

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

OPTIMIZACIÓN DEL ESPACIO DE PLANTA  
DE UNA EMPRESA QUE FABRICA PUERTAS

Trabajo de investigación presentado por Lourdes Betzabet Flores Jui  
para optar al grado de Licenciada en Ingeniería Industrial

Guatemala  
2005



OPTIMIZACIÓN DEL ESPACIO DE PLANTA  
DE UNA EMPRESA QUE FABRICA PUERTAS

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

OPTIMIZACIÓN DEL ESPACIO DE PLANTA  
DE UNA EMPRESA QUE FABRICA PUERTAS

Trabajo de investigación presentado por Lourdes Betzabet Flores Jui  
para optar al grado de Licenciada en Ingeniería Industrial

Guatemala  
2005

## RESUMEN

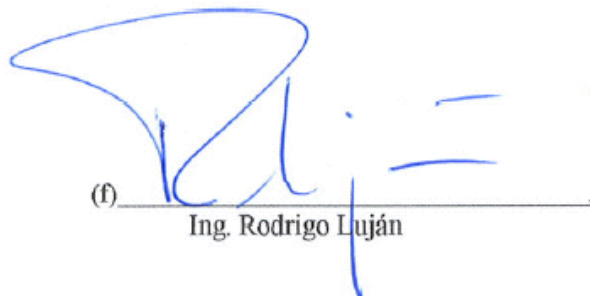
La distribución del espacio físico de una planta puede tornarse en algún momento en un problema que reincide muchas veces en una limitación productiva. La distribución del espacio físico de la fábrica de puertas que se evaluó causaba dificultad en la localización de: materia prima, partes en proceso, producto terminado, y obstrucción de vías de acceso; las cuales tienen como efectos, el retraso en la producción y despacho a clientes y en riesgos en la seguridad de los trabajadores.

Para diseñar una distribución del espacio físico que se ajuste mejor a las necesidades de la fábrica y solucione las dificultades mencionadas se hicieron diagramas de recorridos, diagramas de operaciones, y toma de tiempo por estación de trabajo. Adicionalmente fue necesario conocer la demanda del mercado de puertas.

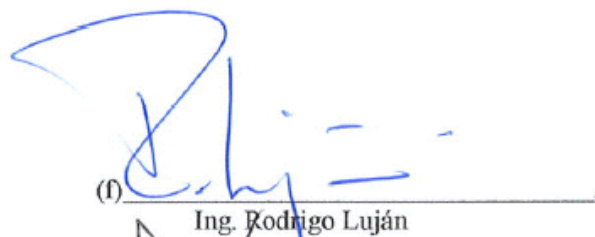
Conociendo el proceso, capacidad productiva y demanda del mercado se elaboró una propuesta de distribución del espacio físico que muestra, en general, una fábrica más ordenada. Con esta propuesta se despejan las vías de acceso, se asigna un área para materia prima, partes en proceso y producto terminado. Se espera que el tiempo de despacho a clientes no sea mayor a 15 minutos.

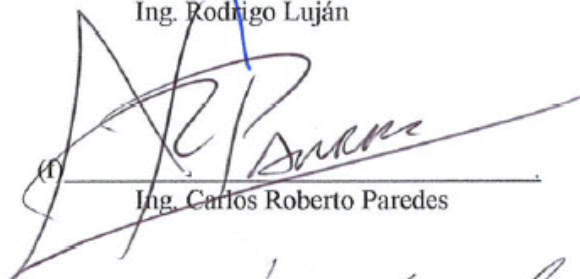
El proceso seguido para realizar la optimización del espacio físico de esta planta queda como molde y fija reglas para futuras redistribuciones. Se recomienda implementar reglas que impulsen y obliguen al orden y a la limpieza a los trabajadores y así aprovechar al máximo una distribución física óptima.

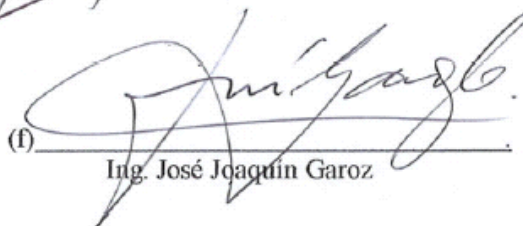
Vo.Bo. :

(f)   
Ing. Rodrigo Luján

Tribunal:

(f)   
Ing. Rodrigo Luján

(f)   
Ing. Carlos Roberto Paredes

(f)   
Ing. José Joaquín Garoz

Fecha de aprobación: 21 de octubre del 2005

## CONTENIDO

RESUMEN	Página iv
LISTA DE FIGURAS, DIAGRAMAS Y GRÁFICOS	vi
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	12
IV. PROCESO PRODUCTIVO	13
V. FÁBRICA DE PUERTA	15
VI. CAMINO HACIA LA OPTIMIZACIÓN	18
VII. CONCLUSIONES	48
VIII. RECOMENDACIONES	49
IX. BIBLIOGRAFÍA	50
X. APÉNDICES	51

## LISTA DE FIGURAS, DIAGRAMAS Y GRÁFICOS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
Figura 1. Ejemplo de distribución por producto	5
Figura 2. Ejemplo de distribución por proceso	6
Figura 3. Ejemplo de distribución híbrida. Células distribuidas por proceso	7
Figura 4. Ejemplo distribución por híbrida. Células distribuidas por producto	8
Figura 5. Producto terminado	12
Figura 6. Componentes de una puerta	13
Figura 7. Mapa de ensamble	14
Figura 8. Estilos del producto terminado	15

<b>Diagramas</b>	<b>Página</b>
Diagrama 1. Diagrama de operaciones y proceso de preparado del bastidor	20
Diagrama 2. Diagrama de operaciones y procesos de preparado del relleno	20
Diagrama 3. Diagrama de operaciones y procesos de preparado de palcas	21
Diagrama 4. Diagrama de operaciones y procesos de pegado	22
Diagrama 5. Diagrama de operaciones y procesos de repasado	23

<b>Tablas</b>	<b>Página</b>
Tabla 1. Toma de tiempo preparado (corte de placas)	27
Tabla 2. Toma de tiempo de preparado (corte del bastidor)	28
Tabla 3. Toma de tiempo de preparado (corte del relleno)	29
Tabla 4. Toma de tiempo de pegado (preparado de placas)	30
Tabla 5. Toma de tiempo de pegado (preparado del bastidor)	31

Tabla 6. Toma de tiempo de pegado (ensamblado final)	32
Tabla 7. Toma de tiempo de repasado (corte del ancho)	33
Tabla 8. Toma de tiempo de repasado (corte del largo)	34
Tabla 9. Toma de tiempo de repasado (corte del ancho)	35
Tabla 10. Toma de tiempo de repasado (corte del largo)	36
Tabla 11. Resumen de tiempo y actividades del proceso completo	37
Tabla 12. Producción de puertas por estilo y dimensiones	39
Tabla 13. Porcentaje de puertas producidas por medidas de cada estilo	42
Tabla 14. Porcentaje por medida y estilo del total de puertas fabricadas	42
Tabla 15. Porcentaje por medida estándar	43

<b>Gráficos</b>	<b>Página</b>
Gráfico 1. Comparación de producción de noviembre a marzo de los diferentes estilos	40
Gráfico 2. Participación por estilo de la producción total	41
Gráfico 3. Participación por medida de las puertas estándar	43

# I. INTRODUCCIÓN

La distribución del espacio de una fábrica es el proceso de ordenación física de los elementos industriales (materiales, maquinaria, herramientas, operarios y otros) de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible. La distribución del equipo y áreas de trabajo es un problema inevitable para todas las plantas industriales y puede tornarse en algún momento un problema que reincide muchas veces en una limitación productiva. El sólo hecho de colocar un equipo en el interior del edificio ya representa un problema de ordenación.

El problema radica, en algunos casos, en que no se planifica la repartición del espacio antes de construir el edificio donde se llevará a cabo la producción. En otras ocasiones es porque el local que se utiliza se alquila y las instalaciones no son las adecuadas para el tipo de actividad que allí se desarrolla. A estas causas se le suma que las piezas que arman el ciclo productivo se colocan donde alguien hace mucho tiempo las ubicó y se mantienen en ese preciso lugar por norma.

Una distribución planificada del espacio de una planta es una ventaja porque se logra un adecuado orden y manejo de las áreas de trabajo y equipos, se minimizan tiempos de producción y entrega de pedidos; se minimizan también interrupciones productivas y re procesos, se evita extravío y deterioro de productos y se mejora la seguridad de los trabajadores; ante todo evita fracasos productivos y financieros. Por medio de una distribución de planta planificada se consigue el mejor funcionamiento de las instalaciones.

Sin embargo, hay ocasiones en las que las distribuciones quedan diseñadas eficientemente para las condiciones de partida, pero a medida que la organización crece, la fábrica debe adaptarse a cambios internos y externos que hacen que la distribución inicial se torne menos adecuada.

El siguiente trabajo expondrá una redistribución del área productiva de una fábrica que ensambla puertas que sufre una mezcla de las causas mencionadas con anterioridad. Primero, en el local donde se desarrolla la producción funcionaba antes una maquila de textiles. Segundo, el edificio es alquilado lo cual hace difícil una ampliación del local. Tercero, los materiales y equipo se colocan donde se ha hecho siempre y, por último, la producción se amplió.

Para poder realizar una distribución que sea útil y óptima para la fábrica de puertas fue necesario conocer primero por qué se estaba recurriendo a una redistribución, cuáles eran los fines y cómo se pretendían alcanzar. Las causas para realizar una redistribución que se identificaron en la planta evaluada fueron: alto tiempo de despacho a clientes, pérdida y extravío de materiales y obstrucción de vías de paso, las cuales representan pérdidas monetarias y ponen en riesgo la seguridad de los trabajadores. El fin que se pretende alcanzar con este proyecto es mostrar una forma en la cual se disminuye el tiempo de despacho al cliente, se evita la pérdida y extravío de materiales, se despejan las vías de paso, se aumenta la seguridad, tanto del producto como del personal, y se evitan pérdidas monetarias.

Para obtener la distribución óptima del espacio de la fábrica evaluada se realizaron estudios del proceso productivo que incluyeron: diagramas de operaciones y de recorridos que sirvieron para saber qué operaciones se realizan en cada estación de trabajado, en qué parte de la fábrica se llevan a cabo, el flujo de materiales y el tiempo que se necesita para realizar estas operaciones. Con esta información se pudo conocer la capacidad productiva, requerimientos de materia prima y colocación de estaciones de trabajo. Fue necesario conocer también qué porcentaje de participación ocupa cada estilo y medida de puertas en la producción total para así ordenar el área de producto terminado de la mejor manera. Con la información obtenida de las relaciones de los datos recolectados se construyó un “layout” que optimiza la distribución física de esta fábrica que muestra una planta más ordenada donde cada elemento de producción tiene un espacio específico.

Este proyecto tiene también como objetivo ser una referencia para una redistribución de piso de cualquier tipo de fábrica porque los principios y métodos que se utilizaron para realizarla son generales y se pueden aplicar en cualquier área productiva.

Se recuerda que el diseño de una distribución de planta es aceptable si satisface la capacidad de producción deseada, si la secuencia es técnicamente factible y si es eficiente.

## II. MARCO TEÓRICO

El objetivo de la producción es transformar, tratar o ensamblar materiales de modo que se logre cambiar su forma o características dando como resultado el producto final.

Una fábrica de puertas produce su producto final por medio del ensamblado de los componentes utilizando un proceso de manufactura repetitiva.

### A. Manufactura repetitiva

Los procesos de manufactura repetitiva son aquellos en donde se producen muchas unidades de un producto o distintos estilos de un producto básico. Las unidades que así se producen se pueden visualizar como una progresión en un proceso orientado hacia el flujo en las etapas de integración del producto.

La manufactura puede iniciarse con la fabricación de los componentes básicos, que después son integrados en subensambles, los cuales, a su vez, son combinados en el ensamble final.

Las decisiones de cuándo o cuántas unidades se deben producir en cada etapa del proceso dependen de la demanda.

### B. Distribución de planta

La distribución de planta es la ordenación de ciertas cantidades específicas de espacio, en relación unas con otras, para conseguir una combinación óptima. La distribución depende enteramente de la naturaleza del producto que se trabaja.

1. **Distribuciones en el pasado.** Las primeras distribuciones de planta eran principalmente la creación de alguien en su industria particular eran producto de la persona que llevaba a cabo el trabajo o del arquitecto o ingeniero que proyectaba el edificio. Lo que al final se obtenía era un área de trabajo para una misión o servicio específico, que reflejaba la aplicación de algún principio de la distribución del espacio físico en planta.

Hace 150 años, durante la Revolución Industrial, estudiar la ordenación de las fábricas se transformó en un objetivo económico para los propietarios de las fábricas. Se encontró que un taller limpio y ordenado era una ayuda tangible a la eficiencia de la producción.

2. Distribuciones modernas. Después de las distribuciones hechas por intuición, los propietarios de las fábricas y sus administradores empezaron a realizar estudios para solucionar los problemas relacionados con la distribución física de planta. Los especialistas que surgieron para realizar estos estudios, desarrollaron cuatro tipos de distribución que dependen de la organización del proceso productivo. Estas distribuciones son:

- Distribución orientada al producto
- Distribución orientada al proceso
- Distribución por posición fija
- Distribuciones híbridas

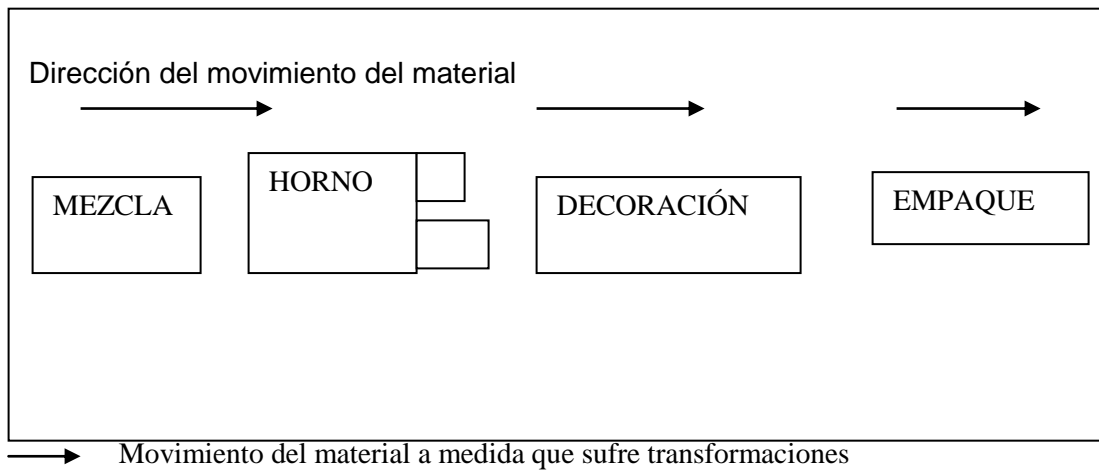
a. Distribución orientada al producto. En una distribución orientada al producto, la producción es en línea o en cadena, y es adoptada cuando la producción está organizada, de forma continua (refinerías o centrales eléctricas), o repetitiva (electrodomésticos o cadenas de lavado de vehículos).

La distribución es relativamente sencilla se considera en exclusiva la secuencia de operaciones pues se trata de colocar cada operación tan cerca como sea posible de su predecesora. La maquinaria y estaciones de trabajo se sitúan unos junto a otros a lo largo de una línea en la secuencia en que cada una de ellas ha de ser utilizada transformando el material en lo que será el producto final para el consumidor.

Las organizaciones que fabrican grandes volúmenes de un solo producto pueden obtener beneficios económicos con una distribución física orientada al producto.

Es necesario observar que el diseño de esta distribución se centra en alcanzar un nivel deseado de producción sin emplear recursos innecesarios como insumos y se debe considerar la secuencia de las estaciones de trabajo para asignar tareas de manera eficiente.

Figura 1. Ejemplo de distribución por producto



#### Ventajas de la distribución por producto

- Reducido manejo de materiales.
- Escasa existencia de trabajos en curso.
- Mínimos tiempos de fabricación.
- Simplificación de sistemas de planificación y control de la producción.
- Simplificación de tareas.

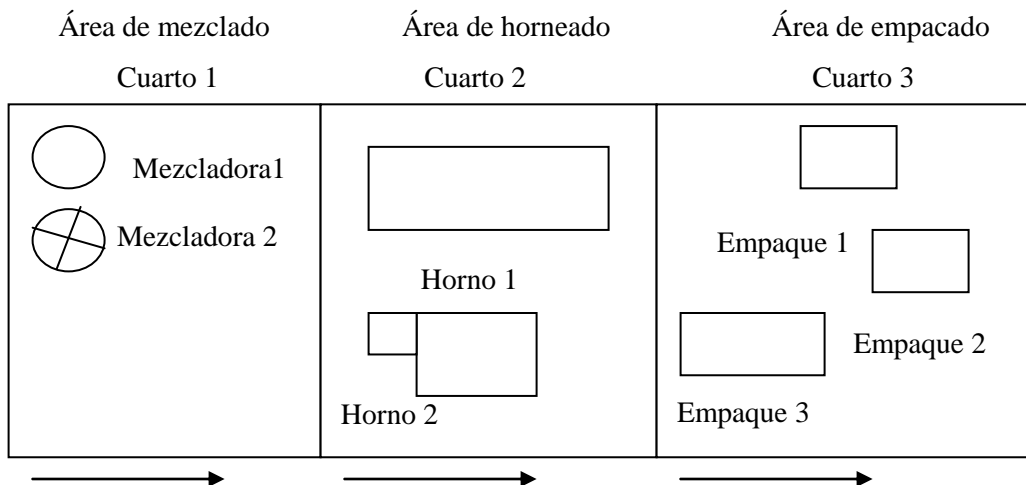
#### Inconvenientes de la distribución por producto

- Ausencia de flexibilidad en el proceso.
- Escasa flexibilidad en los tiempos de fabricación.
- Inversión elevada en equipos y maquinaria
- Cada estación de trabajo depende de las anteriores.
- Trabajos monótonos y tediosos.

b. Distribución en planta por proceso. Esta distribución se adopta cuando la producción se organiza por lotes (muebles, talleres de reparación de vehículos, sucursales bancarias). El personal y los equipos que realizan una misma función se agrupan en una misma área, de ahí que estas

distribuciones también sean denominadas por funciones. Las diferentes áreas se encuentran en un espacio específico dentro de un complejo productivo.

Figura 2. Ejemplo de distribución por proceso



Cuando el producto sale de cada área se lleva a la siguiente

Algunas de las ventajas de la distribución por proceso son:

- Flexibilidad en el proceso por la versatilidad de equipos y personal calificado.
- Inversión moderada en equipo y maquinaria.
- Mayor fiabilidad y diversidad en tareas asignadas a los trabajadores.
- Reducción de la insatisfacción y desmotivación de la mano de obra.

Por otro lado, los inconvenientes que presenta este tipo de distribución son:

- Baja eficiencia en el manejo de materiales
- Elevados tiempos de ejecución
- Dificultad en planificar y controlar la producción
- Costo por unidad de producto elevado
- Baja productividad.

c. Distribución por posición fija. Este tipo de distribución es apropiada cuando no es posible mover el producto debido a su peso, tamaño, forma, volumen o alguna característica particular que lo impida (instalación de amueblados de cocina, ensamble de aeroplanos). Esta situación ocasiona que el material base o componente principal del producto final permanezca inmóvil en una posición

determinada, de forma que los elementos que se desplazan son el personal, la maquinaria, las herramientas inclusive os clientes.

Ventajas de la distribución por posición fija

- Alta flexibilidad del proceso
- Mínima cantidad de materia prima
- Lotes pequeños de producción
- Facilidad en planificar y controlar la producción

Desventajas de la distribución por posición fija

- Distribución limitada a la colocación de los materiales y equipos alrededor del proyecto y programación de las actividades
- Requerimientos grandes de espacio
- Mano de obra especializada
- Elevada inversión en maquinaria y equipo.
- Baja productividad

d. Distribución híbrida. Una distribución híbrida o por célula es la mezcla de dos o más tipos de distribución que dependen de la naturaleza del bien producido. En esta distribución la maquinaria y trabajadores se agrupan en espacios que elaboran una sucesión de operaciones similares. La maquinaria y equipo dentro de las células están o distribuidas por producto o por proceso y las células mismas son ordenadas en base al proceso o al producto.

Este tipo de distribución se utiliza por empresas que fabrican todos los componentes que ensamblados forman el producto final.

Figura 3. Ejemplo de distribución híbrida. Células distribuidas por proceso

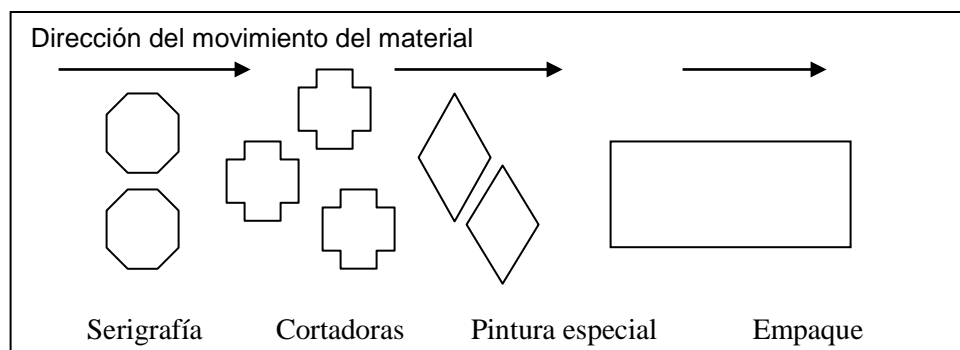
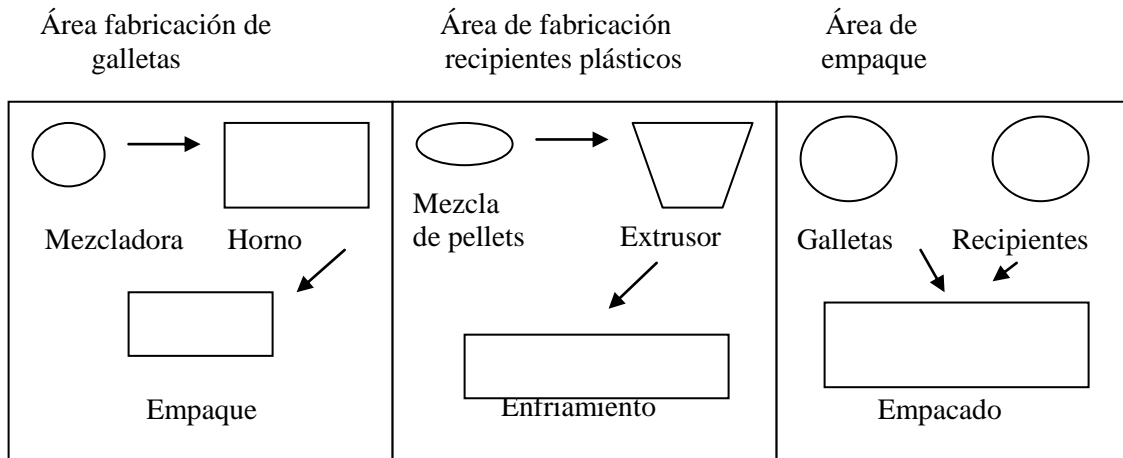


Figura 4. Ejemplo distribución híbrida. Células distribuidas por producto



#### Ventajas de la distribución híbrida

- Los tiempos muertos no tienen efectos múltiples
- Disminuye los tiempos de fabricación y de preparación
- Fácil supervisión y control visual dentro de la célula
- Aumento en la flexibilidad de la programación de producción
- Mejora en las relaciones humanas

#### Desventajas de la distribución híbrida

- Potencia el incremento de los tiempos inactivos de las máquinas
- Mano de obra muy especializada
- Alta inversión en maquinaria y equipo
- Aumento de material en proceso
- Aumento en el reclutamiento de personal

### C. Factores que afectan la distribución de planta

Para realizar una distribución de planta exitosa se hace necesario conocer la totalidad de los factores implicados en ella y las relaciones existentes entre los mismos. La influencia e importancia relativa de estos factores puede variar de acuerdo con cada organización y situación específica.

Los factores que influyen en la distribución de planta y deben ser tomados en cuenta son:

- Materiales
- Maquinaria

- Hombre
- Movimiento
- Espera

1. **Factor material.** El factor más importante en una distribución es el material. Los materiales a considerar son: materias primas, materiales en proceso, producto terminado, piezas rechazadas, piezas a recuperar o repetir, chatarra, viruta, desperdicios, desechos y otros.

Para encontrar una distribución real de las necesidades de cada planta es necesario conocer la variedad de artículos producidos y la cantidad a producir de cada uno de ellos. Una industria que fabrique sólo un producto tiene una distribución completamente diferente de la que fabrica una gran variedad de artículos. La cantidad de producción es la suma de los pedidos, lotes, hornadas o tandas.

Una buena distribución depende, en parte, de lo bien que ésta pueda manejar la variedad y cantidad de productos o los materiales que han de ser trabajados en ella.

Es también importante conocer la secuencia en que se efectúan las operaciones para saber el orden que deberán llevar las estaciones de trabajo y la localidad del material con que son alimentadas para facilitar el acceso a ellas.

Para asegurarse que el material se almacena de la mejor manera sin sufrir daños es necesario conocer sus características físicas y químicas.

Las características físicas y químicas que deben tomarse en cuenta son:

- Tamaño, forma y volumen: Ciertos productos o materiales que tienen formas extrañas e irregulares pueden crear dificultades al manipularlos.

El volumen de un producto tiene un efecto mayor sobre el manejo y almacenamiento al planear una distribución.

- Peso: Afectará a muchos otros factores de distribución tales como maquinaria, carga de pisos, equipo de transporte, métodos de almacenamiento.
- Condición física: si el material es un fluido o sólido, duro o blando, flexible o rígido.

- Características especiales: materiales delicados, quebradizos o frágiles, volátiles, inflamables o explosivos.

El cuidado que se debe tener para tratar las características especiales son: el calor, frío, cambios de temperatura, luz solar, polvo, suciedad, humedad, transpiración, vapores y humos, vibraciones, sacudidas o choques.

2. **Factor maquinaria.** Es necesario conocer el tipo de maquinaria y sus dimensiones (longitud, ancho y altura) para saber la cantidad de operarios que se necesita, tipo de energía que utiliza y el espacio físico que ocupa, incluyendo el espacio necesario para que los obreros trabajen y para que se le pueda dar mantenimiento.

Es también necesario conocer los métodos de producción porque con base en ellos se determina el equipo y maquinaria a usar, cuya disposición, a su vez, debe ordenarse.

3. **Factor hombre.** Como factor de producción, el hombre es mucho más flexible que cualquier material o maquinaria. Se le puede trasladar, dividir o repartir su trabajo y entrenarle para nuevas operaciones. Encaja en cualquier distribución que sea apropiada para las operaciones deseadas.

Sin embargo, en cualquier tipo de distribución se debe considerar la seguridad de los trabajadores y empleados. Las condiciones específicas de seguridad que se deben contemplar son:

- Suelo libre de obstrucciones y que no resbale.
- No situar operarios cerca de maquinaria que no esté debidamente resguardada.
- No situar trabajadores debajo o encima de zonas peligrosas.
- Contar con accesos adecuados y salidas de emergencia bien señalizadas.
- Tener elementos de primeros auxilios y extintores de fuego cercanos.
- Buena iluminación
- Buena ventilación

4. **Factor movimiento.** En la producción es necesario que, al menos uno de los tres elementos básicos de la producción (material, hombres y maquinaria) se mueva. Generalmente el material (materia prima, material en proceso o productos acabados) es lo que se mueve dentro de una fábrica.

Para objetivos de distribución es fundamental establecer un patrón o modelo de circulación de los elementos productivos a través de los procesos para evitar daños. Para esto se deben marcar los límites de los pasillos por donde circularan los elementos y conservarlos despejados.

5. **Factor espera.** En ocasiones durante el proceso de fabricación el material debe esperar en un área determinada hasta que sea necesitada, esto se llama almacenamiento. Algunas fábricas necesitan contar con áreas específicas para:

- Recepción del material entrante.
- Almacenar dentro del proceso.
- Depositar el material cuando hay demoras entre dos operaciones.
- Almacenar productos terminados
- Almacenar mercancías devueltas, material de embalaje, de recuperación, defectuoso y desechos, suministros de mantenimiento y repuestos.

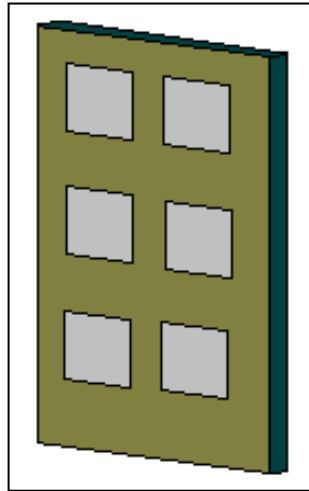
Es importante hacer notar que el tamaño y ubicación del área de espera depende principalmente de la cantidad de material, del método de almacenamiento, de los costes de transportarlo, manejarlo y almacenarlo.

Para asegurar el material que se almacena se debe proveer al área de almacenamiento de protección contra polvo y suciedad, contra frío o calor, contra robo, encogimiento, deterioro o desuso.

### III. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

El producto que se manufactura en la planta evaluada son puertas. Los componentes que forman las puertas son: dos caras o placas, que dan el estilo de la puerta, un bastidor que mantiene la forma rectangular de las puertas y tiras de duroport o cartón como relleno que dan soporte a la puerta.

Figura 5. Producto terminado



## IV. PROCESO PRODUCTIVO

Los métodos de producción son el núcleo de la distribución física, ya que determinan el equipo y la maquinaria a usar, cuya disposición, a su vez, debe ordenarse. La mejora de métodos y la distribución en planta va estrechamente unida.

En general, las empresas que manufacturan puertas realizan dos actividades básicas, las cuales consisten en cortar y pegar. Lo que varía entre las fábricas es el orden en que se realizan las actividades básicas, la calidad de la materia prima, grado de intervención humana. Las empresas que producen miles de puertas al mes tiene un proceso semi o totalmente automatizado, donde la cantidad de personal es mínima y estos tienen una participación pequeña en el proceso productivo.

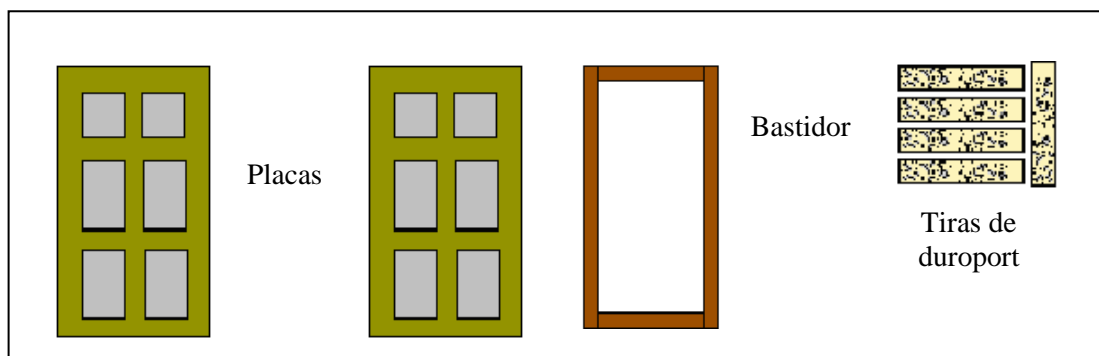
Sin importar el grado de intervención humana, el proceso de fabricación está formado por tres actividades que son:

- Preparado
- Pegado
- Repasado

### A. Preparado

En la parte de preparado el o los trabajadores reciben la orden de producción. En ella se especifica el estilo, el ancho y largo de la puerta, unidades a producir y la fecha de entrega. El trabajo del preparador consiste en cortar todos los componentes que forman la puerta (placas, bastidor y relleno), teniendo en cuenta el estilo y dimensiones de éstas.

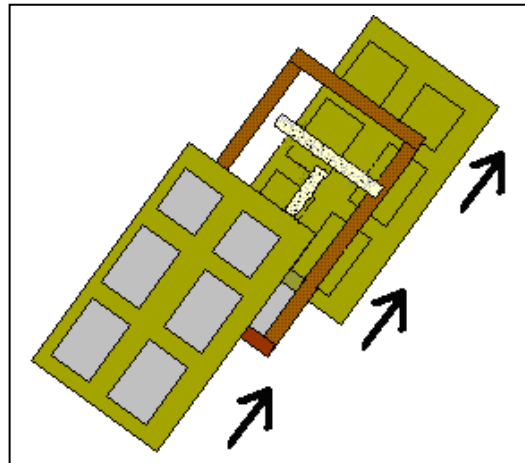
Figura 6. Componentes de una puerta



## B. Pegado

La actividad de pegado consiste en unir todas las partes cortadas por el preparador en un orden tal, que después de untar un adhesivo a las piezas se obtenga una puerta. En el pegado se unta adhesivo a las placas de la puerta, al relleno y al bastidor. Cuando todas estas partes están listas se coloca por el lado interno de una de las placas, el bastidor y el relleno y sobre estas piezas la otra placa. Durante el pegado se debe tener el cuidado que tanto el bastidor como la segunda placa sean posicionadas siguiendo una de las orillas de la placa inferior. Si el pegado no se realiza con ese cuidado la puerta se encorvará cuando seque el adhesivo. La consecuencia de un mal trabajo en el pegado es el reproceso de la puerta siempre y cuando se puedan recuperar los elementos que la conforman.

Figura 7. Mapa de ensamble



## C. Repasado

La actividad de repasado consiste en cortar de la puerta pegada, del paso anterior, los sobrantes. En la mayoría de los casos el cliente requiere puertas de dimensiones que son más pequeñas que las de las placas, y es este exceso, de la placa lo que se remueve.

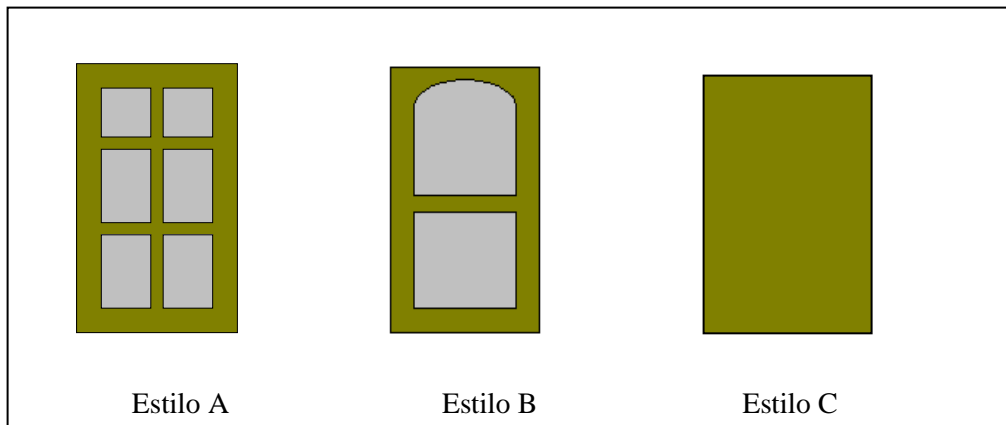
Después del repasado, que es la última estación del proceso productivo, las puertas son llevadas al área de producto terminado.

## V. FÁBRICA DE PUERTAS

### A. Descripción de la planta

La fabricación de las puertas se lleva a cabo en un espacio de 692 mts<sup>2</sup> en un edificio de un nivel. La fábrica cuenta con once empleados y maneja tres estilos de puertas A, B y C. La manufactura de las puertas se basa en el estilo y en las dimensiones. En la planta se fabrican tanto puertas de medidas estándar como de dimensiones especiales. Sin embargo, la producción de la fábrica se basa en la manufactura diaria de puertas de dimensiones estándar. Las medidas predefinidas o estándar varían el ancho de de la puerta de cinco en cinco centímetros comenzando en 60cm y terminando en 90cm. El largo, por otro lado, se mantiene constante en 2.07mts. Las puertas con medidas especiales pueden ser de cualquier ancho hasta un máximo de 1.20mts y de cualquier largo hasta un máximo de 2.35mts.

Figura 8. Estilos del producto terminado



La fábrica también comercializa con seis estilos de puertas metálicas (U, V, W, X, Y y Z) Las dimensiones son fijas y van desde 70cm hasta 90cm en el ancho y 2.07mts en el largo. Debido a que estas puertas son importadas la empresa tiene que realizar un pedido de los seis estilos y de todos los anchos lo suficientemente grande para cumplir con la producción sujeta a la demanda. La demanda está estimada en 1725 puertas mensuales de los tres estilos y de todas las dimensiones. La venta de puertas metálicas de los seis estilos y de las cuatro dimensiones es de 46 unidades mensuales aproximadamente.

La planta que se evaluó maneja la manufactura repetitiva del ensamblado de las puertas en forma artesanal, es decir que el grado de intervención humana en cada etapa de producción es alto. La planta cuenta con tres mesas de trabajo destinadas exclusivamente al corte, en ellas están instaladas unas sierras. El grado de complejidad para el manejo de estas mesas de trabajo es bajo por que en cada mesa de trabajo hay un operario que empujando el material por la sierra realiza el corte deseado.

## B. Condición inicial de la planta

La distribución de la planta evaluada está acomodada según la necesidad productiva la cual varía día en día, dependiendo de la carga laboral de los trabajadores. Para mostrar el fenómeno se comenzará con decir que la materia prima está posicionada por todas partes dentro de la planta. El producto en proceso (puertas pegadas y partes cortadas) se coloca donde haya un espacio libre y quepa sin importar si estos espacios vacíos son vías de paso, obstaculizando así, las rutas de evacuación. Las obstrucciones de las vías de paso evitan que se pueda delimitar el área de producción, teniendo como consecuencia el ingreso y egreso de personas ajenas a la fábrica sin control alguno.

La ubicación de las estaciones productivas, es tal, que para poder realizar sus actividades diarias los trabajadores se interrumpen unos a otros para conseguir tanto el material que necesitan como para prestarse herramientas o simplemente para desplazarse dentro de la misma fábrica. En ocasiones los trabajadores tienen que detener sus labores para que la gente pueda pasar.

El ambiente en el que se trabaja es contaminado constantemente por el desperdicio que crean las sierras, afectando la calidad producto terminado y en la salud de los trabajadores

El problema del desorden de la planta causa retrasos en la producción, daño y maltrato del producto, en proceso como terminado, lo cual es antieconómico. Los retrasos en el despacho del producto terminado a los clientes se deben al mismo desorden porque los productos que se tiene que entregar se tienen que buscar por toda la planta. El tiempo de despacho es de aproximadamente 60 minutos, contabilizado desde que el cliente llega a la planta hasta que se le entrega su producto. Este periodo de tiempo, en el cual el cliente debe esperar, es propicio para que el cliente dé un paseo por toda la fábrica y conozca el proceso productivo. Es esta falta de confidencialidad lo que más preocupa a los dueños porque se conocieron casos en los cuales, personas que habían llegado a la planta a comprar producto, instalaron meses después sus propias fábricas de puertas utilizando el

mismo proceso productivo. Esto representa competencia y disminución en la participación de esta fábrica dentro del mercado de las puertas. <sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Ver Figura 9. Layout de la fábrica estado actual. Pg. 52

## VI. CAMINO HACIA LA OPTIMIZACIÓN

La mejor distribución de planta es la que integra a los hombres, los materiales, la maquinaria, las actividades auxiliares, así como cualquier otro factor de modo que se conjuguen para conseguir el mejor compromiso entre todas las partes.

Para llevar a cabo una redistribución del espacio físico de una planta se debe tener en cuenta primordialmente la razón por la cual se incurrió en este desafío. Los motivos que hacen necesaria la redistribución son:

- Funcionalidad de las instalaciones
- Variaciones en el volumen de la producción.
- Cambio en la tecnología y en los procesos utilizados.
- Cambios en el producto.
- Deficiente utilización del espacio.
- Acumulación excesiva de producto en proceso.
- Cuellos de botella y ociosidad en centros de trabajo.
- Accidentes laborales.
- Dificultad de control de las operaciones y del personal.
- Obstaculización continua de vías de paso

Sin embargo la frecuencia de la redistribución dependerá de las exigencias del propio proceso, y del dinero disponible para hacerlo.

Después de una evaluación visual y de encontrar que la fábrica sufre cinco de los incisos anteriores, se tomó la decisión que la planta necesita una redistribución urgente. Sin embargo las autoridades de esta fábrica asentaron la limitante que cualquier cambio que se realice dentro de la fábrica debía contemplar únicamente el movimiento del equipo, operarios y herramientas ya que no se cuenta con los medios económicos para invertir.

El proceso de análisis para una redistribución se compone, en general, de tres fases:

- Recolección de información,
- Desarrollo de un plan de bloque
- Diseño detallado de la distribución.

Para encontrar una distribución óptima que le fuera útil a la fábrica ensambladora de puertas, se tomaron, además del procedimiento anterior, 18 remisas:

- La distancia a recorrer entre operaciones debe ser la más corta.
- Las áreas de trabajo deben ser colocadas de modo que cada operación o proceso que en ellas se realice está en el mismo orden o secuencia en que se transforman y ensamblan los materiales para obtener el producto final.
- Se debe utilizar todo lo que se pueda el espacio disponible tanto en vertical como en horizontal.
- Que la redistribución haga el trabajo más satisfactorio y seguro para todos los que participan en el proceso.
- Colocar la dimensión longitudinal del material, y estanterías de forma que quede perpendicular a los pasillos de servicio principales.

## A. Recolección de información

La recolección de información consiste básicamente en conocer el espacio disponible y los requerimientos de espacio de cada área de trabajo, para lo cual se identificó la superficie total de la planta, y se realizaron estudios que mostraron la capacidad productiva, requerimientos de materia prima y demanda del mercado. Con esta información se pudo visualizar la necesidad y disponibilidad de espacio para cada sección.

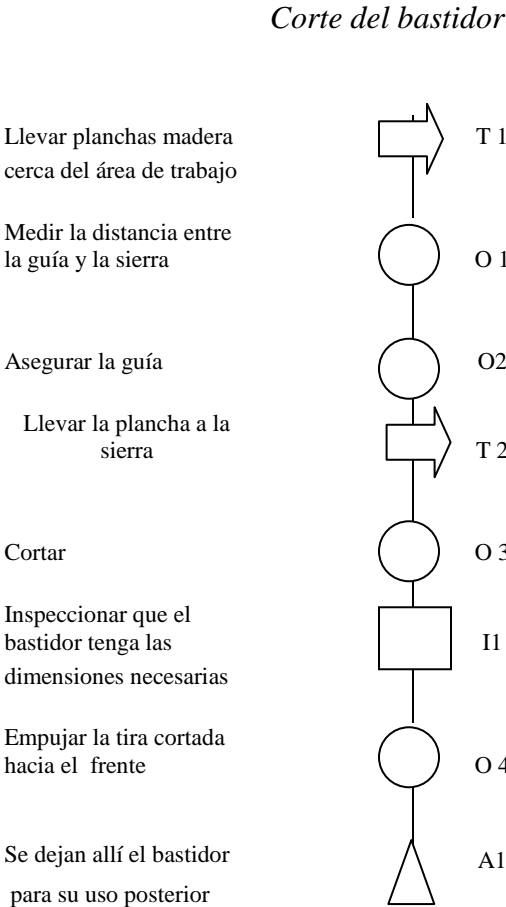
1. Diagrama de operaciones y procedimientos. Para lograr acomodar la materia prima de tal manera que los trabajadores tengan que recorrer la menor distancia posible, fue necesario conocer las actividades específicas llevadas a cabo en cada procedimiento del proceso productivo. Para esto se elaboraron los diagramas de operaciones y procedimientos de cada una de las tres etapas de fabricación. Los diagramas se presentan en el orden productivo.

a. Preparado. La tarea del preparador se divide en tres procedimientos:

- 1) Corte del bastidor
- 2) Corte del relleno
- 3) Corte de placas

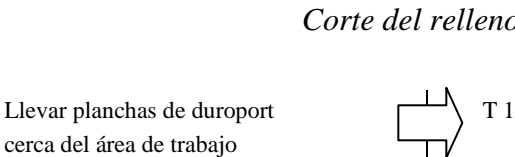
1) El corte del bastidor. El corte del bastidor se realiza según las dimensiones establecidas en la orden de producción.

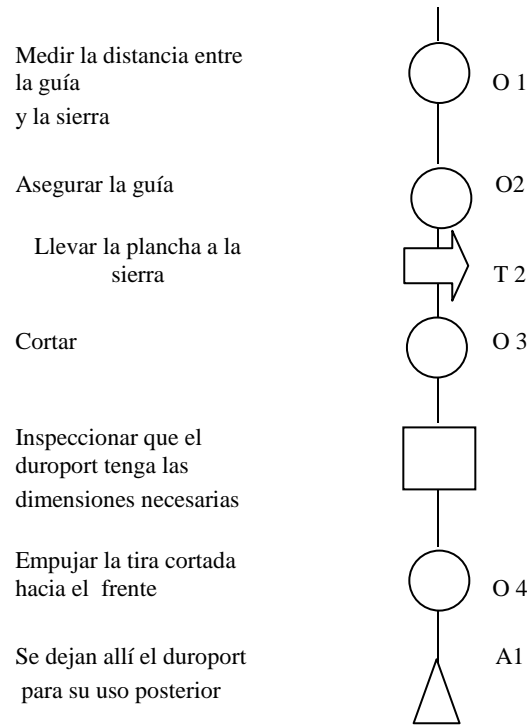
Diagrama 1. Diagrama de operaciones y proceso de preparado del bastidor



2) Corte del relleno. El duroport se adquiere en planchas de dimensiones preestablecidas por el proveedor. Los cortes se realizan a lo ancho de las planchas aprovechando el largo de estas

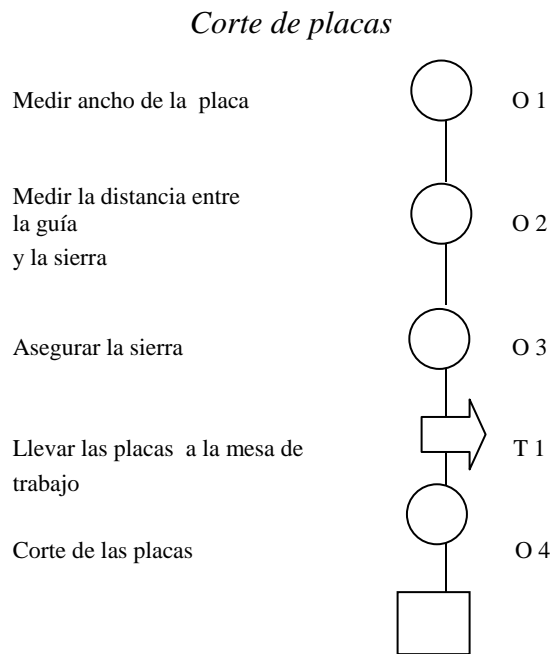
Diagrama 2. Diagrama de operaciones y procesos de preparado del relleno

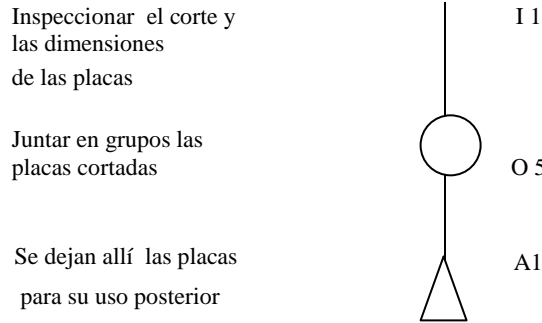




3) Corte de placas. El corte de placas se realiza cuando el cliente desea una puerta de dimensiones especiales las cuales son transmitidas al preparador en la orden de producción.

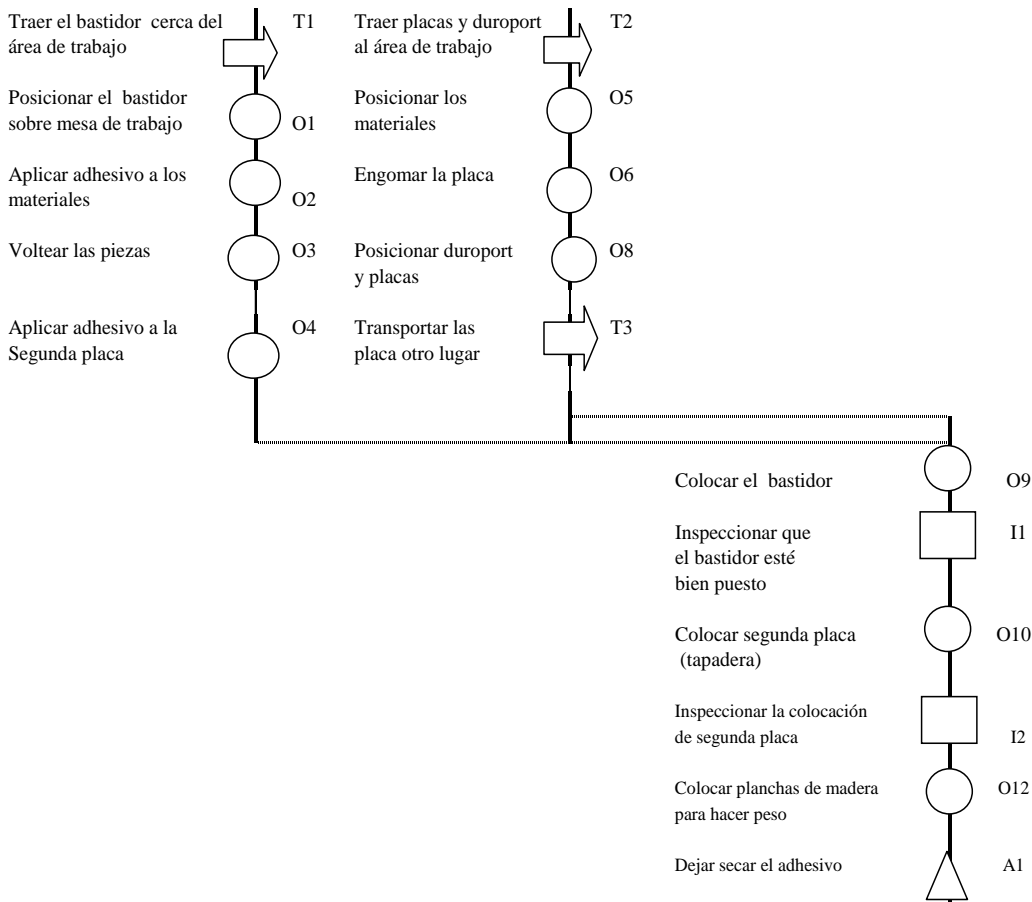
Diagrama 3. Diagrama de operaciones y procesos de preparado de palcas





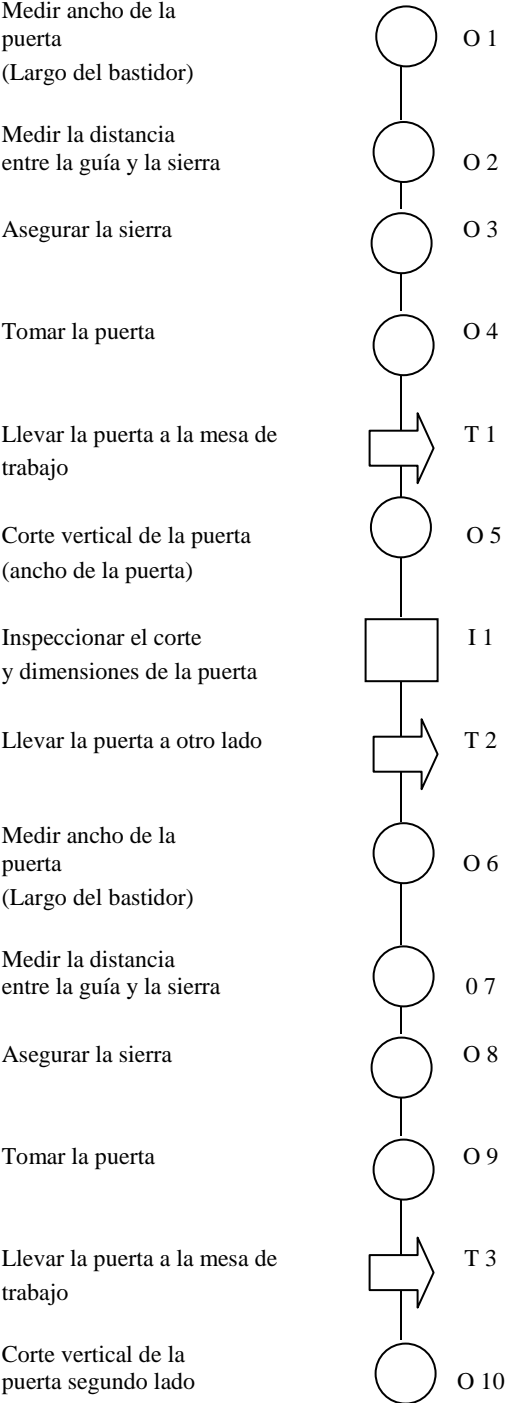
b. Pegado. En la actividad del pegado dos trabajadores realizan la tarea. Uno se encarga de traer, limpiar y untar de adhesivo las placas y el relleno. Mientras que el otro trabajador se encarga de preparar el bastidor. Cuando las piezas están listas ambos trabajadores unen sus esfuerzos para ensamblar una puerta.

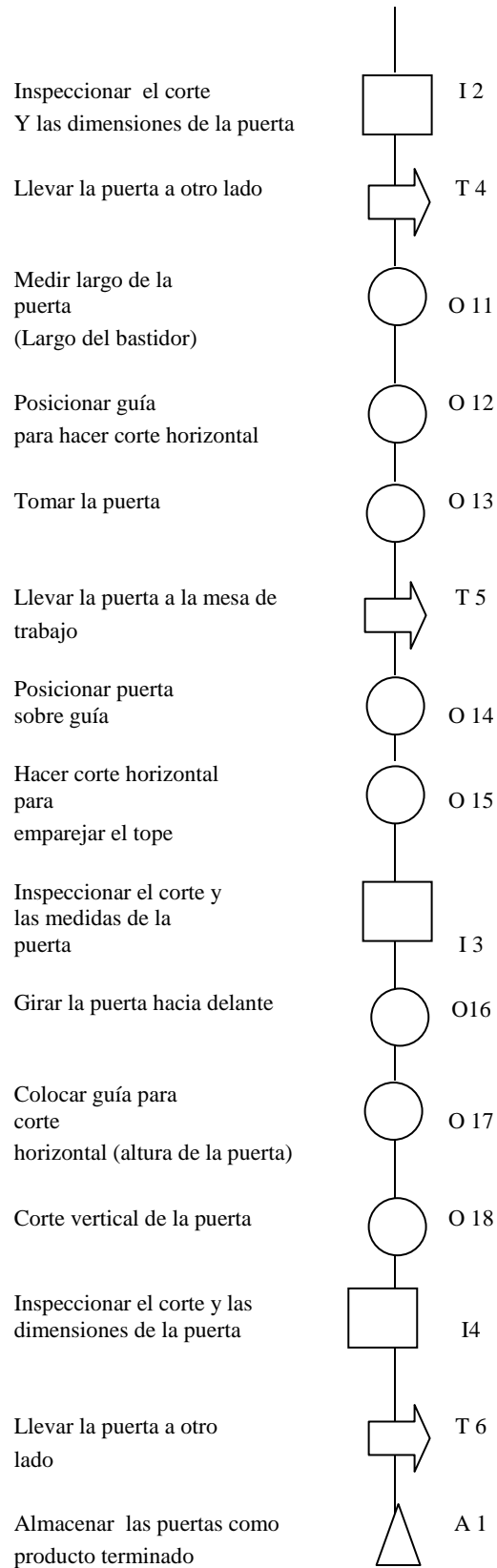
Diagrama 4. Diagrama de operaciones y procesos de pegado



c. Repasado. En el proceso de repasado el trabajador corta los excesos de placa, de las orillas que le dan el largo a la puerta y posteriormente corta los extremos del ancho, los cortes se hacen uno a la vez realizando así un total de cuatro cortes.

Diagrama 5. Diagrama de operaciones y procesos de repasado





2. Diagrama de recorridos. Con la información obtenida de los diagramas de operaciones y procedimientos se pudo construir un diagrama de recorrido de cada uno de los eslabones que conforma la cadena productiva. Con estos planos se elaboró un diagrama que conjuga los recorridos de todos los trabajadores plasmando en un solo plano el proceso de producción. Como se mencionó antes en este documento, los trabajadores se interrumpen unos a otros para llegar a los materiales que necesitan. Este diagrama fue útil porque se identificaron de forma visual las interrupciones. Se hace la anotación que los diagramas de recorrido que se presentan se repiten la cantidad de veces que sea necesario para cumplir con las órdenes de producción de ese día.

a. Recorrido preparado<sup>2</sup>. El diagrama muestra que este operario necesita ir por toda la planta para llevar hasta su mesa de trabajo los insumos que necesita. Esto se debe a que la materia prima no tiene un lugar predeterminado que mejor se ajuste a las necesidades del operario. El lugar que ocupa actualmente fue establecido por alguien que no tenía noción de las ventajas de planificar la distribución y nadie se había comprometido a mejorar este aspecto.

b. Recorrido pegado<sup>3</sup>. El recorrido de los trabajadores de pegado se ve que es más cercano a su lugar de trabajo. Sin embargo en esta planta las estaciones de trabajo de los grupos de pegado se colocan dependiendo del espacio disponible día con día. Cuando las puertas están unidas en lo que será el producto final, se dejan en el lugar donde se armaron por un lapso de cuatro horas, tiempo que toma al adhesivo en secar. Este espacio de secado alrededor de la misma área de pegado significa que no existe un lugar específico de secado dentro de la planta. Esta falta de asignación de espacios acarrea retrasos y disminución en la producción, porque hay ocasiones en que los trabajadores no pueden seguir con el ensamblado de las puertas debido a la inexistencia de espacios disponibles suficientes para el secado.

Como se mencionó con anterioridad la actividad el pegado carece de un lugar específico dentro de la distribución de la planta. Por eso el recorrido de los trabajadores de pegado se realizó en base a la localidad que más se utilizó por los trabajadores dentro de la planta durante la evaluación de la planta.

---

<sup>2</sup> Ver Figura 15. Recorrido actual del trabajador de preparado. Pg. 53

<sup>3</sup> Ver Figura 16. Recorrido actual de los trabajadores de pegado. Pg. 54

c. Recorrido repasado<sup>4</sup>. Este diagrama muestra que los trabajadores que realizan el repasado son los que menos se alejan de su lugar de trabajo. Inclusive las mesas de trabajo están colocadas a escasos metros del área de producto terminado. El orden de colocación de las mesas de trabajo del repasado se conservaron tal y como están porque, no sólo ha demostrado ser funcional sino que también cumple con el principio de distancia mínima recorrida y están colocadas cerca del área de almacenamiento del producto terminado

d. Recorrido total del proceso<sup>5</sup>. Este diagrama muestra el desplazamiento de todos los trabajadores que intervienen en el proceso productivo de las puertas. Muestra de forma gráfica los puntos donde los recorridos se cruzan y existen las interrupciones entre operarios.

3. Toma de tiempo. Se realizó la toma de tiempo de cada estación de trabajo con el fin de conocer la producción por hora. Con estos datos se proyectó la producción de la fábrica por día y posteriormente por mes. Esta información no sólo fue útil para asignar el espacio del producto terminado sino que también para planificar la producción, la adquisición de materia prima, la fecha de entrega del producto al cliente y el mantenimiento del equipo productivo (maquinaria y herramientas) como también del edificio.

La actividad se realizó cinco veces por estación de trabajo, con 18 repeticiones de ciclo cada vez. Es decir que se contabilizó 90 ciclos de cada actividad del proceso productivo. Las tablas que se muestran fueron alimentadas por 18 datos tomados al azar de las cinco tablas construidas.

Se presentan a continuación, de acuerdo al orden del proceso productivo las tablas de tiempo utilizado por cada trabajador en cada estación de trabajo, dividido en actividades representativas.

a. Toma de tiempo del preparado. El trabajo del preparador es el más complejo de todos porque éste prepara todas las piezas que forman las puertas. Debido a que éste corta placas, bastidor y relleno, la toma de tiempo de su labor se dividió en tres, una por cada material trabajado.

---

<sup>4</sup> Ver Figura 17. Recorrido actual de los trabajadores de repasado. Pg. 55

<sup>5</sup> Ver Figura 18. Recorrido total del los trabajadores en el proceso actual. Pg.56

1) Corte de placas. Las placas se cortan de dos en dos porque son dos las placas que se necesitan para armar una puerta. De esta manera se asegura que la puerta tenga las mismas dimensiones en ambas caras.

Tabla 1. Toma de tiempo preparado (corte de placas)

Parte del proceso		Preparado				
Detalle del proceso		Corte de placas				
Fecha		23 de marzo del 2005				
Trabajador :		Operario 1				
Trabajador 1						
# de ciclo	Analizar orden	Traer material	Colocar guía	Corte de placas	Apilar material	Tiempo total
1	95	116	90	9	17	327
2				9	14	23
3				3	10	13
4				4	21	25
5	31	238	51	9	22	351
6				4	23	27
7				5	15	20
8				4	20	24
9	45	122	70	8	17	262
10				5	21	26
11				4	27	31
12				4	18	22
13				6	16	22
14	52	157	102	10	20	341
15				8	21	29
16				8	18	26
17				9	22	31
18				8	22	30
Sumatoria total:						1630
Promedio en placas cortadas						90.56

En minutos el promedio para preparar las dos placas de una puerta es de:  
1:31 minutos.

El tiempo que se necesita para preparan las placas se cronometró, porque es una tarea que debe realizar el preparador. Sin embargo la mayoría de placas que se utilizan para fabricar puertas no

necesitan ser cortadas porque la producción de la fábrica está representada por la manufactura de puertas estándar. Solamente las puertas de dimensiones especiales son trabajadas por el preparador.

2) Corte del bastidor. El bastidor es formado por dos reglas que le dan el alto y otras dos que dan el ancho al unirse estas piezas se obtiene el bastidor (ver figura 6. Componentes de una puerta). Estas cuatro piezas las corta el mismo trabajador que realiza el preparado de los materiales, pero para fines de este proyecto el tiempo cronometrado que se presenta, representa el tiempo que se necesita para cortar un bastidor completo.

Tabla 2. Toma de tiempo de preparado (corte del bastidor)

Parte del proceso		Preparado				
Detalle del proceso		Corte del bastidor				
Fecha		20 de marzo del 2005				
Trabajador :		Operario 1				
Trabajador 1						
# de ciclo	Analizar orden	Traer material	Colocar guía	Corte de placas	Apilar material	Tiempo total
1	100	145	100	331	20	696
2				673	25	698
3				474	28	502
4				343	19	362
5				427	23	450
6	110	175	70	561	23	939
7				295	38	333
8				359	26	385
9				355	30	385
10				428	19	447
11				378	27	405
12				406	18	424
13				520	21	541
14	120	80	320	389	32	941
15				380	19	399
16				400	20	420
17				376	22	398
18				401	24	425
Sumatoria total:						9150
Promedio en número de planchas cortadas:						508.33

El tiempo que aparece en la columna de corte de bastidor es el tiempo que se necesita para cortar 37 reglas de una plancha de madera de 6' x 8' y de 1" de grosor. Para crear un bastidor se usan tres reglas, dos que dan el largo y una que se corta en dos hace el ancho de la puerta. Las 37 reglas cortadas de una plancha de madera dan 12 bastidores completos.

En minutos el trabajador se toma 7:38 minutos para cortar una plancha completa. Por bastidor el tiempo necesario es de: 38 segundos.

3) Corte del relleno. El relleno, como se dijo con anterioridad, es de duroport el cual se adquiere en planchas de 1 x ½ mts. En el corte del duroport el tiempo cronometrado es el necesitado para cortar 8 tiras de una plancha.

Tabla 3. Toma de tiempo de preparado (corte del relleno)

Parte del proceso:		Preparado				
Detalle del proceso:		Corte del relleno				
Fecha:		27 de marzo del 2005				
Trabajador :		Operario 1				
Trabajador 1						
# de ciclo	Analizar orden	Traer material	Colocar guía	Corte de duroport	Apilar material	Tiempo total
1	0	60	100	16		177
2				16		18
3				15		18
4				16		20
5				16		21
6	0			17		23
7				20		27
8				23		31
9				18	120	147
10		40		16		66
11				15		26
12				15		27
13				16		29
14	0			17		31
15				16		31

16				16		32
17				15		32
18				17	138	173
Sumatoria total:						929
Promedio en número de planchas cortadas:						51.61

Para cortar 5 tiras de duroport que son utilizadas como relleno de una puerta se necesita en promedio un tiempo de: 10 segundos.

b. Toma de tiempo del pegado. Como se aprecia en la Figura 13. Diagrama de procesos y operaciones del pegado, la actividad es realizada por dos trabajadores. Uno se encarga de las placas y el relleno y el otro del bastidor. Cuando todo está listo juntos arman lo que será una puerta. El tiempo que se cronometró para esta actividad se divide en el tiempo necesario para preparar las placas y relleno, el tiempo para preparar el bastidor y, por último, el tiempo necesario para unir las piezas.

1) Preparación de las placas y relleno. Preparar las placas y relleno consiste en untar con adhesivo las caras posteriores de las placas, pegar el relleno y untar nuevamente con adhesivo.

Tabla 4. Toma de tiempo de pegado (preparado de placas)

Parte del proceso:	Pegado				
Detalle del proceso:	Preparado de las placas				
Fecha:	1 de abril del 2005				
Trabajador :	Operario 2				
	Trabajador 2				
# de ciclo	Aplicar adhesivo	Colocar relleno	Untar con adhesivo	Retirar la placa	Tiempo total
1	38	24	25	14	101
2	65	23	25	8	121
3	32	32	25	8	97
4	26	24	24	6	80
5	34	28	35	10	107
6	34	30	27	7	98
7	36	26	30	7	99
8	30	24	25	6	85
9	33	32	33	8	106
10	37	24	24	8	93
11	34	26	25	8	93

12	33	27	23	7	90
13	38	24	30	9	101
14	36	30	27	6	99
15	35	27	26	11	99
16	41	24	26	13	104
17	27	31	25	9	92
18	21	33	25	10	89
Sumatoria total:					1754
Promedio en número de placas preparadas:					97.44

Una placa y el relleno se preparan en 1:37 minutos.

2) Preparación del bastidor. En el preparado el bastidor se unta adhesivo de los dos lados.  
El trabajador que realiza esta labor prepara cuatro bastidores por vez.

Tabla 5. Toma de tiempo de pegado (preparado del bastidor)

Parte del proceso			Pegado		
Detalle del proceso			Preparado del bastidor		
Fecha			1 de abril del 2005		
Trabajador :			Operario 1		
Trabajador 3					
#de ciclo	Posicionar bastidor	Aplicar adhesivo	Voltear el bastidor	Untar adhesivo	Tiempo total
1	109	98	27	97	331
2	95	136	25	52	308
3	191	47	30	66	334
4	115	51	27	60	253
5	90	40	29	57	216
6	94	63	23	38	218
7	187	68	35	62	352
8	102	139	30	64	335
9	151	58	38	70	317
10	161	59	28	68	316
11	130	60	29	56	275
12	98	68	30	71	267
13	100	57	30	65	252
14	120	54	27	55	256
15	112	54	27	53	246
16	96	68	25	62	251
17	97	75	31	70	273
18	160	60	22	64	306
Sumatoria total:					5106
Promedio en número de bastidores preparados:					283.67

Para preparar cuatro bastidores el operario se toma 4:44 minutos. Es decir que por bastidor se necesitan 1:11 minutos.

3) Armado final de la puerta. En esta etapa los dos trabajadores del pegado ensamblan lo que prepararon para el ensamblado de una puerta.

Tabla 6. Toma de tiempo final)

Detalle del proceso		Ensamblado final		
Fecha		1 de abril del 2005		
Trabajador :		Operario 2		
		Operario 3		
Trabajadores 2 y 3				
# de ciclo	Posicionar placa	Posicionar bastidor	Colocar pesos	Tiempo total
1	64	93	0	157
2	70	54	0	124
3	64	85	0	149
4	66	60	0	126
5	80	65	0	145
6	40	69	156	265
7	71	93	0	164
8	65	100	0	165
9	84	99	0	183
10	72	101	0	173
11	69	60	0	129
12	63	70	0	133
13	87	80	0	167
14	62	97	170	329
15	55	64	0	119
16	75	96	0	171
17	76	78	0	154

de pegado (Ensamblado

18	73	86	0	159
Sumatoria del tiempo total:				3012
Promedio en número de placas preparadas:				167.33

Una puerta se pega en 2:47 minutos. Este tiempo incluye el tiempo que se necesita para colocar los pesos que harán que la puerta quede derecha cuando seque el adhesivo.

c. Toma de tiempo del repasado. Esta parte del proceso es la única que es realizada por dos trabajadores que cuentan cada uno con una mesa de trabajo. Se cronometró el tiempo que necesita cada uno de ellos para repasar una puerta.

Debido a que las puertas tienen cuatro orillas (dos que dan el largo y dos que dan el ancho) la actividad del repasado se dividió en dos. Una tabla presenta el tiempo necesario para cortar el largo y otra tabla que muestra el corte del ancho.

1) Repasado largo de la puerta (trabajador 4)

Tabla 7. Toma de tiempo de repasado (corte del ancho)

Parte del proceso		Repasado			
Detalle del proceso		Corte del largo			
Fecha		5 de abril del 2005			
Trabajador :		Operario 4			
Trabajador 4					
# de ciclo	Colocar guía	Posicionar puerta	Cortar	Apilar puerta	Tiempo total
1	187	7	10	6	210
2	25	11	15	6	57
3		8	19	5	32
4		34	9	7	50
5		6	5	7	18
6		7	7	8	22
7		7	5	6	18
8		11	3	7	21
9		6	4	4	14

34

10		6	6	5	17
11		6	3	6	15
12		7	3	6	16
13		7	5	5	17
14		6	5	5	16
15		7	5	7	19
16		6	4	7	17
17		6	3	7	16
18		8	3	8	19
Sumatoria total					594
Promedio por corte del largo					33

El tiempo que se muestra en promedio es de 33 segundos para repasar un lado de la puerta y el que se necesita para repasar las dos orillas del largo es de 1:06 minutos.

2) Repasado ancho de la puerta (trabajador 4)

Tabla 8. Toma de tiempo de repasado (corte del largo)

Parte del proceso		<u>Repasado</u>					
Detalle del proceso		<u>Corte del ancho</u>					
Fecha		<u>5 de abril del 2005</u>					
Trabajador :		<u>Operario 4</u>					
Trabajador 4							
# de ciclo	Colocar guía	Posicionar puerta	Cortar	Voltear	Cortar	Apilar puerta	Tiempo total
1	55	33	6	16	6	7	123
2	30	15	2	12	3	6	68
3		10	3	12	3	7	35
4		12	2	10	3	5	32
5		13	2	10	2	6	33
6		12	3	11	9	6	41
7		11	3	10	3	5	32
8		11	4	11	3	5	34
9		12	11	11	4	7	45
10		12	2	16	3	12	45
11		13	4	11	4	7	39
12		12	3	11	4	8	38
13		11	5	15	3	8	42
14		11	3	12	3	7	36
15		12	2	12	3	6	35
16		15	2	10	2	6	35
17		10	3	11	5	7	36
18		12	3	11	4	5	35
Suma total							784
Promedio pro corte del ancho							82.9

El tiempo aproximado para repasar los dos extremos del ancho de una puerta es de 1:23 minutos.

Para conocer el tiempo que toma reparar una puerta completa se debe sumar los minutos necesarios para realizar el corte del largo y el corte del ancho. Al trabajador 4 le toma 2:29 minutos para realizar el repasado total.

### 3) Repasado largo de la puerta (trabajador 5)

Tabla 9. Toma de tiempo de repasado (corte del ancho)

Parte del proceso		Repasado			
Detalle del proceso		Corte del largo			
Fecha		7 de abril del 2005			
Trabajador :		Operario 5			
Trabajador 5					
# de ciclo	Colocar guía	Posicionar puerta	Cortar	Apilar puerta	Tiempo total
1	116	3	17	10	15
2	25	7	9	28	69
3	30	1	6	8	45
4		21	8	13	42
5		14	6	9	29
6		7	27	9	43
7		7	5	24	36
8		2	7	8	17
9		8	8	8	24
10		7	9	7	23
11		7	5	10	22
12		6	10	12	28
13		8	5	8	21
14		7	6	15	28
15		7	8	8	23
16		9	7	12	28
17		5	7	7	19
18		7	5	8	20
Sumatoria total					532
Promedio por corte del largo					29.6

El tiempo que se muestra en promedio es de 29.6 segundos para reparar un lado de la puerta y el tiempo que se necesita para reparar las dos orillas del largo es de 59 segundos.

#### 4) Repasado ancho de la puerta (trabajador 5)

Tabla 10. Toma de tiempo de repasado (corte del largo)

Parte del proceso		Repasado					
Detalle del proceso:		Corte del ancho					
Fecha:		7 de abril del 2005					
Trabajador :		Operario 5					
Trabajador 5							
# de ciclo	Colocar guía	Posicionar puerta	Cortar	Voltear	Cortar	Apilar puerta	Tiempo total
1	120	25	3	15	3	10	176
2	40	14	11	39	5	17	126
3		15	3	23	19	8	68
4		11	7	14	11	8	51
5		20	4	26	3	14	67
6		9	8	20	3	7	47
7		15	5	20	6	7	53
8		14	3	18	4	7	46
9		15	3	13	3	7	41
10		13	5	12	5	5	40
11		15	4	10	6	8	43
12		14	6	15	5	7	47
13		13	5	14	3	8	43
14		12	4	12	3	7	38
15		12	3	13	4	6	38
16		11	4	12	3	7	37
17		16	5	10	5	7	43
18		12	5	11	5	6	39
Suma total							1043
Promedio por corte del ancho							82.9

El tiempo aproximado para repasar los dos extremos del ancho de una puerta es de 1:23 minutos.

Para conocer el tiempo que toma repasar una puerta completa se debe sumar los minutos necesarios para realizar el corte del largo y el corte del ancho. Al trabajador 5 le toma 2:22 minutos.

Las tablas presentan el tiempo necesario para transformar todos los materiales en cada estación de trabajo para tener como producto final una puerta. Esta medida no toma en cuenta las cuatro horas que necesita el adhesivo para secar.

Para tener una idea de la producción de la planta se supondrá que el adhesivo seca inmediatamente y la producción es en línea. La Tabla 11 presenta un resumen del proceso productivo descrito en las tablas anteriores.

Tabla 11. Resumen de tiempo y actividades del proceso completo<sup>6</sup>

Parte del proceso	Tiempo total (segundos)
<b>Preparado</b>	
Placas	90.56
Bastidor	38.00
Relleno	10
<b>Pegado</b>	
Placas y relleno	97.44
Bastidor	71
Armado final	167.33
<b>Repasado</b>	
Corte del largo	66
Corte del ancho	82.9
<b>Tiempo total</b>	<b>623.23</b>

38

De la Tabla 11 se tiene que el tiempo aproximado que les toma a los trabajadores para producir una puerta es de 9:04 minutos. En siete horas efectivas de trabajo diario la producción sería de 46 puertas.

Este nivel de producción es demasiado bajo para una fábrica que busca competir con otras empresas de su misma rama. Sin embargo, la planta fabrica aproximadamente 90 puertas al día. Esta diferencia se debe a que los trabajadores no trabajan en forma secuencial sino que al mismo tiempo. Es decir que mientras el preparador trabaja los trabajadores del pegado y repasado también laboran.

<sup>6</sup> Los tiempos mostrados son de los trabajadores que más tiempo necesiten para realizar su labor.

Para no saturar de producto terminado la planta y cumplir con la demanda los trabajadores se limitan a producir en promedio 90 puertas por día. Es decir que el área establecida para albergar el producto terminado es alimentado diariamente con 90 unidades.

Cuando la meta ha sido alcanzada los operarios trabajan limpian y ordenan la planta o dan mantenimiento a las herramientas y edificio.

Es necesario saber que la producción debe seguir el comportamiento de la demanda, si esta sube la producción debe subir y si baja la producción debe hacerlo también, de lo contrario la planta presentará pérdidas económicas. Esto con relación al espacio, tema central de este trabajo, la baja en producción no acarrea tanto problema como un aumento, debido a que durante un aumento no solamente varía el espacio para el producto terminado si no que también se debe contemplar el espacio utilizado para la materia prima y el material en proceso.

Si en esta planta los operarios trabajaran efectivamente las siete horas la producción por día sería de 147 unidades. Este dato sale de tomar el tiempo de la actividad más lenta, que según Eliyahu M. Goldratt autor de *La Meta*, es la que da el ritmo productivo en toda la fábrica. Esta aseveración es cierta para cualquier producto que se haga, porque mientras esta actividad se realiza todas las demás tiene el tiempo suficiente para llevarse a cabo, siempre y cuando no hayan demoras inesperadas. En este proceso la actividad más lenta es el pegado porque para realizare la tarea los trabajadores necesitan 2:47 minutos por puerta, haciendo un total de 21 puertas en una hora y proyectado a un día son 147 unidades. Esto equivale a decir que con este método específico, la capacidad productiva de la planta es de 2940 unidades al mes. Sin embargo, por motivos de demanda la planta solamente utiliza el 58 % de esta capacidad, traduciéndose a 1725 unidades producida por mes que llevadas a producción diaria equivale a 86 unidades.

39

4. Producción histórica. Para poder asignar el espacio del producto terminado y ordenarlo de la mejor manera fue necesario conocer la producción por estilo y tamaño de las puertas. Para esto se utilizaron las órdenes de producción de cinco meses atrás para tener un dato más cercano a la realidad.

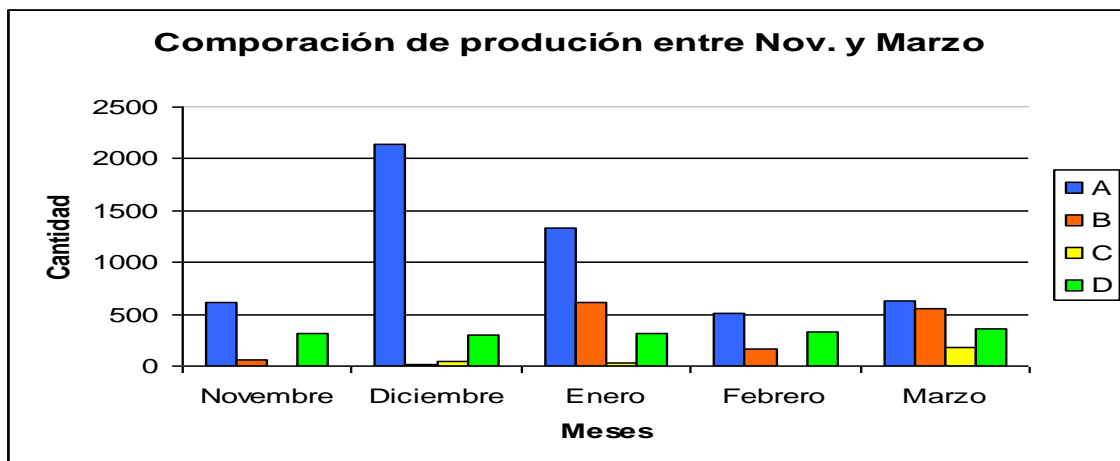
Tabla 12. Producción de puertas por estilo y dimensiones

noviembre		diciembre		enero		febrero		marzo		Promedio	
A		A		A		A		A		A	
60		60	12	60	100	60	25	60	2	60	35
65	122	65	512	65	330	65	165	65	118	65	249
70	34	70	78	70	106	70	19	70	72	70	62
75	99	75	238	75	301	75	6	75	24	75	134
80	226	80	277	80	153	80	99	80	37	80	158
85	127	85	885	85	207	85	137	85	328	85	337
90		90	138	90	134	90	53	90	42	90	92
B		B		B		B		B		B	
60	0	60	0	60	58	60	0	60	40	60	20
65	7	65	3	65	95	65	10	65	132	65	49
70	2	70	1	70	71	70	0	70	60	70	27
75	13	75	4	75	90	75	25	75	29	75	32
80	0	80	2	80	69	80	0	80	60	80	26
85	40	85	5	85	150	85	25	85	158	85	76
90	0	90	2	90	87	90	105	90	73	90	53
C		C		C		C		C		C	
60	0	60	0	60	0	60	0	60	0	60	0
65	0	65	4	65	3	65	0	65	36	65	9
70	0	70	10	70	6	70	0	70	6	70	4
75	0	75	0	75	6	75	0	75	32	75	8
80	4	80	0	80	3	80	0	80	17	80	5
85	0	85	23	85	9	85	0	85	75	85	21
90	0	90	2	90	7	90	0	90	15	90	5
Especial		Especial		Especial		Especial		Especial		Especial	
A	136	A	164	A	54	A	61	A	122	A	107
B	46	B	14	B	74	B	40	B	11	B	37
C	28	C	22	C	39	C	66	C	90	C	49
D	99	D	104	D	147	D	165	D	104	D	131
U		U		U		U		U		U	
85	0	85	0	85	0	85	11	85	7	85	4
90	0	90	0	90	0	90	0	90	0	90	0
V		V		V		V		V		V	
90	0	90	0	90	0	90	0	90	0	90	0
X		X		X		X		X		X	
85	3	85	0	85	0	85	22	85	14	85	8
90	0	90	0	90	1	90	1	90	0	90	0
Y		Y		Y		Y		Y		Y	
75	0	75	0	75	0	75	0	75	0	75	0
80	0	80	42	80	0	80	44	80	24	80	22
85	0	85	16	85	0	85	15	85	9	85	8
90	0	90	0	90	0	90		90	0	90	0
Z		Z		Z		Z		Z		Z	
70	10	70	0	70	0	70	0	70	0	70	2
75	0	75	0	75	2	75	1	75	6	75	2
80	0	80	0	80	0	80	0	80	0	80	0
85	0	85	0	85	2	85	1	85	1	85	1

La Tabla 12 muestra la producción de puertas por estilo y medida y demanda de las puertas metálicas de cada mes.

Para que sea más fácil visualizar la producción por mes de los distintos estilos se presenta la información de la tabla 12 en una gráfica.

Gráfico 1. Comparación de producción de noviembre a marzo de los diferentes estilos.



El estilo D representa todas las puertas de medida especial, no contempla el estilo.

Nótese que la gráfica no incluye las puertas metálicas

Con esta tabla se encontró que en promedio se fabrican 1725 puertas por mes. De estas: 1401 unidades son de dimensionen estándar, que representa un 81% de la producción total y 324 unidades son de dimensiones especiales, que representa un 19% de la producción total.

41

De la cantidad de puertas de tamaño estándar se encontró que se fabrican en promedio:  
 1067 puertas de estilo A, que representa el 62% de la producción  
 283 puertas de estilo B, que representa el 16% de la producción  
 52 puertas de estilo C, que representa el 3% de la producción  
 324 puertas D que son las puertas de dimensiones especiales, que representan un 19% de la producción

Gráfico 2. Participación por estilo de la producción total



Con esta información se establece que en el área de producto terminado el espacio destinado para la colocación de puertas de tamaño estándar será como mínimo un 81% del total del espacio disponible y el resto del espacio será para las puertas de dimensiones especiales. Dentro del espacio destinado para puertas de tamaño estándar la distribución será un 62% del espacio corresponderá a la colocación de puertas estilo A, el 16% para puertas estilo B y el 3% para las de estilo C.

Para ir más al detalle, dentro de cada área de un estilo en particular se pueden colocar las puertas que más demanda tenga de forma que queden más accesibles al momento de despacharse. Para esto se necesita saber el porcentaje que representa cada dimensión dentro de cada estilo.

Tabla 13. Porcentaje de puertas producidas por medidas de cada estilo

<b>Porcentaje de medida por estilo</b>							
A	%		B	%		C	%
60	3%		60	7%		60	0%
65	23%		65	17%		65	17%
70	6%		70	9%		70	9%
75	13%		75	11%		75	15%

80	15%
85	32%
90	9%

80	9%
85	27%
90	19%

80	9%
85	41%
90	9%

Esta tabla significa que de las 1067 puertas de estilo A que se producen el 32% de estas son de 85 cm de ancho. Como esta medida es la que más se produce del estilo A deberán ser colocadas de manera que tengan la mayor accesibilidad y así con las demás estilos. Se hace notar que las puertas metálicas no entran en este cálculo porque estas puertas se adquieren por 500 unidades cada vez que se compran y ya tienen un espacio fijo dentro del área de producto terminado.

Tabla 14. Porcentaje por medida y estilo del total de puertas fabricadas

<b>Porcentaje por medida y estilo del total de puertas fabricadas</b>					
<b>A</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>B</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>C</b>	<b>Porcentaje</b>
60	2%	60	1%	60	0%
65	18%	65	4%	65	1%
70	4%	70	2%	70	0%
75	10%	75	2%	75	1%
80	11%	80	2%	80	0%
85	24%	85	5%	85	2%
90	7%	90	4%	90	0%

La Tabla 14 significa que de las 1725 unidades que se producen aproximadamente en un mes las puertas de 85cm del estilo A representa el 24% del total de la producción. Esta información es útil para programar la adquisición de materia prima por que con ella se sabe que estilo y dimensiones de placas son las que se deben comprar en mayor cantidad o con mayor frecuencia.

Como se observa en la Tabla 14 los tres estilos la puerta que más se produce es la que mide 85 centímetros de ancho.

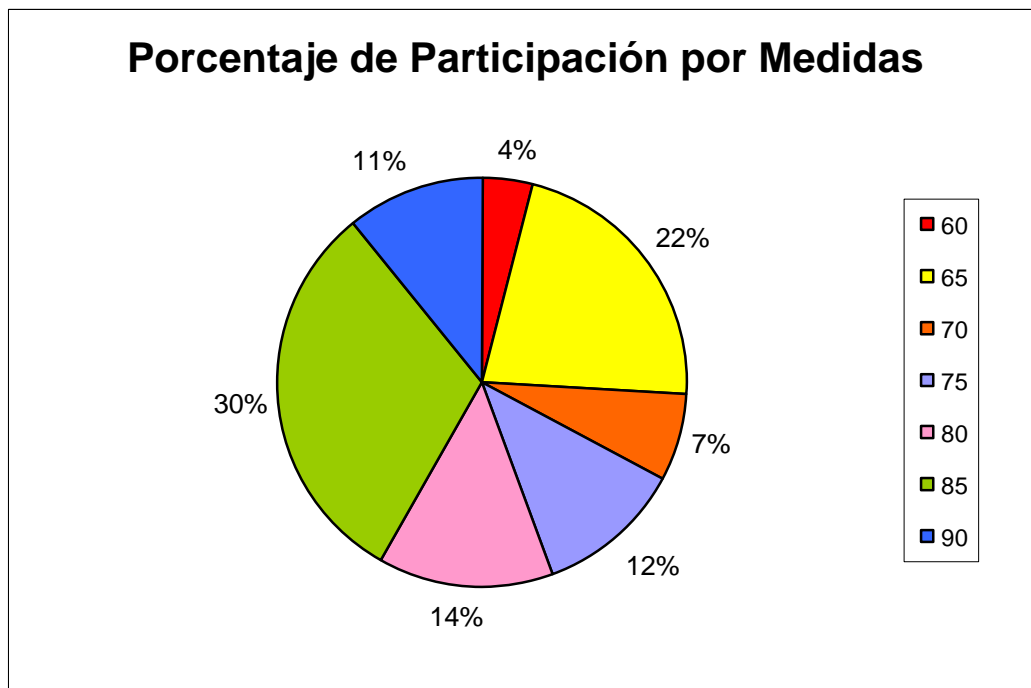
Tabla 15. Porcentaje por medida estándar

<b>Porcentaje por medida estándar</b>		
Medida	Cantidad	%
60	54	4%
65	307	22%
70	93	7%

75	173	12%
80	189	14%
85	434	31%
90	150	11%

La Tabla 15 muestra que de las 1401 puertas de medidas estándar que se fabrican, el 31% de estas son de 85cm de ancho.

Grafico 3. Participación por medida de las puertas estándar



Con los datos de la Tabla 15 el preparador puede saber las dimensiones de las puertas que más se ordenan a producción y por ende saber las dimensiones del bastidor que con más frecuencia deberá cortar.

## B. Desarrollo de un plan de bloque

Una vez determinado el tamaño necesario de cada una de las secciones, éstas se ordenan dentro del edificio existente o de la estructura a construir que haya de englobarlas, teniendo en cuenta criterios cuantitativos y cualitativos.

Con la información contenida en los datos que se recolectaron se colocaron las secciones de manera que optimizara la distribución física de la fábrica. Debido a la falta de recursos económicos y que el proceso es altamente artesanal, el nuevo diagrama tenía que acomodarse a las circunstancias actuales y debía estar enfocado en mayor medida a las condiciones del trabajador, y no tanto al material. Sin embargo, se debe recordar que si se altera la situación presente de los operarios se altera también la situación de los productos, entonces fue necesario encontrar un punto de equilibrio en el cual las mejoras beneficiaran tanto a los trabajadores y al material. Al integrar toda la información se construyó un plan de bloque que muestra la locación de todas las áreas que debe albergar la planta.<sup>7</sup>

## C. Distribución detallada

En una distribución detallada los equipos y máquinas se ordenan dentro de cada departamento, teniendo en cuenta el espacio de movilización de los operarios, obteniéndose con ello una distribución detallada de las instalaciones y todos sus elementos.

Al incluir en el plan de bloque todos los detalles concernientes al requerimiento de espacio de cada elemento de producción se obtuvo un “layout” que muestra las medidas exactas de cada elemento dentro de la planta.<sup>8</sup>

45

Es importante notar que los cambios que se sugieren realizar en la planta son de movimientos de maquinaria, materiales y trabajadores, no intenta por ningún motivo que se compren o vendan artículos del inventario de la planta o que se contraten o despidan trabajadores.

---

<sup>7</sup> Ver Figura 19. Plan de Bloque. Pg. 57

<sup>8</sup> Ver Figura 20. Layout de la distribución propuesta de la planta productora de puertas. Pg. 58

El diagrama muestra que se conservó la disposición del producto terminado porque funciona como barrera visual entre los clientes y el proceso productivo. De igual manera se conservó el orden de las mesas de la actividad de repasado, porque como se dijo antes es funcional, cumple con el principio de menor distancia recorrida y por su cercanía al área de producto terminado que es la siguiente y última estación para el material. También se debe notar que la estantería de molduras, la cual contiene las piezas que forman el marco de la puerta una vez instalada, se movió pocos metros hacia la parte frontal del edificio, cerca del área de preparado de pedidos.

Es pertinente hacer notar que el proceso se colocó de manera que el material avance desde el fondo de la fábrica hacia el área de producto terminado que está cerca de la puerta de salida. Con esto se logra que el material recorra la menor distancia entre una estación de trabajo y la siguiente, evitando así su deterioro y extravío. Nótese también que la materia prima está posicionada cerca del preparador para que este se desplace lo menos posible de su lugar de trabajo. Sin embargo, las placas, que es otra materia prima, se localizan lejos del preparador porque se debe recordar que los trabajadores que realizan el pegado también deben tener acceso a este material, y no deben interrumpir la labor de otros trabajadores.

El “layout” propuesto contempla un área de producto terminado que tiene localizaciones específicas para cada estilo de puerta, sin embargo no se muestra el ordenamiento de las dimensiones por estilo, ya que esta colocación se dejará a disposición del trabajador encargado del despacho de producto.

En el “layout” propuesto se prosiguió a mostrar los recorridos que los trabajadores harían. Estos recorridos sin embargo se hicieron en base a los diagramas de operaciones y procesos de las páginas 21 a 26 y no contemplan ni estima ninguna medición de tiempo de las actividades.

## 1. Diagramas de recorrido en distribución propuesta

a. Recorrido del prepasado<sup>9</sup>. Como se aprecia en el diagrama el preparador, que antes recorría toda la planta para recolectar la materia prima que necesitaba trabajar, ahora se mueve aproximadamente tres pasos alrededor de su mesa de trabajo, y se aleja solamente a traer placas, material que no siempre trabaja.

b. Recorrido del pegado<sup>10</sup>. A pesar que los trabajadores que realizan el pegado van de un extremo de la planta al otro, ya no interfieren con las actividades de los otros trabajadores, lo cual era algo bastante serio. Hay que notar que la estación de trabajo del pegado tiene ya un lugar específico dentro de la distribución de la planta y se localiza en medio del preparado y el repasado, lo que minimiza la distancia entre estaciones de trabajo. También se creó un lugar específico para colocar el material mientras seca el adhesivo, logrando así que las vías de paso no se obstruyan.

c. Recorrido del repasado<sup>11</sup>. El diagrama original muestra que el recorrido de los repasadores está condensado cerca de su mesa de trabajo<sup>12</sup>. El nuevo recorrido muestra, sin embargo, que el trabajador se aleja más de su área de trabajo, contradiciendo las premisas de distribución<sup>13</sup>, pero se hace así para obligar al operario a que se responsabilice del material que trabajará, antes de que llegue a su estación de trabajo. Esta modalidad tiene también como objetivo hacer que los trabajadores se involucren más con el proceso en general y no solamente con la tarea que realizan, esto para disminuir la indiferencia por parte de los trabajadores hacia el material que se trabajó en la estación anterior y lograr así la disminución en el extravío de piezas.

Se debe notar que se decidió colocar una tarima en el frente de la mesa de los repasadores para que estos coloquen allí las puertas repasadas y sean llevadas al área de producto terminado como un lote para reducir el tiempo de almacenaje del producto terminado.

47

d. Recorrido total del proceso<sup>14</sup>. En esta propuesta de distribución de espacio físico que integra todos los diagramas de recorrido se puede apreciar que todas las actividades de los trabajadores se concentran en el fondo de la planta, ya no se da la interrupción laboral, las vías de

---

<sup>9</sup> Ver Figure 21. Diagrama de recorrido del preparado en diagrama propuesto. Pg.59

<sup>10</sup> Ver Figura 22. Diagrama de recorrido del pegado en diagrama propuesto. Pg.60

<sup>11</sup> Ver Figura 23. Diagrama de recorrido del repasado en diagrama propuesto. Pg. 61

<sup>12</sup> Ver Figura 17. Diagrama de recorrido actual de los trabajadores de repasado. Pg. 55

<sup>13</sup> Ver 6. Camino hacia la optimización. Pg.18

<sup>14</sup> Ver Figura 24. Diagrama de recorrido total del proceso en distribución propuesta. Pg. 62

paso no se obstruyen, la planta se ve más ordenada y se protege el proceso de los ojos de la posible competencia.

## **VII. CONCLUSIONES**

Después de haber realizado una evaluación a la fábrica que produce puertas se llegó a la conclusión que uno de sus problemas más graves era el alto tiempo de despacho de productos terminados a

clientes. La causa directa a este problema es el constante extravío de las piezas que conforman el pedido. Pero la causa de raíz, es la mala distribución del espacio y el desorden creado por esta mala distribución, lo cual era necesario resolver para terminar de una buena vez con el problema.

A pesar de la limitante de no tener la disponibilidad de gastar dinero en el proyecto de optimización de espacio, de la información que se recopiló se obtuvo un “layout” real y útil para esta fábrica que se basa exclusivamente en el movimiento de estaciones de trabajo y materia prima. Se confía que si este “layout” se toma como modelo y se pone en práctica se resolverá el problema mencionado disminuyendo el tiempo de despacho, al tiempo que se necesite para subir el pedido completo al vehículo del cliente y llenar la nota de entrega. Se espera que este tiempo no sea mayor a 15 minutos.

Con lo que se mostró, el trabajo realizado queda como molde y fija reglas para futuras redistribuciones. Inclusive se pueden aplicar aun si se traslada la planta a otro lugar porque no discriminan la forma ni tamaño o complejidad de la estructura del edificio que albergará el proceso. Sin embargo si se contempla la idea de adquirir maquinaria dentro de un proyecto de redistribución es necesario realizar estudios de costo / beneficio, de compatibilidad con el espacio disponible y otros.

Por medio de una distribución en planta planificada se consigue el mejor funcionamiento de las instalaciones porque la distancia a recorrer por parte del material es menor, la materia prima está accesible para los que lo necesitan, todos los trabajadores saben exactamente la locación de una puerta por estilo y dimensiones.

- Para mantener el orden y la limpieza de la fábrica es necesario crear reglas que impulse y obligue el orden, porque sin ellas no existe distribución capaz de luchar contra el desorden de los trabajadores.
- Impartir cursos de capacitación a los trabajadores para que estos conozcan bien su tarea y la importancia que tiene dentro del proceso y se sientan pertenecientes a al empresa. De esta manera se mejorará la calidad del producto final.
- Se recomienda, antes de contratar a algún trabajador, realizar pruebas de aptitud y conocer su capacidad para trabajar con este tipo de producto.
- Para mejorar la calidad del producto final conviene realizar un estudio en cada estación de trabajo y de materia prima.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

- 1) Freivalds, Andris; B. Niebel. 2001. *Ingeniería industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo*. Méxco, D.F., Alfaomega.728 págs.
- 2) Konz, Stephan. 1998. *Diseño de instalaciones industriales*. Trad. Luis Carlos Emerich Zazueta. Méxco, D.F., Limusa. 399págs.
- 3) Michel, Piere.1975. *Distribución en Planta*. Trad. Francisco Tarabibi-Castellani. Bilbao, Ediciones Deusto.135 págs.
- 4) Ponce, Andrés Quijano. *Distribución en Planta*  
<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/distriplantacar.htm>





Figura 16. Recorrido actual de los trabajadores de pegado



Figura 17. Recorrido actual de los trabajadores de repasado





Figura 19. Plan de bloque

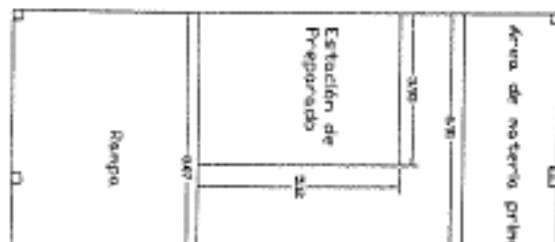




Figura 21. Diagrama de recorrido del preparado en diagrama propuesto

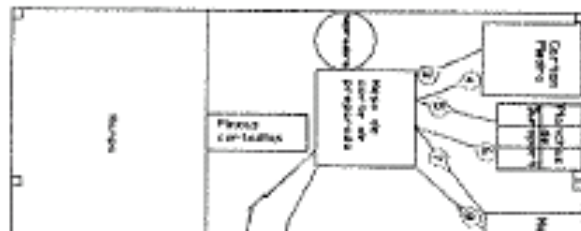


Figura 22. Diagrama de recorrido del pegado en diagrama propuesto

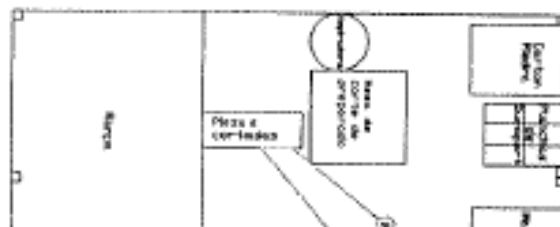


Figura 23. Diagrama de recorrido del repasado en diagrama propuesto

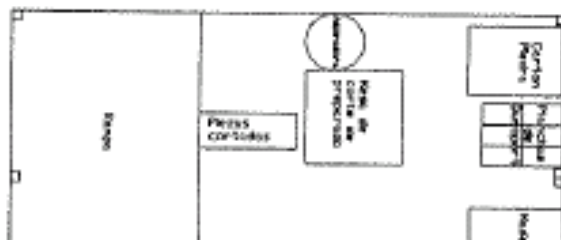


Figura 24. Diagrama de recorrido total del proceso en distribución propuesta

