.1). En ningún caso se considera el área o la forma de la superficie requerida por las actividades. El paradigma del modelo topológico se da en las técnicas basadas en la Teoría de Grafos.

La primera aplicación sistemática de la teoría de grafos al problema de la distribución en

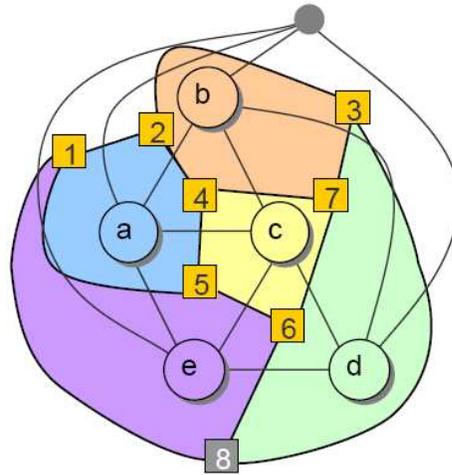


Figura 2.1: Diagrama topológico de actividades

planta la realizan Seppanen y Moore en 1970 (Seppanen & Moore, 1970) (se realizaron algunas aproximaciones previas en (Buffa, 1955). Para conocer mas profundamente los fundamentos del procedimiento y una revisión de los métodos que lo aplican puede consultarse Hassan (2007). En general, estos procedimientos no logran asegurar que los departamentos con relaciones mas intensas permanezcan adyacentes (Hassan, 2007), y las formas de las actividades obtenidas suelen ser irregulares de baja calidad geométrica.

En la aplicación de la teoría de grafos a la resolución del problema de distribución en planta pueden distinguirse tres etapas:

**Primera etapa:** El diagrama relacional de recorridos y/o actividades (Muther, 1968) generado mediante la tabla relacional de actividades, se transforma en un grafo planar ponderado maximal. Se dice que un grafo es *ponderado* si a sus aristas se les asocian valores (pesos) que pueden ser empleados como representación de la magnitudes (por ejemplo costo o beneficio). Se dice que un grafo es *planar* si es posible representarlo bidimensionalmente de manera que sus aristas se intercepten solo en los vértices. Se dice que un grafo planar es *planar maximal* si deja de serlo en

caso de que se le añada una arista de mas. Con todo esto, un grafo planar maximal ponderado es un grafo planar maximal cuyas aristas tienen los mayores pesos asociados posibles.

En esta primera etapa se considera a las actividades carentes de área, primando en el estudio las relaciones entre actividades sobre la geometría y área de las mismas. Los nodos de grafo representan las actividades, las aristas con sus pesos asociados las intensidades relacionales entre actividades. Dado que para formar un grafo planar el número de aristas que unen los nodos es limitado.

La condición de planaridad enuncia el número máximo de aristas de un grafo de  $n$  vértices es  $3n - 6$ , agregando que la **Fórmula de Euler** exige que: *Si  $G$  es un grafo plano, conexo, con  $n$  vértices,  $e$  aristas y que descomponen al plano en  $f$  regiones (o caras), entonces se cumple que  $n - e + f = 2$ .* En la Fig. 2.2 se representa un diagrama relacional de 5 actividades. El número máximo de aristas que podría tener el grafo planar de 5 vértices es  $9 (3 \cdot 5 - 6)$  en la construcción de grafo planar se ha añadido un vértice que representa el exterior de la planta y se ha unido con los vértices exteriores de grafo.

Para el apoyo a la generación del grafo planar ponderado maximal existen métodos que es posible clasificar en dos grupos: los que verifican la condición de planaridad tras la adición de una nueva arista, y los que evitan tener que realizar la verificación mediante una serie de premisas en el método constructivo empleado. Dentro del primer grupo destacan: el algoritmo presentado en (Carrie, 1973) que emplea un árbol de expansión maximal, o el de Foulds (Foulds & Griffin, 1985) que hace uso de algoritmos de tipo “Branch and bound”. Dentro del segundo tipo en (Moore, 1971) se emplea una representación del grafo mediante una cadena de símbolos, en (Foulds & Griffin, 1985) se propone un método constructivo basado en la creación progresiva de caras triangulares, en (Glover, Kochenberger, & Alidaee, 1998) se desarrolla un tipo de algoritmo de tipo heurístico y una representación matricial del grafo. Destacables también son los algoritmos GASOL [Hammouche et al., 85] y TESSA [Boswell, 92] citados en Diego (2006).

**Segunda etapa:** A partir del grafo planar ponderado maximal se construye el grafo dual El procedimiento consiste en colocar un vértice en cada cara del grafo planar y conectar con una arista los diferentes pares de vértices cuyas caras tienen arista común. De esta manera se obtiene un nuevo grafo llamado grafo dual del original. Considerando ambos grafos de manera conjunta se aprecia que en cada vértice del grafo original (actividad) queda rodeado por las aristas del grafo dual, intuyéndose ya un posible layout (sin el control formal de ningún tipo). En la Fig. 2.3 puede

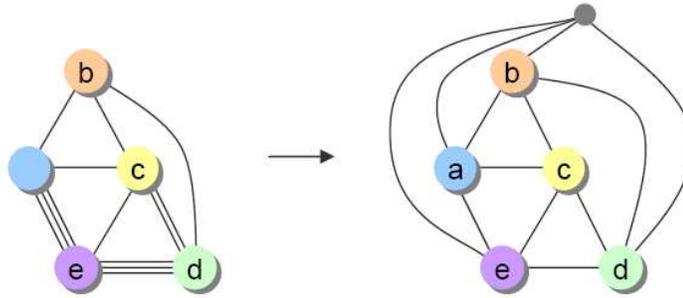


Figura 2.2: Construcción de un grafo planar ponderado maximal a partir de un diagrama relacional

apreciarse que e ha introducido un vértice ficticio exterior en el grafo dual (el 8) necesario para que todas las actividades del grafo queden inscritas entre las aristas del grafo dual.

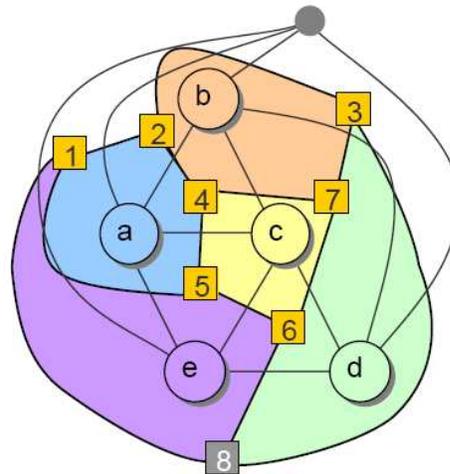


Figura 2.3: Construcción de un grafo dual e introduciendo una actividad exterior ficticia

**Tercera etapa:** En esta última etapa se considera por fin los aspectos geométricos del problema (area y forma). A partir del grafo dual se debe obtener una distribución representada por un diagrama de bloques p layout de bloques. Este proceso no es sistemático, necesitando de continuos ajustes de las diferentes soluciones que es posible obtener del mismo grafo dual (Fig. 2.4). los algoritmos desarrollados para esta etapa son menos abundantes que los dirigidos a general el gráfico planar ponderado maximal, y entre ellos cabe destacar los propuestos por (Hassan, 2007) que emplean algoritmos constructivos similares a los clásicos ALDEP o CORELAP.

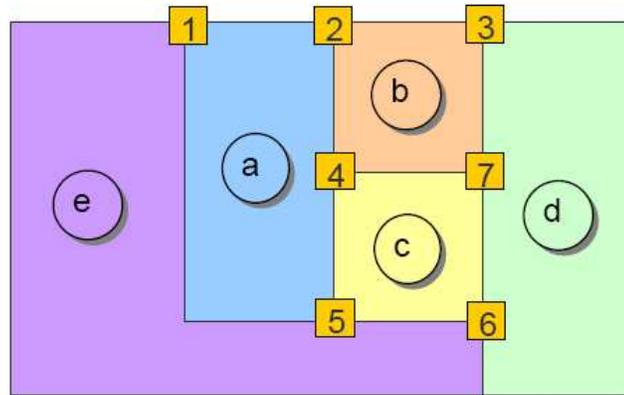


Figura 2.4: Transformación de un grafo dual en un layout de bloques

### 2.3.3. Requerimientos de Espacio

La distribución es básicamente un ordenamiento del espacio, los cálculos de las áreas individuales de los elementos deben ser la base de las dimensiones en conjunto. Las necesidades de espacio parten del número y tipo de máquinas requeridas, del área para el material de espera, del área para los servicios requeridos por el producto y cualquier otra necesidad especial de espacios. Existen expresiones para calcular los requerimientos de espacio y es el llamado método de cálculo de superficie de P.F Guerchet, que proporciona el espacio total requerido en base a la suma de tres superficies parciales, que son la superficie estática ( $S_s$ ), la gravitacional ( $S_g$ ) y la evolutiva ( $S_e$ )(Cabanillas, 2004).

La superficie estática ( $S_s$ ) representa el área física que ocupa un equipo o puesto de trabajo.

$$S_s = l \cdot a. \quad (2.3.2)$$

$l$  y  $a$ , representan el largo y el ancho del puesto de trabajo.

Lo siguiente es calcular la superficie gravitacional ( $S_g$ ) que representa el área que necesita un trabajador para el desempeño de su labor, calculándose de la de la siguiente manera:

$$S_g = S_s \cdot N. \quad (2.3.3)$$

Donde  $N$  es el número de lados operables de los equipos.

Por último, la superficie evolutiva ( $S_e$ ), que representa el área necesaria para circulación, se calcula así:

$$S_e = K(S_s + S_g). \quad (2.3.4)$$

Donde  $K$  es un coeficiente único para toda la planta, que está dado por la razón entre la altura media de los hombres u objetos desplazados sobre el doble de la cota media de máquinas o muebles. La superficie total será por tanto la suma de las superficies parciales de cada una de las máquinas o muebles del área.

## **2.4. Conclusiones parciales**

1. El procedimiento estudiado permite enfocarse a una gestión por procesos, desde el diagnóstico inicial de la situación actual, vinculando a los actores del mismo en el análisis y presentando las herramientas necesarias para la determinación de los problemas existente, sus causas, así como establecer posibles puntos mejora.
2. La teoría de Grafo propone métodos bajo un enfoque cuantitativo para obtener una distribución espacial óptima cumpliendo con los principios enunciados.

## Capítulo 3

# Análisis del proceso de producción en el taller de ventanas. MICALUM

El presente capítulo tiene como objetivo aplicar el procedimiento analizado en el epígrafe 2.1, en sus etapas I y II, estrechamente vinculado a la metodología de solución de problemas descrita en el Anexo A.

### 3.1. Etapa I: Caracterización del proceso

La Empresa de Tecnologías Avanzadas de la Construcción, en forma abreviada MICALUM, es creada por la Resolución Ministerial No. 223/2001 tiene como Objeto Empresarial lo descrito en la Resolución No. 111/2002 del Ministerio de Economía y Planificación Sus productos y servicios poseen licencias comerciales y operativas en ambas monedas. Desarrolla su actividad en los acabados y terminaciones de las construcciones.

Por su calidad, seriedad y profesionalidad se ha logrado mantener con obras y productos en todo el territorio nacional, ocupando un liderazgo en los sectores de mercados del turismo, las inmobiliarias, centros comerciales, aeropuertos, obras sociales y del sector de la salud, industrias y sector residencial diplomático.

Ha mantenido un crecimiento sostenido por encima de un 20 % anual, alcanzando en el año 2003 el mayor valor en ventas desde su creación ascendiendo a 11 331 200 CUC. En MICALUM la integración estratégica del Liderazgo, la Tecnología y las Finanzas como elementos esenciales para alcanzar un alto desempeño de la organización en términos de eficiencia, calidad y valores compartidos han permitido el desarrollo integral, armónico y sostenido de la misma, manifestándose de las siguientes maneras: **LIDERAZGO, CAPITAL HUMANO Y VALORES**

Estos esfuerzos se materializan en los Premios obtenidos por la organización desde sus inicios:

- Premio de Diseño otorgado en la XV Feria Internacional de la Habana.
- Medalla de Oro a la Calidad Ferias Internacionales de la Habana años 97, 98 y 99.
- Premio Anual de Calidad otorgado por Delegación Territorial MICONS 1997.
- Premio a la mejor tecnología otorgado en la I Feria Internacional de la construcción FECONS 98.
- Premio mención al Stand presentado en la XVII Feria Internacional de La Habana.
- Premio a la Calidad en la Feria Internacional de la Construcción FECONS años 98, 99 y 2000.
- Premio “Estrella de Oro Internacional a la Calidad” concedido por la Business Initiative Directions B.I.D., París, Francia en 1998.
- Premio “America Quality Summit” a la Calidad y Excelencia en la categoría Platino, otorgado por la Business Initiative Directions B.I.D. New York, en Julio del 2000.
- Premio Nacional de Calidad de la República de Cuba, Edición 2000.
- Mención a la Calidad del Servicio en la Feria Internacional de Habana 2001.
- Premio Diseño Stand Modular FIMAR 2001.
- Mención Sistemas Constructivos FECONS 2002.
- Mención Stand Diseño Libre FECONS 2003.
- Trofeo de Oro de la Construcción (New Millenium Award) Trade Leaders Club España.

Respecto al Liderazgo, MICALUM es considerado el mayor productor de carpintería de aluminio del Ministerio de la Construcción, el primer productor de Láminas Metálicas para cubiertas y paredes con sistema MIC- SSR-18 en el país y el mayor productor de Muebles de oficina y domésticos del Ministerio de la Construcción.

### 3.1.1. Caracterización General

En su actividad técnica económica y productiva se rige por la legislación vigente y las disposiciones especiales de los organismos superiores así como por las órdenes, directivas, reglamentos e indicaciones del ministro de la construcción.

El objeto empresarial fue modificado por resolución No 219 del 2006 el cual quedo de la manera siguiente.

1. Producir, trasportar, montar, y comercializar, de forma mayorista carpintería de aluminio y PVC, exhibidores, vitrinas, estantería, muebles de oficina y habitaciones, estructura metálicas, teja de techos, techos y falsos techo, paredes, así como ofrecer servicios asociados de reparación y mantenimiento en moneda nacional y pesos convertibles.
2. Brinda servicios de ensamblaje y montaje, y efectuar la comercialización de luminarias como complemento del falso techo; prestar servicios de cortes, elaboración y efectúa la comercialización mayorista de desechos metálicos proveniente del proceso productivo.
3. Brinda servicio de reparación mecánico y eléctrico a la carpintería metálica, de pailería, de soldadura, de maquinado, de alquiler de locales, de transportación de cargas, de asistencia técnica, consultaría en carpintería de aluminio así como desarrollo científico técnico y de ejecución de proyectos I+D e innovación tecnológica en las actividades de de producciones metálicas.
4. Brinda servicio de alimentación a sus trabajadores, previa autorización del grupo empresarial de la construcción, en moneda nacional.

En cuanto a su caracterización jerárquica o estructura organizativa, la empresa se encuentra organizada matricialmente de forma tal que permite Dirigir y controlar el trabajo de las diferentes Direcciones y Unidades Empresariales de Base, así como un seguimiento de su misión y proyección directa hacia su visión. Directamente con la producción se encuentra tres divisiones con sus correspondientes talleres equipado con tecnología necesaria para las producciones seriadas y variadas. La comercializadora habana da la gestión de venta necesaria para la marcha coherente de la misma. La estructura organizativa actual hasta el 2007 se encuentra en el Anexo B.

Esta estructura responde a su **misión empresarial**.

“La razón de ser de MICALUM es satisfacer constantemente y con oportunidad las necesidades de

nuestros clientes, ofreciendo productos y servicios para la terminación y acabado de construcciones, que presenten la mejor opción en servicio, calidad y precio.”

Su **visión** es mantener el liderazgo en el mercado nacional en producción y comercialización de productos de aluminio, madera y metales, así como en sus servicios y producciones afines. El alto nivel de implicación y comprometimiento de su personal, garantizarán estar en constante renovación hacia la EXCELENCIA.

Respecto al mercado que ocupa, dentro del territorio nacional, se puede destacar, entre las empresas de proyectos y distribuidoras, CUBALSE, CIMEX, ETECSA, TRD, COPECTEL, SIME, ECASA. Además de varios organismos estatales con decisiones de compra autorizada, como MINSAP, MITRANS, MINAL. Completa la relación los grupos hoteleros, MINTUR con sus correspondientes cadenas.

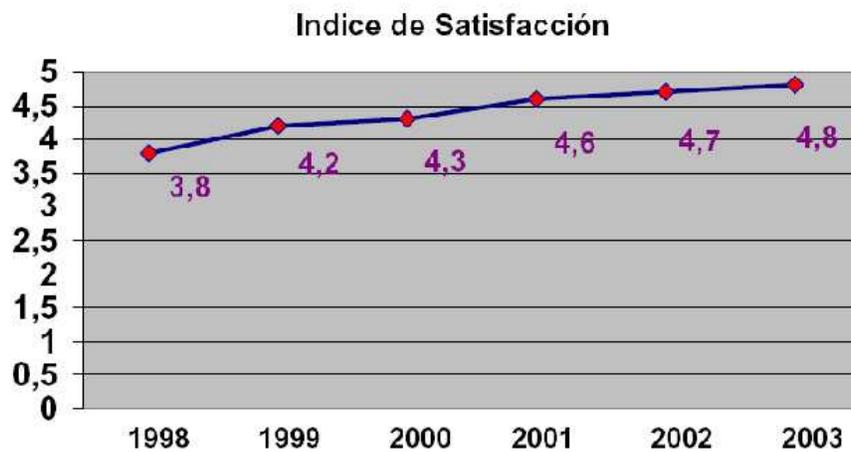


Figura 3.1: Índice de satisfacción al cliente realizado

En la estrategia de la empresa se encuentra contemplado el seguimiento a los competidores potenciales como son PLASTIMEC, EMPRESTUR, ALUMINIOS HOLGUIN, TECNOCARIBE Y MECAL, a los cuales lidera en cuanto a ocupación de segmento del mercado.

En estudios previos realizados sobre este aspecto denotan el crecimiento de los niveles de ventas. (López, Aguila, & Sacerio, 2005)(Vea la Fig. 3.2)

La entidad posee importantes contratos de cooperación y suministro con empresas productora europea y mexicana dentro de la que se destacan DIMAN (España), KNAUF (Alemania) y AFA

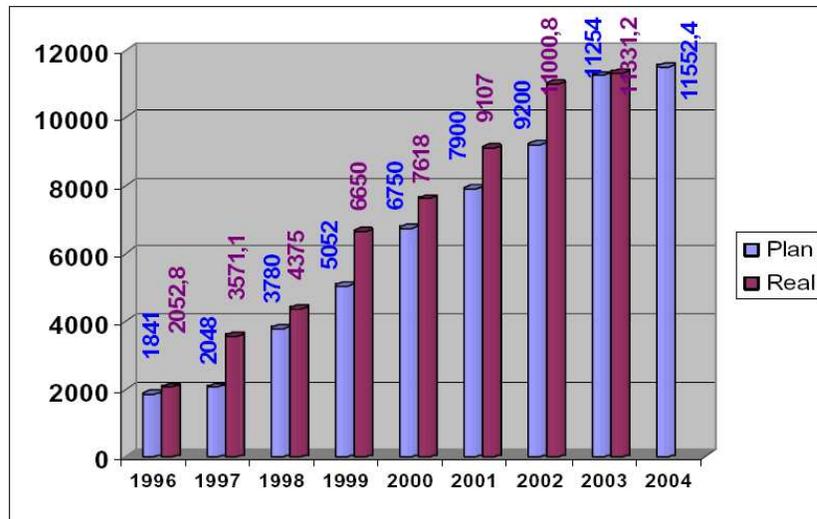


Figura 3.2: Comportamiento histórico de las ventas en MP hasta el 2004

EXIN (Mérida Yucatán).

### 3.1.2. Descripción del Taller de ventanas

La empresa de tecnología de avanzada en la construcción, es una entidad eminentemente productora esta formada fundamentalmente por 3 procesos claves y 3 unidades de apoyo mostrados, en el Anexo C, las cuales son parte esencial en la producción.

La división aluminio esta formada por dos talleres y una brigada de montaje, ver Anexo D, el taller de carpintería de aluminio es el encargado de la producción de toda la producción en moneda libremente convertible, así como puertas y paños fijo en moneda nacional en cuanto al taller de ventana su producción es fundamentalmente en moneda nacional.

Este trabajo se realizo en el taller de ventana cuya producción responde a la demanda generada por las obras sociales de la Batalla de Ideas; tarea de máxima prioridad por la dirección de la Empresa ante los órganos del estado y el PCC. La Dirección de Recursos Humanos no contaba con estudios del trabajo recientes, y se realiza a solicitud de esta entidad una investigación como parte del proyecto de curso de un grupo de estudiantes de cuarto año de Ingeniería Industrial, antecedente directo de este trabajo.

El taller es completamente techado y sus dimensiones son 31.5 metros de largo y 9.3 metros de ancho, cuenta con una aceptable iluminación y ventiladores de techos que mantienen un temperatura agradable. Su equipamiento instalado es, en su mayoría, obsoleto y de muchos años de

Tabla 3.1: Plantilla del Taller de producción de ventanas

Taller de Ventanas			
Jefe de División	D	XVI	1
Jefe de Taller de Producciones Varias	D	XIV	1
Jefe de Montaje	D	XV	1
Especialista C en Gestión Comercial	T	X	1
Operario Especializado	O	VII	4
Ayudante	O	II	15
Total			24

Fuente: Departamento de Recursos Humanos de la empresa MICALUM

explotación. En el taller tiene una línea de producción para un solo tipo de ventana (de aluminio de tablilla dura) pero posee tecnología que actualmente no se utilizan.

Para analizar las características fundamentales del Proceso de Producción de ventanas de la organización se utilizó el diagrama SIPOC, el cual puede verse en el Anexo E.

La disposición de los puestos de trabajos responde a la antigua línea de producción que fabricaba otras variedades de ventanas. Esta distribución se muestra en el Anexo F. Durante la producción se realizan traslados innecesarios debido a la lejanía entre los puestos de trabajos, el área para almacenaje de producción terminada no se encuentra predeterminada y se ubican en espacios improvisados interrumpiendo en ocasiones el flujo productivo y elevando los riesgos de un accidente laboral.

En el taller no se cumple con estos requisitos, pues no hay áreas marcadas según los límites de seguridad. En ocasiones se traslada partes o materiales por encima de otros puestos de trabajo y se almacenan las ventanas terminadas en cualquier espacio aprovechable al carecer de un área para tales propósitos.

Para afrontar la producción se cuenta con una plantilla de 24 trabajadores; tres directivos, un técnico y el resto, obreros directos a la línea de producción. La Tabla 3.1.2 desglosa la plantilla según su categoría ocupacional. Los cuales cuentan con una un nivel de preparación y compromiso con la tarea que ejecutan ya que son conscientes de la importancia rigor de la misma.

## 3.2. Etapa II: Evaluación del proceso

### 3.2.1. Análisis de la situación

La orden de producción es la herramienta que necesita el jefe de taller porque en ella se encuentran todo lo necesario para la ejecución de las ventanas (ejemplo: tipo y cantidad de perfiles, tablillas, balancines y especificaciones necesarias). Con la orden se extrae la materia prima necesaria y se almacena en la entrada del taller. Las ventanas de aluminio de tablilla dura están formadas de los siguientes componentes.

<b>PERFILES:</b>	1.- Cabezales, superior y inferior (Es el componente más largo) 2.- Laterales izquierdos y derechos.
------------------	---

#### **TABLILLAS**

**BALANCINES** (Es la lámina que sostiene las tablillas en su unión)

Cada variedad de perfil tiene su numeración para la utilización correcta de los mismos. Los perfiles junto a los balancines son llevados a la trozadora para ser cortados a la medida prefijada, de los cuales se derivan.

Los **BALANCINES**: Son llevados a la perforadora y luego a la mesa de pre-ensamble.

Los **LATERALES DERECHOS**: Son trasladados hacia la fresadora para realizar el orificio necesario para la colocación del manipulador. Cuando se termina la operación son trasladados de forma manual a la mesa de marcado.

Los **LATERALES IZQUIERDOS Y CABEZALES**: Son trasladados hacia la mesa de marcado de forma manual, sin poder utilizar ningún medio auxiliar de transporte por estar prácticamente siempre congestionado el taller de producción terminada y durante el mismo el operario recorre una distancia aproximada de cuarenta metros por ventana ya que el operario solo puede cargar en sus manos los laterales necesarios para la fabricación de una ventana (ocho laterales)

**MESA DE MARCADO**: Con la ayuda de vitolas y cinta métrica se marcan todos los orificios necesarios, luego laterales (izquierda y derecha) y cabezales so enviados hacia el taladro.

**TALADRO VERTICAL**: Se perforan todos los orificios y se envían a la mesa de pre-ensamble. Las tablillas siguen un recorrido distinto, del área de almacenaje se seleccionan y organizan ubicando las venas de la tablilla en posición que coincidan con el troquel.

**PRENZA CON TROQUEL**: (perfora y corta la tablilla a la medida) Los operarios transportan el

paquete de tablillas hacía la maquina pero tienen que pasar el paquete de tablillas por encima de la mesa de ensamble y luego las colocan en la canal para su mejor manejo durante la operación. El ayudante del operario organiza y coloca las tablillas para facilitar el trabajo del operario de la otra prensa.

**PRENSA CON TROQUEL:** (dobla las puntas de las tablillas) el operario organiza y transporta de forma manual las tablillas hacia la mesa de pre-ensamble la cual queda a diez metros de la prensa.

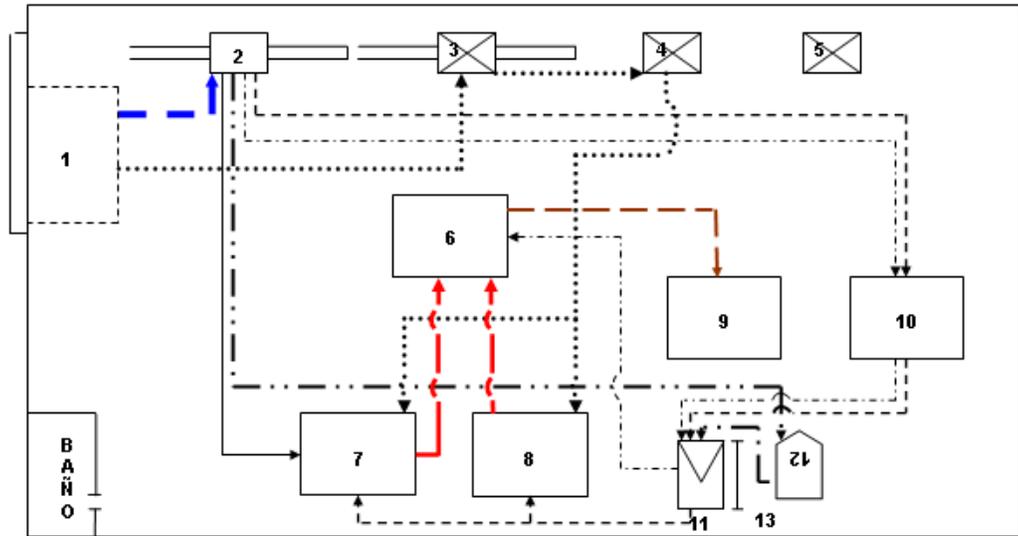
**MESA DE PRE-ENSAMBLE:** En la mesa se encuentran dos operarios uno es el encargado de unir o pre-ensamblar las tablillas con los correspondientes balancines utilizando remaches para dicha unión esto se le conoce como paños. El otro fija los paños a los laterales uno izquierdo y el otro derecho Al culminar se estiban en estibas de a cuatro para la utilización de los mismos en el ensamble de las ventanas.

**ENSAMBLE DE VENTANAS:** se unen todos los paños y se colocan los cabezales (el de arriba y el de abajo) el manipulador se le coloca en el área de almacenaje por otro operario, en ocasiones se auxilia de una mesa ubicada al efecto. Durante el proceso productivo se los transportes internos se realizan de forma manual y se organizan de forma que: el operario transporta la operación que realiza al puesto de trabajo siguiente y así ocurre durante todo el proceso.

Para una mejor comprensión del proceso se elabora el diagrama de flujo que se muestra en el Anexo G.

En el mismo se puede apreciar el gran número de transportes que se realiza entre los puestos.

Una técnica de representación de los flujos sobre la distribución en planta es el diagrama de recorridos, (ver Fig. 3.3).



**Perfiles.** ————  
**Laterales derechos.** — · — · —  
**Laterales izquierdos.** — · · — · · —  
**Cabezales.** — · · · — · · · —  
**Balancines.** —————  
**Tablillas.** · · · · ·  
**Paños preensamblados.** ————  
**Ensamblaje.** ————

Figura 3.3: Diagrama de recorridos

El proceso de producción de ventanas es bastante simple en sus operaciones, sin embargo, su complejidad se incrementa al introducirse transportes innecesarios hacia puestos distantes de la operación sucesiva; en este se puede apreciar que se entrecruzan y ocurren retrocesos. Las distancias más significativas entre algunos puestos se muestran en la Tabla 3.2.1.

Este aspecto no cumple lo establecido por el subsistema #4 de las bases del Perfeccionamiento Empresarial.

Al estudiar detenidamente los artículos antes mencionados se verifica el incumplimiento de algunos de ellos, los que han sido objeto de señalamiento en inspecciones realizadas en la revisión al expediente de Perfeccionamiento empresarial de la entidad.

La identificación de las posibles fuentes de problemas caracterizando las causas raíces de inestabilidad se hace mediante el empleo del Análisis de los Modos de Fallo y sus Efectos (FMEA:

Tabla 3.2: Distancia entre los puestos de trabajo

TRANSPORTES		DISTANCIA A RECORRER
Desde	Hasta	Ir y regresar (m)
TROZADORA (2)	M. DE MARCARDO(10)	38
TROZADORA (2)	FREZADORA (12)	19
TROZADORA (2)	PERFO.DE VALAN(8)	16
FREZADORA (12)	M. DE MARCARDO(10)	8
M. DE MARCARDO(10)	TALADRO(11)	10
AREA DE ALMACEN(1)	PRENZA (3)	25
PRENZA (4)	M. DE PRENSAMBL(7,8)	14

Fuente: Elaboración propia

Failure Modes and Effects Analysis).

Es una herramienta que sirve para reconocer y evaluar los fallos potenciales de un producto / proceso y sus efectos. Consiste en la identificación de las acciones que podría eliminar o reducir la posibilidad de ocurrencia del fallo potencial y documentar el proceso. El FMEA juega un papel fundamental en la identificación de los fallos antes de que ocurran, posibilitando con ello la ejecución de acciones preventivas.

Se procede entonces a la caracterización de cada una de las fases que tienen lugar en este proceso. La fase de identificación se lleva a cabo por una comisión representada por el jefe de división, Jefes de áreas y trabajadores con experiencia, donde se identifican los fallos que influyen en el proceso de producción, luego se realiza un plan de medidas. La fase de evaluación se realiza a partir de analizar en la comisión cual es el nivel de los fallos del proceso desde el punto de vista cualitativo, no se utiliza ningún método donde se analicen variables tales como probabilidad y consecuencias, de lo cual se concluye que en la organización objeto de estudio el proceso de producción de ventanas adolece de técnicas objetivas para la gestión de la temática.

A partir de estas se analiza los fallos potenciales del proceso, sus *efectos* y las *causas* que los pueden provocar con vistas a proponer medidas que evitaren la ocurrencia de dichos fallos y para definir las oportunidades de mejora.

En el Anexo H se muestra el FMEA aplicado sobre el proceso de producción de ventanas, y se utilizan tablas de resultados de fallas potenciales en un diagrama de Pareto que aparece en la Fig.3.4 en el cual se puede observar que son 6 las causas que generan al 77 % de los problemas, si se pretende reducir eficientemente todas los posibles fallos relacionados con la producción es necesario enfocarse en la eliminación de estas causas que la provocan.

Este gráfico proporciona objetivamente las causas a atacar en el proceso de mejora.

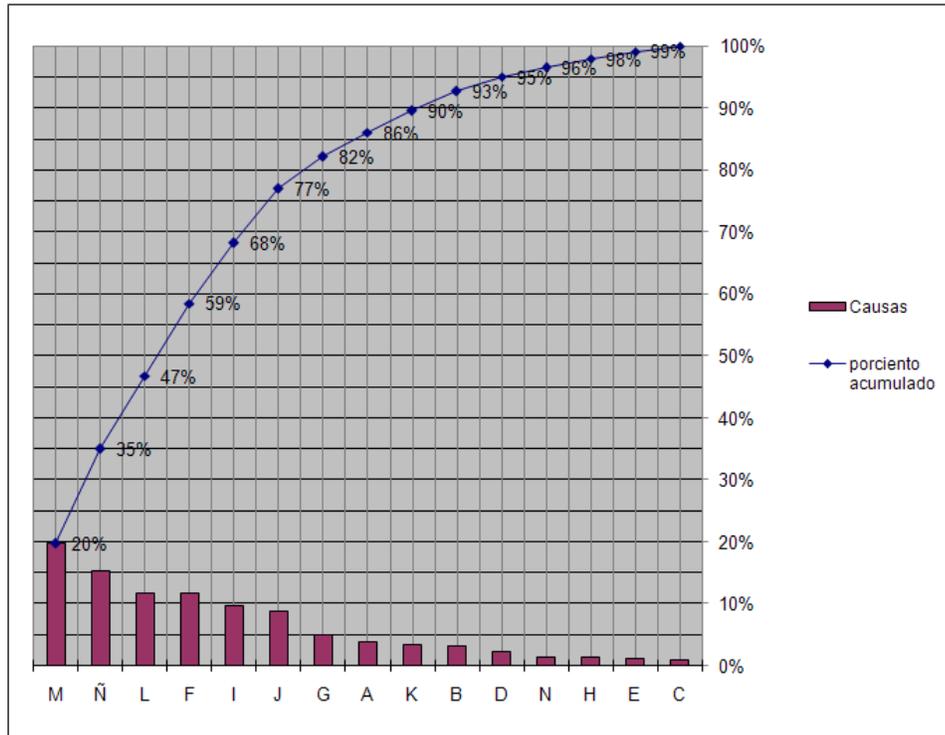


Figura 3.4: Diagrama de Pareto

**Causa M** No existencia de el remache adecuado para la confección de paños

**Causa J** Obsolescencia del troquel (Proveedor externo ubicado en Italia)

**Causa Ñ** No existencia de un área predeterminada para almacenaje

**Causa L** (Falta de tablillas) El suministro de esta es responsabilidad del operario del troquel donde se doblan las mismas. Este operario en la realización de su operación descuida el transporte de la tablilla y por realizarse manual solo puede transportar por viaje 15 unidades. El acercamiento de este puesto nos permitirá un mejor seguimiento por parte del operario para evitar estas demoras.

**Causa F** Inadecuada distribución en planta)

**Causa I** Lejanía de la materia prima respecto a la prensa

Puesto	1	2	3	4	6	7,8	9	10	11	12	13
1	0	3,5	12,5	0	0	0	0	0	0	0	0
2		0	0	0	0	7	0	19	0	12,5	0
3			0	6,5	0	0	0	0	0	0	0
4				0	0	11	0	0	0	0	0
6					0	4	3,5	0	4,5	0	n/s
7,8						0	0	0	3	0	0
9							0	0	0	0	n/s
10								0	5	0	0
11									0	12	0
12										0	0
13											0

Tabla 3.3: Matriz de Relación-distancia de las actividades

Aquí surge como un nuevo elemento, la causa F resaltada sobre la distribución en planta está estrechamente vinculada con la causa I sobre la distancia y el suministro dado en la causa L, tema que reaparece aquí pero que fue previamente visto en el análisis de recorrido del flujo en el proceso. De forma que si se elimina esta causa, puede reducirse el efecto del fallo de ella y las causas relacionadas.

### 3.3. Análisis de la Solución

De todo el análisis anterior puede concluirse que la distribución actual del proceso de producción en el taller de ventana viola los principios para una adecuada distribución espacial, no está en concordancia con las bases del perfeccionamiento empresarial y las normas de seguridad, vigentes en el país y representa junto a otras 5 causas raíces, fuente de fallos del proceso; donde existen vínculos entre algunas de ellas, por ejemplo: **la causa Ñ, L e I**.

El rediseño de esta distribución se presenta como la herramienta de solución, de acuerdo a los principios enunciados en el epígrafe 2.2.1 y a través de la Teoría de Grafos.

Para la solución se construye la matriz de relaciones de las actividades del proceso a partir del diagrama de recorridos y se multiplica por la distancia entre los puestos para obtener la matriz de distancias, no se puede olvidar que la idea es crear una distribución que minimice la distancia entre los puestos que están relacionados. El método topológico exige la construcción de un *grafo planar ponderado maximal*, para este caso se ponderará con las distancias entre los puestos o actividades. Se construye el grafo planar, o sea, si no se cruza ninguna de las aristas; de esta manera, se garantiza

cumplir con el principio de la circulación o flujo material como se puede apreciar en la Fig. 3.5 con una consideración: como la operación que se realiza en los puestos 7 y 8 es la misma se representa como un grupo tecnológico. El número de vértices es  $n = 11$ , y existen 14 aristas.

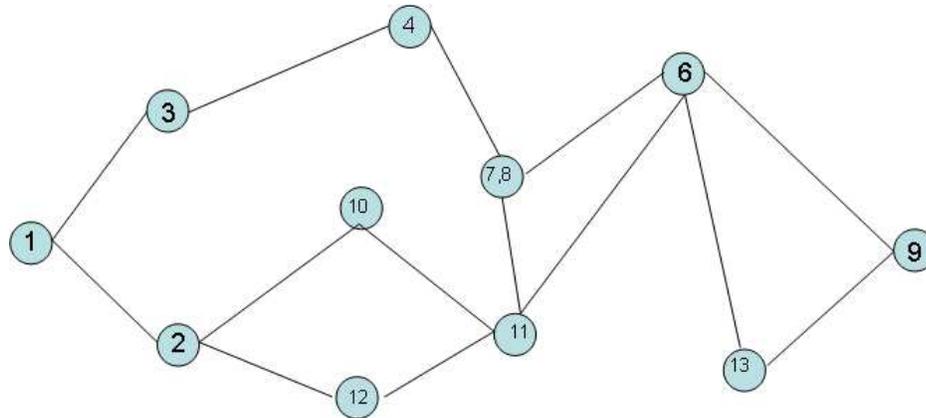


Figura 3.5: Grafo planar

**Primera Etapa** Este grafo tiene que cumplir la condición de planaridad, siendo  $3n - 6 = 3(11) - 6 = 27$  y requiere que sea un grafo triangular, eso es, que todas sus caras o regiones estén delimitadas por tres aristas. En este caso al grafo señalado se le añaden tantas aristas ficticias como requiere la condición, el resultado se muestra en la Fig. 3.6.

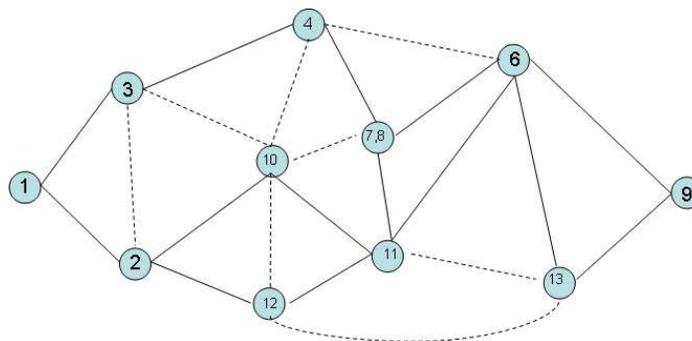


Figura 3.6: Grafo planar triangular

Ahora el número de aristas se ha incrementado a  $e = 22$  y se obtienen  $f = 12$  regiones, sin embargo, todavía faltan tres aristas para completar la condición de planaridad. Si se evalúa la fórmula de Euler, se tiene que  $n - e + f = 1$ , por tanto, no se cumple; se decide añadir un nodo

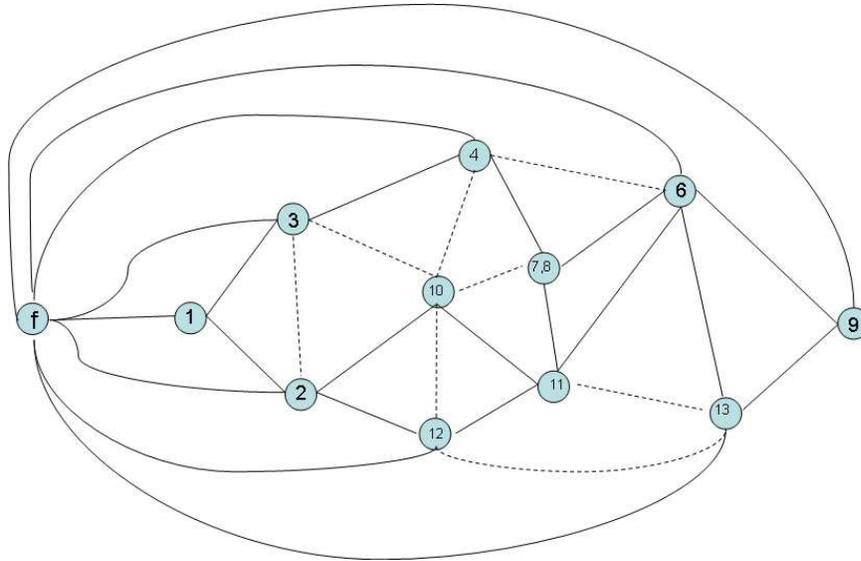


Figura 3.7: Grafo planar maximal

ficticio y al evaluar la condición de planaridad nuevamente se obtiene que:  $3n - 6 = 3(12) - 6 = 30$ , pero se añaden aristas ficticias desde este nodo a todos los vertices exteriores del grafo, y el grafo cumple entonces con dicha condición, como se puede apreciar en grafo que se presenta en la Fig.3.7.

La **Segunda Etapa** del proceso es construir la red dual, la red dual relaciona las regiones que se han formado entre las aristas del grafo primal. El grafo dual se presenta en la Fig. 3.8, sobre el grafo primal y se crean los nodos con letras mientras que se resaltan las aristas con color rojo, rellenándose cada área con un color específico, si se tiene en cuenta que esta representa la vecindad del puesto de trabajo.

En la **Tercera etapa** se toma el grafo dual construido y se organiza rectangularmente de forma que se puede comprender cuales son los puestos de trabajo adyacentes o colindantes. Este trabajo se puede apreciar en la Fig. 3.9 ubicando además en el diagrama se ubican los recorridos.

Aquí se puede apreciar como los recorridos han mejorado de manera significativa, teniendo en cuenta que no se entrecruzan, no hay retrocesos durante el proceso, aunque cabe señalar que este diagrama no ofrece la distribución en planta sino una aproximación de la ubicación como se mencionó anteriormente, esto quiere decir que los bloques no representan el área del puesto; es por tanto, necesario determinar la superficie que requiere cada actividad, si se tiene en cuenta que se

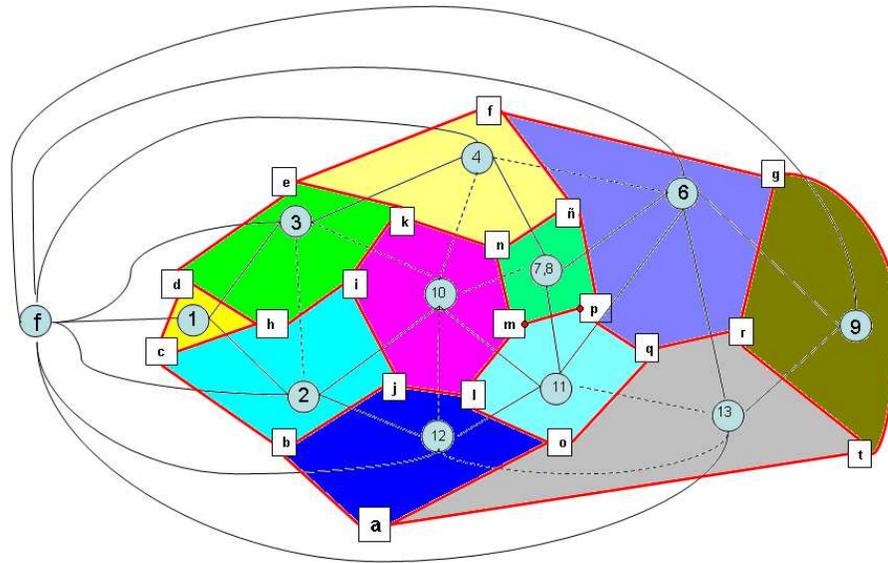


Figura 3.8: Grafo planar dual

ha ubicado un área de almacenamiento que no existía en el taller y su tamaño está determinado por el área que quede disponible al ubicar los puestos con sus respectivas necesidades de espacio cumpliendo con las normativas de seguridad.

Para tal propósito se propone el cálculo de las tres superficies requeridas por los puestos de trabajo, esto es, la superficie estática, la superficie gravitacional y la superficie evolutiva.

Los elementos necesarios para el cálculo, así como los resultados se ofrecen en la Tabla 3.4 a continuación.

Según las dimensiones del taller (31,5 de largo y 9,3 de ancho) el área disponible es  $292,95m^2$  y el espacio total que ocupan los puestos incluyendo el área de Almacén de materia prima se cuantifica en  $206,8m^2$  quedando disponible  $86,16$  metros cuadrados. De esta área se propone utilizar para el Almacén de productos terminados (nodo 13 del grafo), resultando la nueva distribución en planta que se presenta en la Fig.3.10.

### 3.3.1. Impacto de la nueva distribución

Para conocer el impacto que tiene la nueva distribución sobre el proceso de producción del taller de ventanas se calcula la capacidad que tienen actualmente los distintos puestos de trabajo y se contrasta con la capacidad esperada con la redistribución espacial al variar la distancia.

La capacidad se calcula según (Aquilano & Chase, 1995), como el cociente de fondo de tiempo y

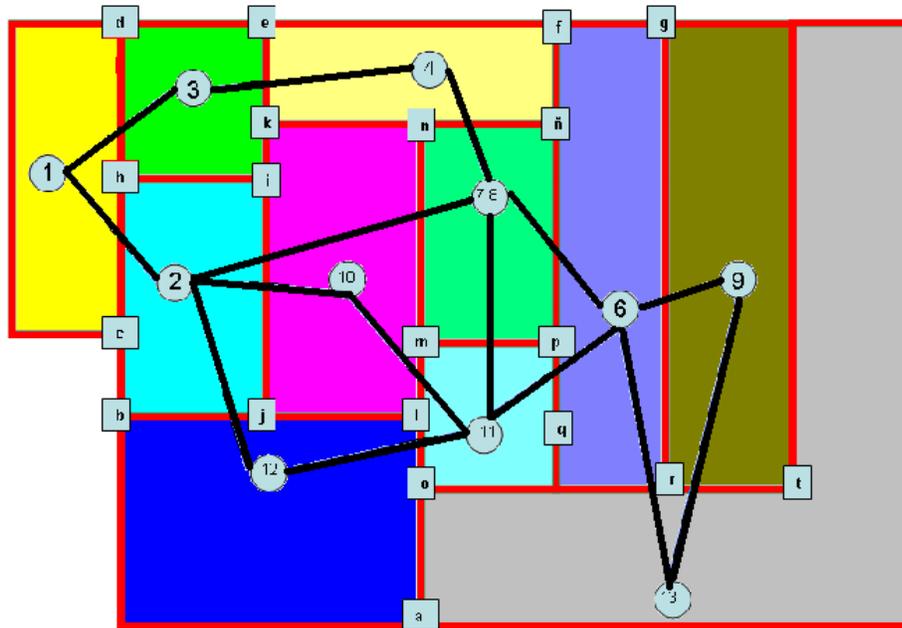


Figura 3.9: Diagrama de bloques y recorrido

el tiempo unitario de operación.

$$C = \frac{FT}{Op} \quad (3.3.1)$$

El taller trabaja 24 días al mes (d/m), 10 horas al día (h/d) y el aprovechamiento de la jornada laboral según estudios realizados por la empresa con anterioridad es de 87 %.

El fondo de tiempo  $FT = 24d/m \cdot 10h/d \cdot 60min/h = 14400min/m \cdot 0,87 = 12528min/m$ .

Con la distribución existente: El punto limitante o “cuello de botella” de esta línea es la operación de trozado que es capaz de hacer 1423 ventanas al mes como se puede apreciar en la Tabla 3.5; los tiempos que aparecen de operaciones incluye en algunas, el tiempo de procesamiento del producto y el transporte a la operación siguiente como se explicó inicialmente, este operario es el responsable de dicha actividad. La forma en que se tomó las mediciones de tiempo para las actividades fue teniendo en cuenta el tamaño de la orden y unitarizando a una ventana, o sea, el trozado de una ventana en componentes y su traslado. Las estimaciones de tiempo se exponen en el Anexo L.

El resumen estadístico en la Fig.3.11 muestra los estadísticos de tendencia central y de variación más relevantes, así como, el coeficiente de variación que en todos los casos es menor que el 20 %, por lo que se asume tiempo determinista en las actividades.

Retomando la capacidad del punto limitante, se observó en las mediciones que en una jornada puede producir 59 ventanas, necesitando la misma cantidad de viajes para trasladar las partes

Tabla 3.4: Requerimientos de espacio en metros cuadrados.

Equipo	l	a	c	$S_s$	$S_g$	$S_e$
1- Almacén MP	5,0	4,5		22,5	-	22,5
2- Trozadora	9,0	1,0	1	9,0	,0	32,6
3- P. Troquel(corta)	7,0	1,2	1	8,4	8,4	30,4
4-P. Troquel(dobla)	1,3	1,2	1	1,6	1,6	5,7
6- Mesa Ensamble	2,5	2,5	2	6,3	12,5	33,9
7,8-Mesa Preensamble	2,5	2,5	1	6,3	6,3	22,6
11-Taladro vertical	1,0	0,8	1	0,8	0,8	2,9
12- Fresadora	1,3	1,5	2	2,0	3,9	10,6
10- Mesa Marcado	2,2	2,0	2	4,4	8,8	23,9
9- Mesa Manipuladores	2,0	2,0	2	4,0	8,0	21,7

Fuente: Elaboración propia

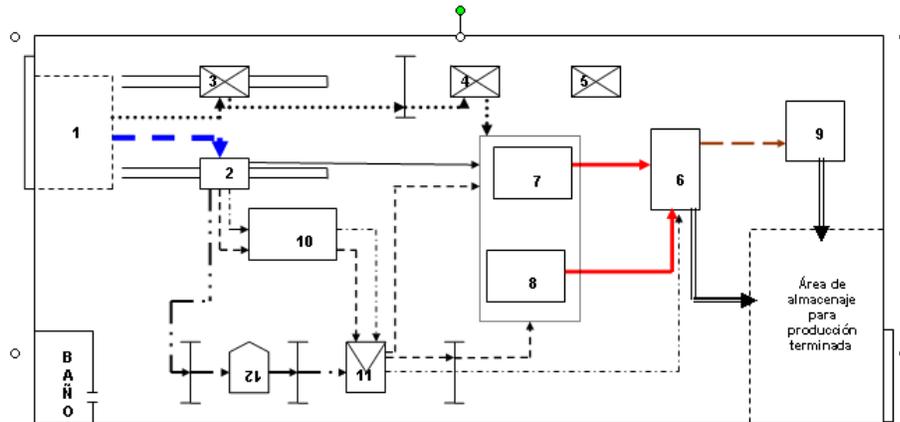


Figura 3.10: Distribución propuesta para el Taller de producción de ventanas

cortadas hacia los respectivos destinos, tomando un tiempo de 55 segundos en ir y regresar. Sobre esta base y asumiendo que el movimiento que sigue es un movimiento rectilíneo uniforme, donde  $V = \frac{S}{t}$  y sustituyendo el recorrido hasta el puesto de marcado (38m) es capaz de alcanzar una velocidad de 0,84m/s.

Si se toma otro puesto que está distante del precedente, ejemplo el puesto que realiza la operación de corte de tablillas, que tiene que ir al área de almacenamiento de materias primas recorriendo una distancia de 25 ida y vuelta, la velocidad desarrollada por el operario para servirse es 0,42m/s.

En la nueva distribución se estima la distancia entre los puestos está asociada a la superficie evolutiva que se calculó con anterioridad; para este caso, se supone que el área está representada

Tabla 3.5: Capacidad de producción de ventanas (v) por operaciones

Operación	Op (min/v)	C (v/m)
Trozado	8,8	1423
Fresado	6,0	2088
Marcado	7,5	1670
Taladrado	6,2	2020
Cortar Tablillas	8,1	1546
Doblar Tablillas	5,7	2197
Perforar balancines	5,5	2277
Preensamble	7,5	1670
Ensamble	7,0	1789
Colocar Manipulador	6,0	2088

Fuente: Elaboración propia

Summary Statistics					
	CORTE	DOBLADO	ENSAMBLE	FRESADO	MANIPULADOR
Count	25	25	25	25	25
Average	8.0952	5.6916	7.008	6.0	5.974
Variance	0.00791767	0.014089	0.00910833	0.0118667	0.012225
Standard deviation	0.0889813	0.118697	0.0954376	0.108934	0.110567
Coeff. of variation	1.09919%	2.08548%	1.36184%	1.81557%	1.8508%
	MARCADO	PERFORAR	PREENSAMBLE	TALADRADO	TROZADO
Count	25	25	25	25	25
Average	7.5188	5.5128	7.5028	6.2068	8.7988
Variance	0.005961	0.009171	0.00473767	0.0107643	0.00847767
Standard deviation	0.0772075	0.0957653	0.0688307	0.103751	0.0920742
Coeff. of variation	1.02686%	1.73715%	0.9174%	1.67157%	1.04644%

Figura 3.11: Resumen estadístico del Statgraphic

por una figura plana regular (cuadrado) en cuyo caso el área es el cuadrado de uno de sus lados  $A = a^2$ , por tanto la operación inversa permite conocer las dimensiones,  $\sqrt{A}/2$ .

Para los puestos analizados, de la Tabla 3.4 se toma  $S_s$ .

Con esta distancia ( $d$ ) y la velocidad del MRU, se calcula el tiempo para la nueva distancia sumando las distancia de la Tabla 3.3.1 para los puestos relacionados.

El puesto de la Trozadora y la Mesa de Marcado:  $d = 2,9 + 2,4 = 5,3$ , que ida y vuelta es: 10,6; el tiempo es, 12,6.

El otro par de puestos, están a una distancia de 10,4 y el tiempo consumido para el transporte 24,60.

Con estos resultados se realiza el calculo del incremento en la producción por la disminución de la

puesto	$S_s$	posición
Trozadora	32,6	2,9
Prensa con Troquel	30,4	2,8
Mesa de Marcado	23,9	2,4
Almacén M.P	22,5	2,4

Fuente: Elaboración propia

distancia recorrida para la misma cantidad de unidades producidas . Para este caso, se quiere saber cuántas unidades (i) es capaz de producirse por concepto de ahorro de tiempo. Se calcula según:

$$i = \frac{[N_o deviajes \cdot \Delta t_{transp} \div 60s/min]}{(t_{op} - \Delta t_{transp})} \quad (3.3.2)$$

Para el primer caso, se calcula  $[59 \cdot (55 - 12,6) \div 60s/min] / (8,8 - (55 - 12,6)/60) = 5,15$  ventanas al día.

El segundo puesto realiza 32 viajes llevando 8 lamas por viaje para cumplir la producción, tendría:  $[32 \cdot (60 - 24,6) \div 60s/min] / (8,1 - (60 - 24,6)/60) = 2,51$  ventanas al día.

El incremento resulta en un aumento del punto limitante en 5 ventanas al día que al mes significan 120 ventanas cuyo precio actual es de 14,14 CUP/m<sup>2</sup>, estas ventanas de cuatro secciones de dimensiones 2,80 × 1,20 equivalen a 5701,20 CUP. Desde el punto de vista político esta mejora redundará en una mejor respuesta por parte de la empresa al encargo social de suplir la demanda de este producto en las Obras de la Batallas de Ideas, cuya repercusión directa beneficia al sector de la Educación, Medicina y al sector de la vivienda, particularmente, la construcción de casas para los médicos que prestan colaboración internacionalista.

### **3.4. Conclusiones parciales**

A modo de conclusiones se puede decir que:

1. Se logra cumplir con el objetivo de proponer una mejora en el proceso de producción del taller de ventanas sobre la base del procedimiento aplicado
2. La propuesta de distribución en planta logra disminuir significativamente el recorrido entre los puestos de trabajo, acercando aquellos que están más alejados y se suceden en el diagrama de flujo del proceso. Logrando además, que se cumplan los principios establecidos por el perfeccionamiento empresarial, sin entrecruzamientos, retrocesos en el producto durante el proceso e incluyendo un área para el almacenamiento de productos terminados.
3. Se logra un incremento de la capacidad productiva sobre el punto “cuello de botella” de aproximadamente 120 ventanas al mes.

# Conclusiones

Como resultado final de la investigación realizada, se arribó a las siguientes conclusiones:

1. En el desarrollo de la investigación realizada quedó demostrado que la gestión de los procesos requiere ser realizada bajo nuevos enfoques, teniendo en cuenta el enfoque sistémico. Utilizando procedimiento y herramientas que integren la gestión día a día y contemple las normas internacionales y la legislación vigente en el ámbito nacional.
2. El procedimiento para la gestión por procesos aplicado en esta investigación, constituye un instrumento que permite la mejora continua de su desempeño en correspondencia con las estrategias y metas de la organización, además de orientar a la empresa al cliente.
3. El empleo de las herramientas utilizadas en las diferentes etapas del procedimiento aplicado en la investigación permitió caracterizar, describir y evaluar el proceso de producción en el Taller de ventanas de la Empresa de Tecnologías de Avanzadas de la Construcción, así como proponer la mejora, de manera objetiva sobre bases científicamente argumentadas.
4. Se logra a través de la Teoría de Grafos elaborar una propuesta de mejora de la distribución espacial, minimizando la distancia entre los puestos de trabajo relacionados y que tiene en cuenta la superficie requerida que cumple con las normas de seguridad y determinando un espacio para almacenamiento de productos terminados.
5. La propuesta de la nueva distribución espacial logra acercar los puestos cuyas operaciones se preceden o suceden provocando una disminución en el recorrido del flujo productivo y por tanto, la reducción del tiempo de transporte incrementando la capacidad productiva en 120 ventanas mensuales que significan 5701,20 CUP.

# Recomendaciones

Se propone:

1. Implantar la propuesta de distribución espacial mejorada en el taller de ventanas de la Empresa de Tecnología de Avanzada de la Construcción.
2. Realizar un análisis económico más profundo sobre el impacto de esta propuesta, que tenga en cuenta el ahorro del costo de transportación por concepto de la disminución del recorrido, así como, y que determine el tiempo que se invertiría llevar a vías de hecho esta propuesta.
3. Profundizar en los métodos vinculados a la Teoría de Grafos que permiten mejorar la solución obtenida, en sucesivas corridas y que pueda proveer a la empresa de distribuciones flexibles para adaptarse a cambios en el proceso tecnológico debido al incremento o variación del surtido de producción.
4. Diseñar un plan de mejora que permita implementar las propuestas según propone el procedimiento aplicado en la Etapa III, teniendo en cuenta el ciclo PHVA de Deming y haciendo uso de la técnica de las 5W y 2H.

# REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Apple, J. (1991). *Plant layout and material handling*. Krieger Publishing Company.
- Aquilano, N., & Chase, R. (1995). *Dirección y administración de la producción y de las operaciones* (Sexta Edición ed.). McGRAW HILL.
- Armour, G., & Buffa, E. (1963). A heuristic algorithm and simulation approach to relative allocation of facilities. *Management Science*, 9, 294-309p.
- Barreiro, L. (2000). *Problemas en la implementación del perfeccionamiento empresarial*. Fotocopia.
- Buffa, E. (1955). Sequence analysis for functional layouts.
- Cabanillas, M. M. (2004). *Diseño de distribución en planta de una empresa textil*. Tesis de Grado, UNMSM.
- Carrie, A. (1973). Numerical taxonomy applied to group technology and plant layout.
- Delgado, H. C. (2001). *Desarrollo de una cultura de calidad*. Mc Graw-Hill.
- Deming, E. W. (1986). *Calidad, productividad y competitividad*. Editorial Díaz de Santos S.A.
- Diego, J. A. (2006). *Optimización de la distribución en planta de instalaciones industriales mediante algoritmos genéticos. Aportación al control de la geometría de las actividades*. Tesis de Doctorado, Universidad Politecnica de Valencia.
- Foulds, L., & Griffin, J. (1985). A graph theoretic heuristic for minimizing total transport cost in facilities layout.
- Glover, F., Kochenberger, G., & Alidaee, B. (1998). Adaptive memory tabu search for binary quadratic programs.
- Gómez, O., Diéguez, E. L., Negrín, E., & Pérez, P. A. (2007). *Localización y distribución en planta de instalaciones de producción y servicios*. PLAN DE ESTUDIO TAREA ALVARO REYNOSO.
- Grupo Nacional de Perfeccionamiento Empresarial. (1999). Bases generales del perfeccionamiento empresarial en la empresa estatal cubana.
- Harrington, H. J. (1993). *Mejoramiento de los procesos de la empresa*. Mc Graw-Hill.
- Harrington, H. J. (1997). *Administración total del mejoramiento continuo: La nueva generación*. Mc Graw-Hill.

- Hassan, M. (2007). Toward guiding the selection of a layout procedure.
- Ishikawa, K. (1988). *¿qué es el control total de la calidad? la modalidad japonesa*. Editorial Revolucionaria.
- Juran, J., & Gryna, F. M. (1995). *Análisis y planeación de la calidad*. Mc Graw-Hill.
- Kusiak, A., & Heragu, S. (1987). The facility layout problem. *European Journal of Operational research*.
- López, L., Aguila, P. F., & Sacerio, J. (2005). Dirección estratégica integrada. experiencias y resultados: Empresa micalum. *EDUNIV*.
- Meyer, F. (1993). *Plant layout and material handling*. (2da edición ed.). Regents/Prentice Hall.
- Moore, J. (1971). *Plant layout and design*. The Macmillan Company.
- Muther, R. (1968). *Planificación y proyección de la empresa industrial, (método s.l.p.)* (Barcelona. ed.). Editores Técnicos Asociados, S,A.
- Muther, R. (1981). *Distribución en planta* (2da edición ed.). Editorial Hispano-Europea.
- Pons, R. (1998). *Gestión para la calidad total*. Editorial Universidad Nacional de Ingeniería.
- Schroeder, R. (1993). *Administración de operaciones* (3da edición ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Seppanen, J., & Moore, J. (1970). Facilities planning with graph theory.
- Sierra, O. H. (2005-2006). *Procedimiento para la gestión del proceso docente-educativo*. Tesis de Grado, Universidad de Cienfuegos.
- Tompkins, J. (1996). *Facilities planning*. John Wiley and Sons.

# Bibliografía

- Adam, Everett E. Administración de la Producción y las Operaciones/ Everett E. Adam, Jr. Ronald, J.-- México: Prentice-Hall Hispanoamericana, 1991.-- 741 p.
- Administración de la Producción e Inventario/ Donal Forgaty...[et.al].-- 2<sup>da</sup> Edición.-- México: CECSA, 1994.-- 994p.
- Análisis cuantitativo para los negocios/ Harold Jr. Bierman... [et.al].-- 9<sup>a</sup> Edición.-- Bogota, Colombia: Mc Graw Hill Interamericana, 2000.-- 529p.
- Aplicaciones de la Investigación de Operaciones.  
<http://gente.pue.uplap.mx/~absalon/papers/perfiles 96.html>. (Consulta 21 de Abril de 2008)
- Aquilano C. Dirección y Administración de la Producción y de las Operaciones/ C. Aquilano.-- 6<sup>ta</sup> Edición.-- México: Addison-Wesley Iberoamericana, 1994.-- 1065 p.
- Best, John W. Metodología de la Investigación/ John W. Best.-- Buenos Aires: Prentice Hall Hispanoamericana, 1984.-- 79p.
- Bossel, Hartmut. Modeling and Simulation/ Hartmut Bossel.-- USA: Sales and Customen Service Office, 1994.-- 484p.
- Cantú Delgado, Humberto. Desarrollo de una Cultura de Calidad/Humberto Cantú Delgado.- - México: Mc Graw-Hill, 2001.- - 332 p.
- Chiavenato, Adalberto. Iniciación a los procesos de producción / Idalberto Chiavenato. -- México: McGraw-Hill, 1998.-- 157 p.
- Chiavenato, Idalberto. Introducción a la Teoría General de la Administración. / Adalberto Chiavenato. - - México: MacGraw - Hill, 1987. - - 540 p.
- Deming, Eduard W. Calidad, Productividad y Competitividad/Eduard W. Deming.- - España: Editorial Díaz de Santos S.A., 1989.- - 120 p.
- Domínguez, José A. Dirección de Operaciones/ José A. Domínguez Machuca.-- 1a Ed.-- México: Mc Graw Hill, 1995.-- 503 p.
- Eppen, G. D. Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa/ G.P Eppen.-- México: Prentice Hall, 2000.-- 532p.
- Estadística para la Administración con Enfoque Moderno/ John E. Freund...[et.la].-- 5<sup>ta</sup> Edición.-- México: Prentice Hall Hispanoamericana, S.A, 1990.-- 742p.
- Harrington, H. James. Mejoramiento de los Procesos de la Empresa / H. James Harrington.- - Colombia: Editorial Mc Graw Hill.-- [200?]. 1993.- -229 p.

- Heizer, J. Dirección de la Producción / J. Heizer, Barry Render. -- México: Prentice Hall, 1998.-- 405 p.
- Hernández Sampieri, Roberto. Metodología de la Investigación/ Roberto Hernández Sampieri.-- México: McGraw-Hill, 1996.-- 305 p.
- Hillier, F.S. Introducción a la Investigación de Operaciones/ F.S. Hillier, G.Y. Lieberman.-- 5<sup>ta</sup> Edición.-- México: Editorial McGraw Hill, 1995.-- 955 p.
- Hopeman, Richard J. Administración de producción y operaciones/ Richard J. Hopeman.-- 1<sup>a</sup> Edición.-- México: CECSA, 1986.-- 662 p.
- Hoperman, Richard J. Administración de Producción y las Operaciones/ Richard J Hoperman.-- 2<sup>da</sup> Edición.-- México: Continental, 1990.-- 662 p.
- International Organization for Standardization. <http://www.iso.ch/> (Consulta 2 de Marzo de 2008)
- Ishikawa, Kaoru. ¿Qué es el Control Total de la Calidad? La Modalidad Japonesa/Kaoru Ishikawa.- - La Habana: Editorial Revolucionaria, 1988.- - 209 p.
- Juran, J.M. Análisis y Planeación de la Calidad/J.M. Juran, Frank M. Gryna.- - México: Editorial Mc Graw-Hill, 1995.- - 624 p.
- Levin, Richard I. Enfoques cuantitativos a la administración/ Richard I Levin, Charles A. Kirkpatrick.-- México: CECSA, 1995.-- 728p.
- Matemáticas para Economistas.  
<http://www.unirioja.es/Informacion/Asignaturas/Empresas/207180.html>. (Consulta 10 de Abril del 2008)
- Mathur, K. Investigación de Operaciones: El arte de la toma de decisiones./ K. Mathur, D. Solow.-- México: Prentice Hall Hispanoamericana S. A, 1996.-- 977p.
- Métodos de Optimización. <http://www.home.coqui.net/maan/empresa.htm>. (Consulta 7 de Marzo del 2008)
- Mintzberg, Henry. El Proceso Estratégico: Conceptos, contextos y casos/ Henry Mintzberg, James Brian Quinn.-- México: Editorial Prentice-Hall, 1997.-- 641 p.
- Monks, Joseph G. Administración de Operaciones/ Joseph G. Monks.-- 2<sup>da</sup> Reimpresión.-- México: Mc Graw-Hill, 1991.-- 441 p.
- Navarro, E: Informe “Competitividad, estrategia y excelencia operacional” [En línea]. Disponible:<http://www.improvenconsultores.com/paginas/documentosgratuitos/competitividad.ph> [p/dell](http://www.improvenconsultores.com/paginas/documentosgratuitos/competitividad.p/dell) [Consulta 7 de Abril del 2008].

- Planeación de la Producción y control de Inventarios/ Sim Narasimhan... [et.al].-- 2<sup>da</sup> Edición.-- México: Prentice Hall Hispanoamericana S.A.-- 679p.
- Pons Murguías Ramón. Gestión para la Calidad Total/Ramón Pons Murguía.- - Managua: Editorial Universidad Nacional de Ingeniería, 1998.- - 100 p.
- Programación Multicriterio: Un instrumento para el diseño de sistemas de producción.  
<http://www.jalonso.com/programación.htm#multiobjetivo>. (Consulta 18 de Abril de 2008)
- Ricardo Nemiña. Reingeniería. [En línea].Disponible:<http://www.monografias.com/trabajos/>
- Riggs, James. Sistemas de producción: Planeación, Análisis y Control/ James Riggs.-- 9a. reimpresión.-- México: Noriega-Limusa, 1990.-- 683 pp.
- Schroeder, Roger G. Administración de Operaciones./ Roger G. Schroeder .-- 3<sup>ta</sup> Edición.-- Mexico: Editorial McGraw Hill, 1990.-- 855p.
- Taha, H. A. Investigación de Operaciones/ H. A. Taha.-- 6<sup>ta</sup> Edición.-- México: Editorial Prentice Hall, 1998.-- 960 p.
- Teorías y metodologías principales de la Investigación de Operaciones. <http://www.sio-ams.com>  
(Consulta 15 de Abril del 2008)
- Thierauf, R. Toma de Decisiones por medio de la Investigación de Operaciones/ R. Thierauf, R. A. Grosse.-- México: Linusa Noriega, 1993.-- 984p.
- Velásquez, Gustavo M. Administración de los Sistemas de Producción/ Gustavo M Velásquez.-- 6<sup>ta</sup>. Reimpresión.-- México: Noriega-Limusa, 1990.-- 290 p.

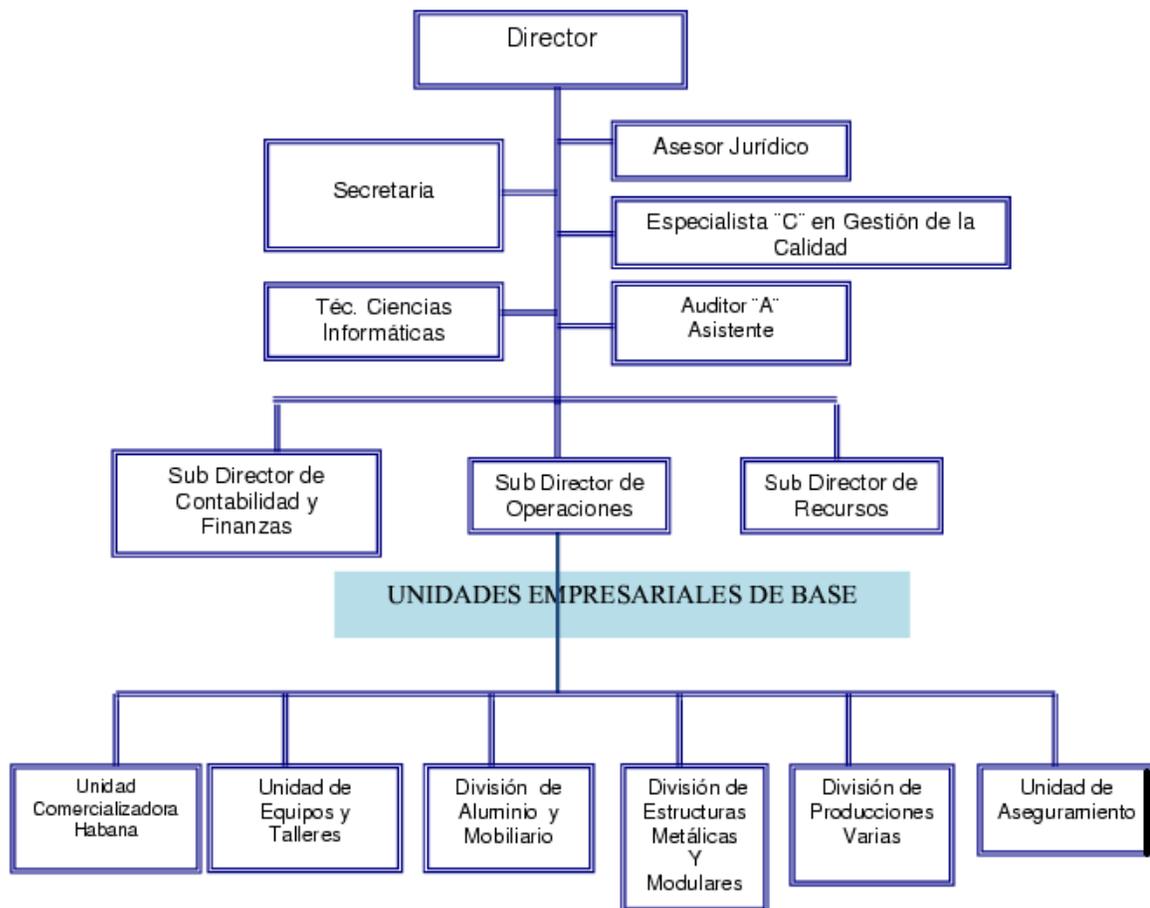
## Anexo A: Metodología de Solución de Problemas

Acción Básica del Equipo	Pregunta a responder	Trabajo en Equipo
1-Conocer el problema	¿Cuál es el problema?	<p><b>El conocimiento completo del problema requiere entre otros aspectos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Definir claramente su naturaleza</li> <li>➤ Identificar los actores involucrados</li> <li>➤ Especificar los estragos causados por el problema.</li> <li>➤ Describir en que situaciones ocurre el problema.</li> </ul> <p>La investigación relacionada con el problema exige:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Obtener evidencias(recopilar datos)</li> <li>➤ Entrevistar personas que brindan información.</li> <li>➤ Verificar opiniones, sentimientos y valores que están en juego.</li> </ul>
2-Plantear alternativas de solución	¿Cómo se puede resolver el problema?	<p><b>La consideración de las diferentes maneras, modos y cursos de acción a seguir para resolver el problema exigen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Detenerse a pensar</li> <li>➤ Analizar ideas y sugerencias</li> <li>➤ Estudiar y descubrir salidas</li> </ul> <p>Esta operación, por su complejidad, exige:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Creatividad e imaginación</li> <li>➤ Un grupo de personas conocedoras del problema.</li> <li>➤ La utilización de técnicas e instrumentos para generar y organizar ideas.</li> </ul> <p>Dos aspectos relacionados merecen ser resaltados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La reflexión para evitar resultados indeseados de una conclusión precipitada</li> <li>➤ Dejar las cosas tal como se presentan.</li> </ul>
3-Analizar las alternativas de solución	¿Cuáles son las alternativas de cada solución?	<p><b>El examen de las repercusiones de cada alternativa de solución, tanto dentro como fuera de la institución, abarcan:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ El estudio de las relaciones entre los resultados previstos y los costos.</li> <li>➤ La verificación de las afectaciones que provoca cada solución en los diferentes sectores de la institución.</li> </ul> <p>Este análisis debe ser realizado con la participación de todos los involucrados: Clientes, Proveedores, Ejecutores y Gerentes</p>

## Anexo A: Continuación...

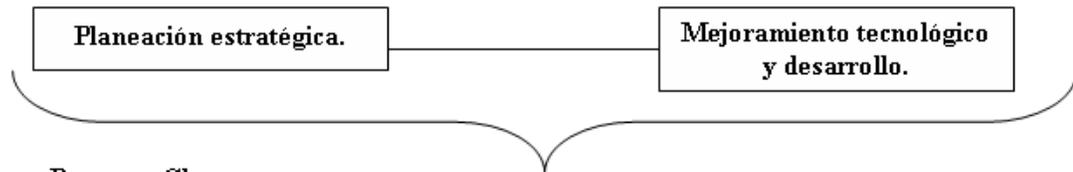
Acción Básica del Equipo	Pregunta a responder	Trabajo en Equipo
4-Seleccionar la mejor alternativa de solución	¿Cuál es la mejor solución para el problema?	<p><b>Una solución final exigirá una ponderación cuidadosa, de la utilización de esquemas y criterios de juicio adecuados.</b></p> <p>Para aumentar la racionalidad y disminuir riesgos es fundamental que la selección de la mejor alternativa sea una decisión participativa y compartida por los diferentes factores involucrados en el problema.</p>
5-Divulgación de la solución final aprobada	¿Cómo informar a todos sobre la solución final?	<p><b>Una comunicación clara, abierta y transparente a todas las personas afectadas por la solución escogida requiere una explicación adecuada sobre la solución final y sus posibles consecuencias.</b></p> <p>Las informaciones pueden ser comunicadas en reuniones o por documentos escritos</p> <p>La divulgación es fundamental para obtener una comprensión y apoyo de todos los involucrados estableciendo las bases necesarias para el éxito de la ejecución.</p>
6-Implantar la solución final	¿Cómo garantizar la ejecución de la solución final?	<p><b>Para implantar una solución final es conveniente que se elabore un plan y se ejecute una experiencia inicial.</b></p> <p>El éxito de la implantación va a depender de la cooperación de todos los involucrados y de la estrategia seleccionada para lograr el funcionamiento de la solución.</p>
7-Evaluar la implantación de la solución final	¿Cómo se evalúa la implantación de la solución final?	<p><b>La observación de la marcha de la solución requiere:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Observar, controlar y evaluar su efectividad.</li> <li>➤ identificar problemas imprevistos</li> <li>➤ Buscar nuevas soluciones para corregir las desviaciones detectadas.</li> </ul>

## Anexo B: Estructura organizativa de MICALUM

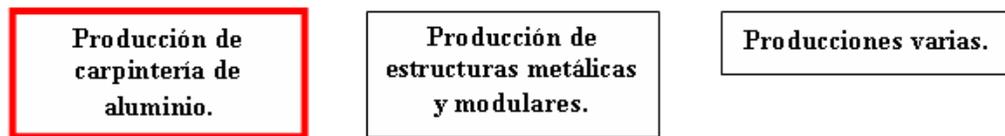


# Anexo C: Mapa General de la Empresa MICALUM

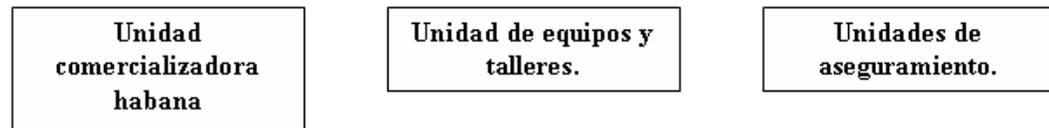
## Procesos Estratégicos.



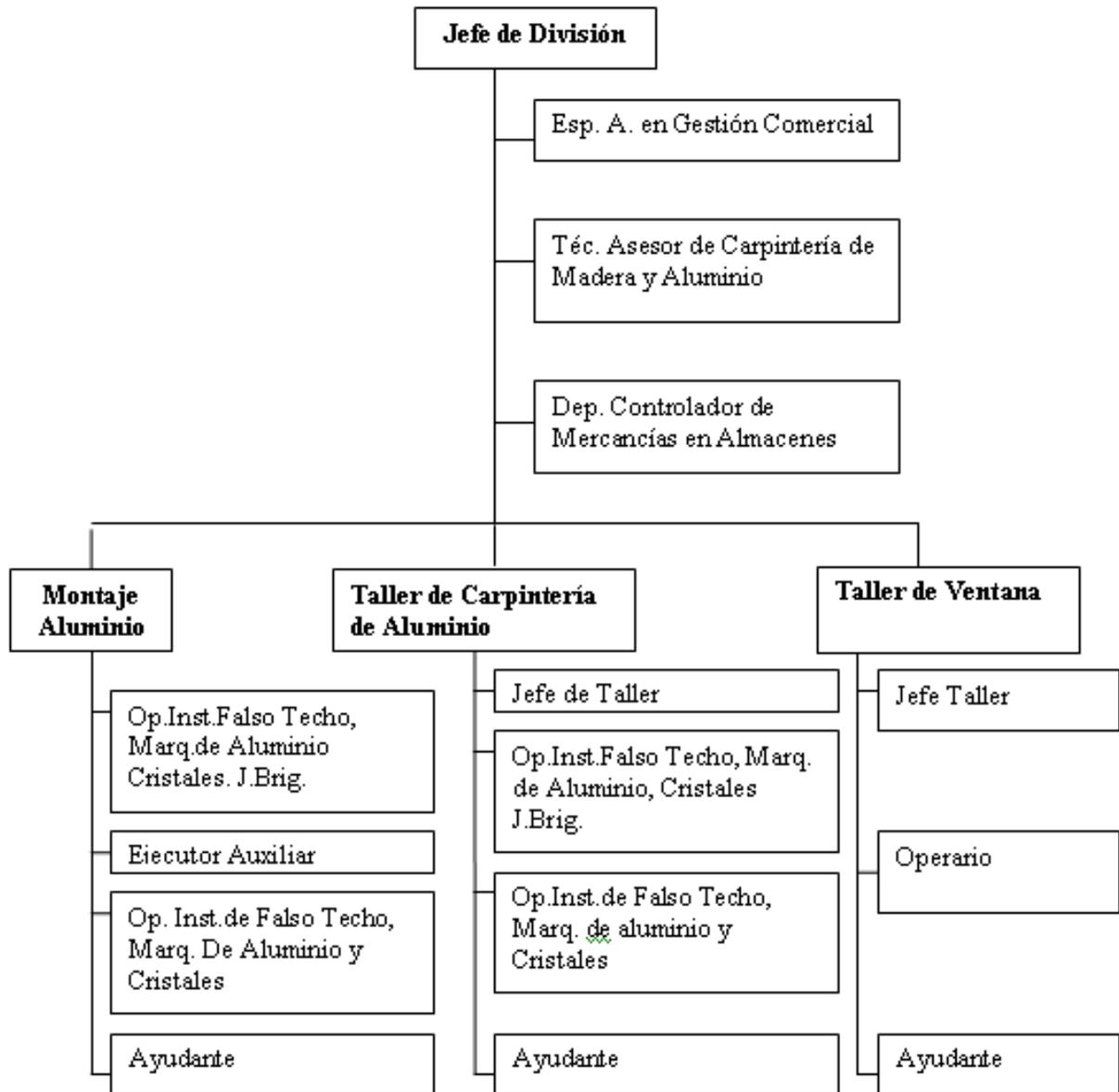
## Procesos Claves.



## Procesos de Apoyo.

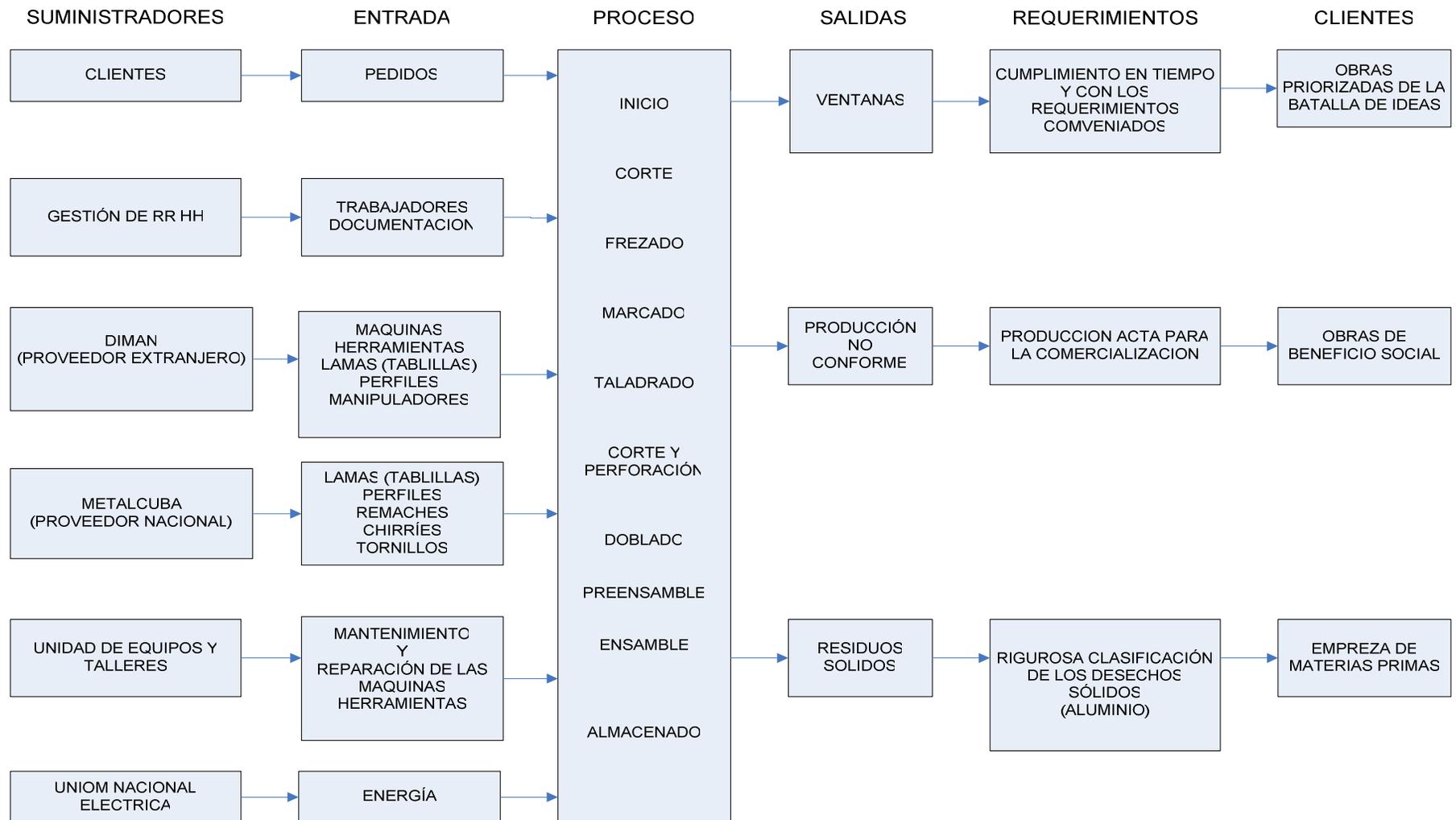


## Anexo D: Estructura organizativa de la División de Aluminio

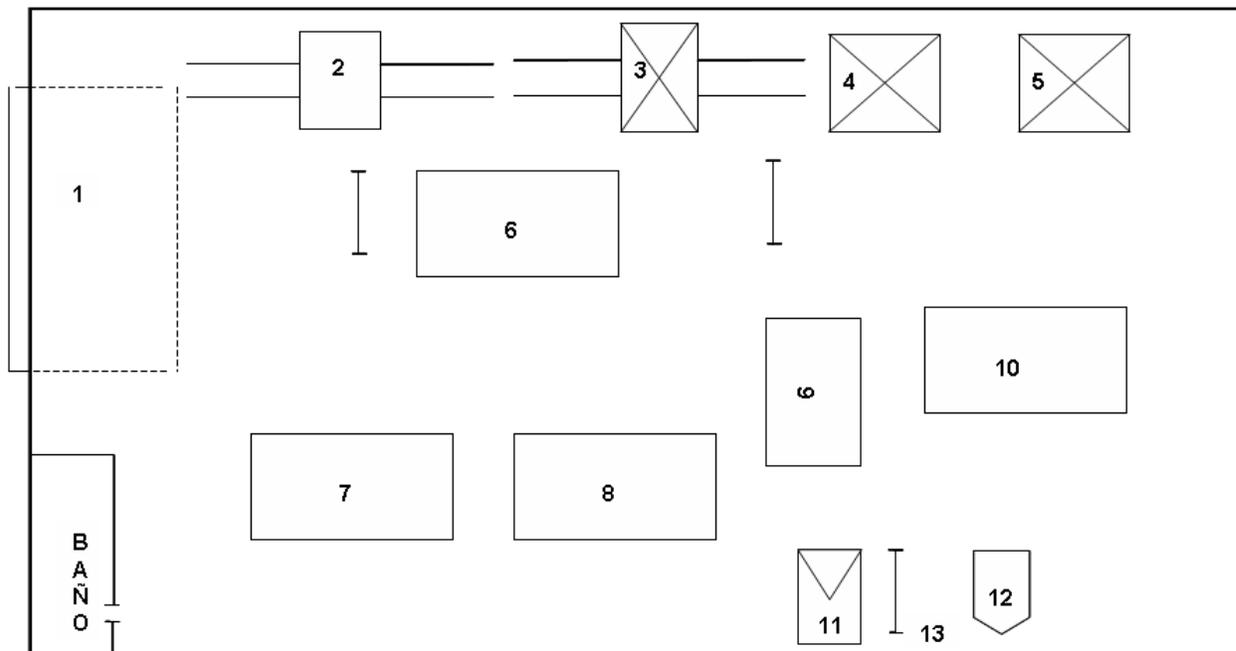


# Anexo E: Diagrama SIPOC (Taller de Ventana)

DIAGRAMA SIPOC (TALLER DE VENTANA)



## Anexo F: Distribución en planta actual del proceso de producción de ventanas



- |   |  |    |                                  |
|---|--|----|----------------------------------|
| 1 | 1. Área de almacenaje.                   | 7  | Mesa de pre-ensamble             |
| 2 | Trozadora                                | 8  | Mesa de pre-ensamble             |
| 3 | Prensa con Troquel (corta y perfora)     | 9  | Mesa de montaje de manipuladores |
| 4 | Prensa con Troquel (dobla)               | 10 | Mesa de marcado                  |
| 5 | Prensa con Troquel (ventanas de cristal) | 11 | Taladro vertical                 |
| 6 | Mesa de ensamble                         | 12 | Frezadora                        |
|   |  | 13 | Estante de Estiba                |



## Anexo H: Tabla FMEA

	Nivel 1		Fallos	Efecto	Sev	Causas	Occ	Control	Det	Rpn
1	T O R N O	A	Interrupción de la operación falta de materia prima.	No cumplimiento de lo contratado.	10	No existencia de materia prima.	2	Positiva existencia de un control de inventario.	4	80
		B	Interrupción de la operación por rotura.	No cumplimiento en tiempo de la producción diaria.	8	Deficiente mtto preventivo del equipo.	2	Implantado un plan de mtto por parte del jefe de máquina.	4	64
		C	En la medición.	Quejas y devolución del cliente.	9	Fatiga visual, falta de concentración, poca capacidad.	1	El jefe taller controla la ejecución de la orden.	2	18
2	F R E Z A D O	D	Interrupción de la operación por rotura.	No cumplimiento en tiempo de la producción diaria.	8	Deficiente mtto preventivo del equipo.	2	Implantado un plan de mtto por parte del jefe de máquina.	3	48
		E	En la medición. (altura del manipulador )	Demora y desecho del lateral derecho.	6	Fatiga visual no utilización de la tabla y vitola.	2	El jefe taller controla la utilización de la tabla y la vitola de medición.	2	24
3	Mercado De Latera y cabeza.	F	Demora por traslado innecesario de la producción en proceso.	Demora de la operación y fatiga innecesaria del operario.	6	No existencia de una adecuada distribución en planta.	8	Necesidad de un estudio para la eliminación de trazados innecesarios.	5	240
4	T v A e L r A t D i R c O a l.	G	Interrupción de la operación por rotura.	No cumplimiento en tiempo de la producción diaria.	7	Deficiente mtto preventivo del equipo.	3	Implantado un plan de mtto por parte del jefe de máquina.	5	105
		H	Error en la perforación.	Demora de la producción, desecho del lateral o cabezal.	5	Fatiga usual, falta de concentración, poca capacitación.	2	Chequeo periódico por parte del jefe taller.	3	30
5	Corte y perforación de la tablilla.	I	Demora por traslado innecesario de la materia prima.	Demora de la operación y fatiga innecesaria del operario.	5	Lejanía de la materia prima respecto a la prensa.	8	Necesidad de un estudio para la eliminación de trazados innecesarios.	5	200
		J	Interrupción de la operación por rotura.	No cumplimiento en tiempo de la producción diaria.	10	Obsolescencia del troquel, no tenencia de respuesta en inventario.	6	No existencia de un plan para la mejora en tecnología.	3	180

## Anexo H: Tabla FMEA (continuación)

6	Doblado de la tablilla.	K	Interrupción de la operación por rotura.	No cumplimiento en tiempo de la producción diaria.	6	Obsolescencia del equipo.	3	No existencia de un plan para la mejora en tecnología.	4	72
7	Mesa pre ensamb.	L	Interrupción de la operación por falta de materia prima.	Demora de la producción diaria.	8	Demora en el traslado de la tablilla por lejanía del puesto de trabajo.	6	No existencia de una adecuada distribución en planta.	5	240
		M	Demora en la confección de los paños.	Demora de la producción diaria.	9	No existencia de remaches para la confección de los paños.	9		5	405
8	ENSAMBLE	O	Lento y demorado ensamblaje de la ventana.	Demora en la producción diaria y desecho de laterales y cabezales.	5	Mala e inadecuada perforación, no coincidencia de los orificios a la hora de ensamblar.	2	El jefe de taller rectificará en el momento para la eliminación del problema en la producción.	3	30
	ALM	P	Problema con el almacena	Poco o reducido espacio para el traslado del flujo productivo.	9	No se tiene definida un área específica para almacenaje de producción terminada.	7	No existencia de una adecuada distribución en planta.	5	315

# Anexo I: Formas más habituales de las distribuciones en planta por producto

