

## REPOSITORIO ACADÉMICO DIGITAL INSTITUCIONAL

**“Propuesta de distribución de planta, para reducir los tiempos de transporte, mediante la utilización de la metodología de Muther, en la fábrica de cocinas integrales DIKA”**

**Autor: Jonathan Ricardo Pantoja Gutiérrez**

**Tesis presentada para obtener el título de:  
Ingeniero Industrial en Procesos y Servicios**

**Nombre del asesor:  
Martin Mendoza Balderas**

Este documento está disponible para su consulta en el Repositorio Académico Digital Institucional de la Universidad Vasco de Quiroga, cuyo objetivo es integrar, organizar, almacenar, preservar y difundir en formato digital la producción intelectual resultante de la actividad académica, científica e investigadora de los diferentes campus de la universidad, para beneficio de la comunidad universitaria.

Esta iniciativa está a cargo del Centro de Información y Documentación “Dr. Silvio Zavala” que lleva adelante las tareas de gestión y coordinación para la concreción de los objetivos planteados.

Esta Tesis se publica bajo licencia Creative Commons de tipo “Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada”, se permite su consulta siempre y cuando se mantenga el reconocimiento de sus autores, no se haga uso comercial de las obras derivadas.





**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
EN PROCESOS Y SERVICIOS**

**TESIS**

Propuesta de distribución de planta, para reducir los tiempos de transporte, mediante la utilización de la metodología de Muther, en la fábrica de cocinas integrales DIKA, para obtener el título de:  
**INGENIERO INDUSTRIAL EN PROCESOS Y SERVICIOS**

**PRESENTA**

**JONATHAN RICARDO PANTOJA GUTIÉRREZ**

**ASESOR**

**M.I.I. MARTIN MENDOZA BALDERAS**

**MORELIA MICH., 25 DE MARZO DEL 2015**

**Contenido**

Índice de figuras ..... 3

**Resumen ..... 5**

    Antecedentes ..... 6

    Definición del problema ..... 6

    Objetivo general ..... 7

    Objetivos particulares ..... 7

    Justificación ..... 7

    Hipótesis ..... 8

**Capítulo I La Empresa DIKA ..... 9**

    1.1 Historia ..... 9

    1.2 Ubicación y Proceso ..... 9

    1.3 Proceso ..... 10

    1.4 Organigrama de la Empresa Dika ..... 10

**Capítulo II Toma de Tiempos con Cronómetro ..... 12**

    2.1 Introducción ..... 12

    2.2 Definición y Alcance ..... 14

    2.3. Desarrollo ..... 14

**Capítulo III SLP ..... 17**

    3.1 Introducción ..... 17

    3.2 Fases de Desarrollo ..... 18

    3.3 Pasos de la metodología de Muther ..... 18

**Capitulo IV Distribución de Planta ..... 25**

    4.1 Introducción ..... 25

    4.2 Las características para una distribución de planta son: (Bendell, 2009) ..... 25

    4.3 Parámetros para la elección de una adecuada Distribución de Planta: ..... 26

    4.4 Tipos Básicos de Distribución en Planta: (Bendell, 2009) ..... 27

        4.4.1 Distribución por Procesos ..... 27

        4.4.2 Distribución por Producto o en Línea ..... 30

        4.4.3 Distribución de Posición Fija ..... 32

        4.4.4 Distribuciones Híbridas: Las células de Trabajo ..... 33

**Capítulo V Promodel ..... 46**

    5.1 Introducción ..... 46

    5.2 Menú de construcción (BUILD) ..... 47

    5.3 Ventajas y desventajas de la Simulación ..... 49

<b>Capítulo VI PROPUESTAS DE MEJORA.....</b>	<b>51</b>
<b>6.1 Metodología .....</b>	<b>51</b>
<b>6.2. Aplicación.....</b>	<b>53</b>
<b>6.3. RESULTADOS .....</b>	<b>59</b>
<b>6.4 Análisis Financiero.....</b>	<b>66</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>67</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>67</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>68</b>
<b>Anexo 1.....</b>	<b>68</b>

### Índice de figuras

Figura 1 Mapa de ubicación de la empresa Dika.....	9
Figura 2 Pasos para la elaboración de cocinas.....	10
Figura 3 Organigrama de la empresa Dika.....	11
Figura 4 Formato de tiempos por cronómetro.....	16
Figura 5 Metodología Systematic Layout Planning (SLP).....	17
Figura 6 Metodología SLP.....	21
Figura 7 Metodología SLP.....	22
Figura 8 Distribución por procesos.....	28
Figura 9 Distribución en línea.....	30
Figura 10 Sistemas de fabricación flexible.....	37
Figura 11 Célula flexible.....	38
Figura 12 Fabricación en máquinas CN y máquinas convencionales.....	40
Figura 13 Mecanizado sin transporte .....	40
Figura 14 Fabricación flexible en paralelo .....	40
Figura 15 Línea transfer flexible.....	41
Figura 16 Disposición en paralelo.....	42
Figura 17 Layout actual de la empresa.....	53
Figura 18 Cantidad de productos a producir.....	54
Figura 19 Layout Actual.....	54
Figura 20 Relación entre las áreas.....	55
Figura 21 Relación entre las áreas.....	56
Figura 22 Diagrama relacional de espacios.....	57

Figura 23 Layout Propuesto.....	58
Figura 24 Diagrama de piso del layout actual.....	59
Figura 25 Diagrama de piso del layout propuesto.....	60
Figura 26 Simulación de distribución actual.....	61
Figura 27 Simulación de distribución propuesta.....	62

### **Índice de Tablas y Graficas**

Tabla 1 Descripción de puestos.....	10
Tabla 2 Resumen de la Simulación actual.....	62
Tabla 3 Resumen de la Simulación propuesta.....	63
Gráfica 1 Tiempo promedio del sistema.....	64
Gráfica 2 Promedio del tiempo de lógica del movimiento.....	64
Gráfica 3 Tiempo promedio de operación.....	65
Gráfica 4 Cocinas producidas.....	65

## **Resumen**

El objetivo en este trabajo es proponer algunas de las actividades que en este caso se enfocan en el trabajo Ingeniería Industrial, ya que hoy día no es competitivo quien no cumple con (Calidad, Producción, Bajos Costos, Tiempos Estándares, Eficiencia, Innovación, Nuevos métodos de trabajo, Tecnología.), que hacen que cada día la productividad sea un punto de cuidado en los planes a largo y mediano plazo. Que tan productiva o no sea una empresa podría demostrar el tiempo de vida, de dicha corporación, además de la cantidad de producto fabricado con total de recursos utilizados. (Davenport, 2008).

Mediante este trabajo se pretende lograr que la empresa DIKA tenga una mejor distribución de planta, mediante la reducción de tiempos de traslado de materiales. Todo esto pensado para que tanto la empresa como los empleados estén en un buen ambiente de trabajo y entre todos poder generar resultados positivos, los cuales benefician a todos, y así poder satisfacer las necesidades del cliente. (Hammer Michael, 1997)

## **Prefacio**

Como consecuencia de nuestra participación en proyectos relacionados con implementación de herramientas de calidad, se decidió continuar con la investigación en esta línea, presentando la tesis.

La misma, está estructurada en los apartados convencionales que cualquier trabajo de investigación debe contener, es decir; introducción, justificación, hipótesis, objetivos, análisis teórico, método, resultados, discusión y conclusiones. Finalmente, se adjuntó el apartado de bibliografía y diferentes anexos que posteriormente comentaremos.

(Brunet Luc, 2010)

En la introducción se pone de manifiesto las razones que llevaron inicialmente a la primera formulación histórica sobre la implementación de la distribución de planta, que nos ayudaran a regular la forma de producir cocinas integrales, ya que se está en proceso de expansión y se necesita mecanismos que garanticen altos niveles de calidad en la producción de cocinas. Además, en la misma se argumenta como la puesta en marcha de una adecuada distribución de planta, sin lugar a dudas, un procedimiento muy efectivo para la reducción de tiempos de

traslado y manejo de material, razón suficientemente importante por sí sola como para justificar su implantación y desarrollo. Se fijó como objetivo general de este trabajo el de diseñar una herramienta en base a indicadores de calidad que permitiera la evaluación total en la producción de toda la empresa.

### **Antecedentes**

La empresa DIKA S. DE R.L., es una empresa de cocinas integrales, que surgió en el año 2000. DIKA se ha posicionado en el mercado dentro de las mejores empresas de cocinas integrales, siendo una empresa de calidad ya que la materia prima cuenta con los estándares de calidad establecidos por la empresa. Doce años en el mercado los hace una empresa seria, que día a día va creciendo.

Dika surge de una forma muy sencilla, con los conocimientos básicos de carpintería en la colonia Manantiales. Gracias al arduo trabajo, la empresa creció y tuvo que cambiarse a un lugar más grande. En la actualidad la empresa se encuentra en la calle Eucalipto 63 en la Colonia Los Ángeles.

A medida que fue pasando el tiempo, y al trabajo realizado en algunas constructoras, se lanzaron nuevos productos como closets, y equipos de oficina, siendo un buen parteaguas para introducir en otro mercado.

### **Definición del problema**

“¿Qué propuesta de redistribución de planta permiten mejorar el aprovechamiento del espacio disponible y las distancias recorridas en el manejo de materiales, en una organización dedicada a la elaboración de cocinas integrales?”

Preguntas específicas:

¿Cuáles son las características de la configuración actual de la planta?, ¿Cuál es el proceso de elaboración de cocinas integrales que realiza la empresa?, ¿Qué dimensiones tiene la maquinaria, equipo y área de producción?, ¿Cuál es la capacidad instalada del proceso de producción?

### **Objetivo general**

- Establecer una propuesta de distribución de planta para reducir las distancias recorridas en el manejo de materiales para representar el mejor aprovechamiento del espacio disponible y las distancias recorridas en el manejo de materiales, contemplando las herramientas, toma de tiempos con cronometro y la metodología SLP (Systematic Layout Planning), con el apoyo del software Promodel.

### **Objetivos particulares**

1. Identificar las características de la configuración actual de la planta.
2. Integrar de todos los factores que afecten la distribución.
3. Utilizar de forma “efectiva” todo el espacio.
4. Estudiar los tiempos con cronometro.
5. Simular con Promodel la distribución de la planta.

### **Justificación**

Uno de los principales objetivos de las organizaciones es en primera instancia la permanencia en el mercado para posteriormente lograr el reconocimiento y posicionamiento del producto en la mente del consumidor.

Una adecuada distribución o configuración de planta es básica para la optimización de procesos y esto ha contribuido al mejor posicionamiento de las organizaciones que la han implementado. Al encontrarse la distribución de planta en la logística interna, puede ayudar a la generación de la ventaja competitiva la cual desemboca en una ventaja económica al reducir



tiempo, distancia, energía, mano de obra, manejo de materiales y contribuye a un mejor control sobre la calidad e inventarios.

El presente trabajo tiene como objetivo, analizar el estudio de la planeación de la distribución en la fábrica de cocinas DIKA, para reducir los tiempos de transporte, y así ayudar al proceso de producción para reducir el tiempo de proceso de elaboración del cocinas y por consiguiente ver las mejoras que se podrían dar en cuanto a costos o capacidad de producción.

Relevancia para la empresa:

a) ¿Cuál es su trascendencia para la empresa?:

El mejorar la distribución de planta con la que cuenta la empresa.

b) ¿Quiénes se beneficiarán con los resultados de nuestra investigación?:

La empresa DIKA y sus clientes

c) ¿De qué modo?:

Podrán tener una buena distribución de planta que les permita reducir tiempo y costos en el proceso de elaboración de cocinas integrales.

d) ¿Que alcance social tiene?

Mejor aprovechamiento del tiempo y del espacio de las instalaciones.

### **Hipótesis**

Una adecuada distribución de planta permite un mejor aprovechamiento del espacio disponible y reducción de la distancia recorrida en el manejo de materiales en una organización dedicada a la fabricación de Cocinas integrales.

### **Variables.**

En el enunciado del problema intervienen cuatro variables:

1. Distribución de planta (variable independiente).
2. Espacio (variable dependiente).

3. Distancia recorrida (variable dependiente)
4. Manejo de materiales (variable dependiente).

## Capítulo I La Empresa DIKA.

### 1.1 Historia.

La empresa DIKA S DE RL., es una empresa de cocinas integrales, que surgió en el año 2000. DIKA se ha posicionado en el mercado dentro de las mejores empresas de cocinas integrales, siendo una empresa de calidad ya que la materia prima cuenta con los estándares de calidad establecidos por la empresa. 10 años en el mercado nos hacen una empresa seria, que día a día va creciendo.

Dika surge de una forma muy, sencillas con las herramientas básicas de carpintería en la colonia Manantiales. Gracias al arduo trabajo, la empresa creció y tuvo que cambiarse a un lugar más grande. En la actualidad la empresa se encuentra en la calle Eucalipto 63 en la Colonia Los Ángeles.

### 1.2 Ubicación y Proceso.

La empresa se localiza en la calle Eucalipto 63, como se observa en la figura 1.

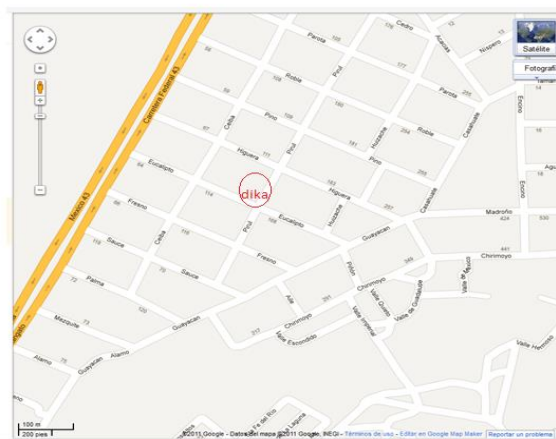


Figura 1 Mapa de ubicación de la Empresa Dika.

### 1.3 Proceso.

El proceso que se lleva a cabo en la fabricación de cocinas integrales se muestra en la figura 2.



Figura 2 Pasos para la elaboración de Cocinas.

### 1.4 Organigrama de la Empresa Dika.

La descripción de puestos se muestra en la tabla 1, además del organigrama mostrado en la figura 3:

<b>Nombre</b>	<b>Puesto</b>
Rubén Valencia Torres	Administrativo, Contabilidad
Mario Soto Magaña	Director
José Ramos Rojas	Supervisor de Producción
José Gabriel Serrano Niño	Supervisor, Instalador, pintura, armado
Mario Soto Guzmán	Ventas
Ángel Eduardo Guillen Álvarez	Instalador, armado, ajuste de cocinas
Fernando Ureta Ambriz	Cortador, chapeado, armado
Orlando Cruz Osorio	Instalador, chapeado, armado
Heriberto Villagómez Gutiérrez	Instalador, chapeado
Emanuelle Granados	Chapeado, almacén, fabricado de puertas
Cristian Fernando Ureta G.	Armado, ajuste
Mónica Villagómez	Ventas, sala de exhibición
Miguel Mora Sánchez	Pintura, ajuste
Jesús Esquivel	Ayudante de pintura, lijado
Eder Noyola Juárez	Lijado
Julio Cesar Molinero Rodríguez	Armado
Jovani Rodríguez Avalos	Ayudante de Instalación, lijado

Tabla 1 Descripción de puestos

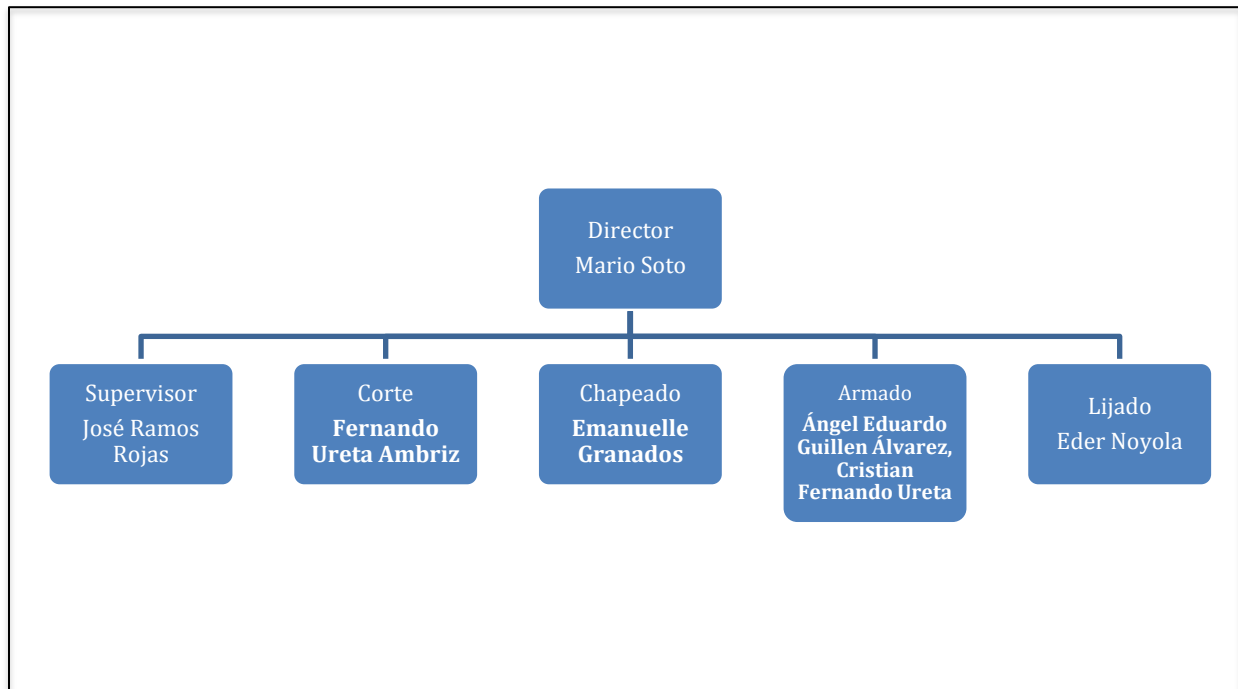


Figura 3 Organigrama de la empresa Dika.

## Capítulo II Toma de Tiempos con Cronómetro.

### 2.1 Introducción

A Frederick W. Taylor se le considera el padre del estudio de tiempos, pero antes de que se le diera mayor auge a esta práctica ya se venía dando desde 1760, por un francés apellidado Perronet quién realizó estudios sobre la fabricación de alfileres del no.6. A medida que fue pasando el tiempo Charles Babbage hizo estudios de tiempos relacionados con alfileres comunes del no.11, y cuyos resultados sorprendieron ya que determinó que una libra de alfileres (5,546 unidades) debían fabricarse en 7.6892 horas, con esto el estudio de tiempos formo parte de las herramientas más importantes para la medición del trabajo. (Niebel, B., 2009)

Debido a los grandes resultados obtenidos en los estudios anteriores, Taylor comenzó su trabajo de estudio de tiempos, paso tiempo buscando el sistema adecuado para la medición del trabajo y doce años después desarrolló un sistema basado en "tareas" en donde proponía que la administración de una empresa debía encargarse de planear el trabajo de cada empleado por lo menos con un día de anticipación y que cada hombre debía recibir instrucciones por escrito que describieran su tarea a detalle para evitar confusiones. (Niebel, B., 2009)

En el año de 1903, Taylor presentó su famoso artículo "Administración del taller", cuya metodología fue aceptada por muchos industriales reportando resultados muy satisfactorios, a tal grado que hasta la fecha se sigue utilizando en la industria. C. Bernard Thompson informó acerca de 113 plantas o fábricas que habían implantado la "administración científica", con esto Taylor demostró que había establecido una nueva forma de administrar el trabajo.

A medida que se fue implementando esta "Administración científica" solo 59 consideraron que habían tenido éxito rotundo, 20 sólo éxito parcial y 34 un fracaso completo. Finalmente, en julio de 1947 se aprueba una ley que permite utilizar el estudio de tiempos en la Secretaría de Guerra de los Estados Unidos, con esto probó que la toma de tiempos en las empresas que fracasaron se debía a que no se había implementado de forma correcta. En la actualidad no

existe ninguna restricción en la aplicación de estudio de tiempos con cronometro en ninguna empresa o país industrializado. (Niebel, B., 2009)

## **2.2 Definición y Alcance.**

El estudio de tiempos por cronómetro es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible cuánto dura una operación, en la que interviene un trabajador calificado, partiendo de un número de observaciones, el tiempo para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido. (Galoway, 2008)

### Alcance

Debemos compaginar las mejores técnicas y habilidades disponibles a fin de lograr una eficiente relación hombre-máquina, después se establece lo siguiente:

Se establece un método, la responsabilidad de determinar el tiempo requerido para fabricar el producto queda dentro del alcance del presente trabajo. También está incluida la responsabilidad de vigilar que se cumpla la mejor distribución de las áreas, y de que los trabajadores sean retribuidos adecuadamente según su rendimiento. Estas medidas incluyen también la definición del problema en relación con el costo esperado, la reparación del trabajo en diversas operaciones, el análisis de cada una de éstas para determinar los procedimientos de manufactura más económicos según la producción considerada, la utilización de los tiempos apropiados y, finalmente, las acciones necesarias para asegurar que el método prescrito sea puesto en operación cabalmente. (Bendell, 2009)

## **2.3. Desarrollo.**

Elementos y preparación para el Estudio de tiempos.

Debemos de tomar en cuenta que para llevar a cabo una toma de tiempos, el analista tenga la experiencia y conocimientos necesarios y que comprenda en su totalidad una serie de elementos como la selección de la operación, la operación se va a medir, el tiempo depende del objetivo general que perseguimos con el estudio de la medición, dicha medición se registra en un formato como se muestra en la figura 4.

Al elegir al trabajador se deben considerar los siguientes puntos:

- a) Habilidad.
- b) Deseo de cooperación.
- c) Temperamento.
- d) Experiencia.

Pasos básicos para su realización

### **1 Preparar:**

- Seleccionar la operación.
- Seleccionar al trabajador.
- Realizar un análisis de comprobación del método de trabajo.
- Establecer una actitud frente al trabajador.

### **2 Ejecutar:**

- Obtener y registrar la información.
- Descomponer la tarea en elementos.
- Se cronometra.
- Calcular el tiempo observado.

### **3 Valorar:**

- Valorar el ritmo normal del trabajador promedio.
- Aplicar las técnicas de valoración.
- Calcular el tiempo base o el tiempo valorado.

### **4 Suplementos:**

- Analizar demoras.
- Estudiar fatiga.
- Calcular suplementos y sus tolerancias.







### **3.2 Fases de Desarrollo**

A continuación se mencionaran las cuatro fases o niveles de la distribución en planta:

Fase I: Localización. Aquí debe decidirse la ubicación de la planta a distribuir. Al tratarse de una planta completamente nueva se buscará una posición competitiva, que permita que la empresa tenga factores relevantes, en los cuales se tenga una mayor satisfacción de las ventajas competitivas. En caso de una redistribución el objetivo será determinar si la planta se mantendrá en el emplazamiento actual o si se trasladará hacia un edificio recién adquirido, o hacia un área similar potencialmente disponible.

Fase II: Distribución General del Conjunto. Aquí se establece el flujo para el área que va a ser distribuida y se indica también el tamaño, la relación, y la configuración de cada actividad principal, departamento o área, esto quiere decir que las áreas que deben de estar juntas, son las que tienen mayor relación en el proceso, sin preocuparse todavía de la distribución en detalle. El resultado de esta fase es un bosquejo o diagrama a escala de la futura planta.

Fase III: Plan de Distribución Detallada. Es la preparación del plan de distribución e incluye la planificación de donde van a ser colocados los puestos de trabajo, así como la maquinaria o los equipos.

Fase IV: Instalación. Esta última fase implica los movimientos físicos y ajustes necesarios, más que se aplica la distribución obtenida de todo este estudio, conforme se van colocando los equipos y máquinas, ya que los resultados no son 100% exactos, se deben adaptar al lugar establecido, para lograr la distribución en detalle que fue planeada.

### **3.3 Pasos de la metodología de Muther.**

Para poder desarrollar esta metodología de la manera más adecuada, necesitamos seguir los siguientes pasos:

#### **Paso 1: Análisis producto-cantidad**

Lo primero que se debe conocer para realizar una distribución en planta es determinar qué se va a producir y en qué cantidades, para poder determinar las relaciones entre las áreas. A partir

de este análisis es posible determinar el tipo de distribución adecuado para el proceso objeto de estudio. En cuanto al volumen de información, pueden presentarse situaciones variadas, porque el número de productos puede ir de uno a varios miles. Si la gama de productos es muy amplia, convendrá formar grupos de productos similares, para facilitar el tratamiento de la información, para compensar que la formulación de previsiones para un solo producto puede ser poco significativa. Posteriormente se organizarán los grupos según su importancia, de acuerdo con las previsiones efectuadas, se recomienda la elaboración de un gráfico en el que se representen en abscisas los diferentes productos a elaborar y en ordenadas las cantidades de cada uno. Los productos deben ser representados en la gráfica en orden decreciente de cantidad producida. En función del gráfico resultante es recomendable la implantación de uno u otro tipo de distribución.

**Paso 2:** Análisis del recorrido de los productos (flujo de producción).

Se trata en este paso de determinar la secuencia y la cantidad de los movimientos de los productos por las diferentes operaciones durante su procesado. A partir de la información que no s arroje el proceso productivo y de los volúmenes de producción, se elaboran gráficas y diagramas descriptivos del flujo de materiales.

Tales instrumentos no son exclusivos de los estudios de distribución en planta; pueden ser los mismos empleados en los estudios de métodos.

Entre estos se cuenta con:

- Diagrama de Proceso.
  
- Diagrama de acoplamiento.
  
- Curso gramas analíticas.
  
- Diagrama multiproducto.
  
- Matrices origen- destino.
  
- Diagramas de hilos.

➤ Diagramas de recorrido.

Estos diagramas nos proporcionan un punto de partida para su planteamiento. Estos diagramas nos facilitan poder partir de ellos y establecer puestos de trabajo, líneas de montaje principales y secundarias, áreas de almacenamiento, etc.

**Paso 3:** Análisis de las relaciones entre actividades

Conociendo el recorrido de los productos, debe plantearse el tipo y la intensidad de las interacciones existentes entre las diferentes actividades productivas, los medios auxiliares, los sistemas de manipulación y los diferentes servicios de la planta. Estas relaciones no se limitan a la circulación de materiales, pudiendo ser ésta irrelevante o incluso inexistente entre determinadas actividades. El hecho de que no exista un flujo del material entre dos actividades no implica que no puedan existir otro tipo de relaciones que determinen la necesidad de proximidad entre ellas; o que las características de determinado proceso requieran una determinada posición en relación a determinado servicio auxiliar. El flujo de materiales es solamente una razón para la proximidad de ciertas operaciones unas con otras.

Entre otros aspectos, el proyectista debe considerar en esta etapa las exigencias constructivas, ambientales, de seguridad e higiene, los sistemas de manipulación necesarios, el abastecimiento de energía y la evacuación de residuos, la organización de la mano de obra, los sistemas de control del proceso, los sistemas de información, etc.

Esta información resulta de vital importancia para poder integrar los medios auxiliares de producción en la distribución de una manera racional. Para poder representar las relaciones encontradas de una manera lógica y que permita clasificar la intensidad de dichas relaciones, se emplea la tabla relacional de actividades (Figura 6), consistente en un diagrama de doble entrada, en el que quedan plasmadas las necesidades de proximidad entre cada actividad y las restantes según los factores de proximidad definidos a tal efecto. Es habitual expresar estas necesidades mediante 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); lo no deseable se representa por la letra X.

En la práctica, el análisis de recorridos se emplea para relacionar las actividades directamente implicadas en el sistema productivo, mientras que la tabla relacional permite integrar los medios auxiliares de producción.

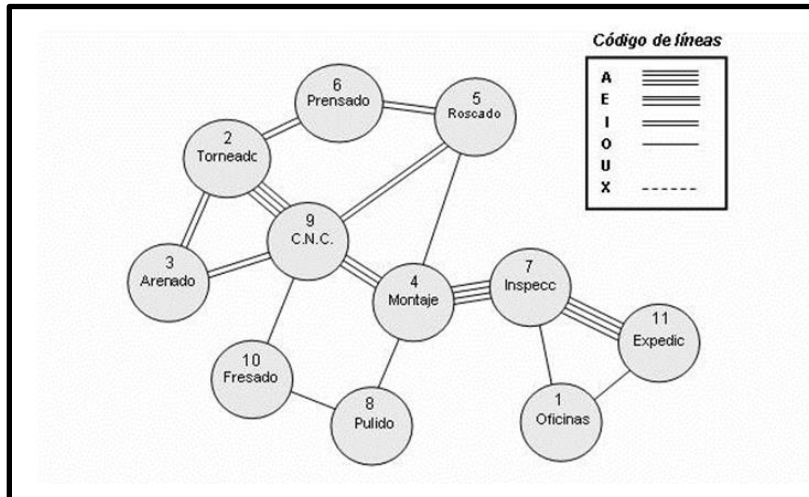


Figura 6 Metodología SLP

**Paso 4:** Desarrollo del Diagrama Relacional de Actividades.

La información recogida hasta el momento, referente tanto a las relaciones entre las actividades como a la importancia relativa de la proximidad entre ellas, es recogida en el Diagrama Relacional de Actividades. Éste pretende recoger la ordenación topológica de las actividades en base a la información de la que se dispone. De tal forma, en dicho grafo los departamentos que deben acoger las actividades son adimensionales y no poseen una forma definida.

El diagrama es un grafo en el que las actividades son representadas por nodos unidos por líneas. Estas últimas representan la intensidad de la relación (A, E, I, O, U, X) entre las actividades unidas a partir del código de líneas que se muestra en la Figura 7.

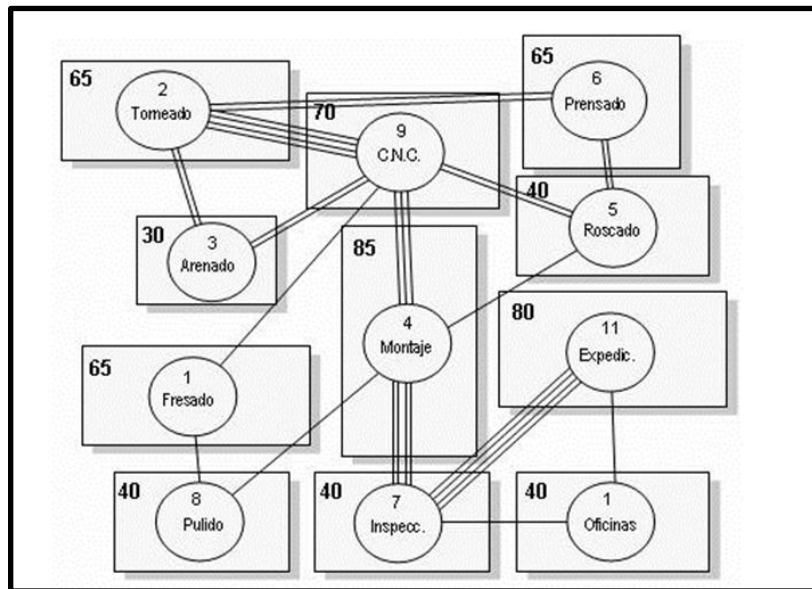


Figura 7 Metodología SLP

A continuación este diagrama se va ajustando a prueba y error, lo cual debe realizarse de tal manera que se minimice el número de cruces entre las líneas que representan las relaciones entre las actividades, o por lo menos entre aquellas que representen una mayor relación. De esta forma, se trata de conseguir distribuciones en las que las actividades con mayor flujo de materiales estén lo más próximas posible (cumpliendo el principio de la mínima distancia recorrida, y en las que la secuencia de las actividades sea similar a aquella con la que se relacionan, elaboran o montan los materiales (principio de la circulación o flujo de materiales).

**Paso 5:** Análisis de necesidades y disponibilidad de espacios.

El siguiente paso hacia la obtención de alternativas que nos ayude a la distribución, es la introducción en el proceso de diseño, de información correspondiente al área requerida por cada actividad para su normal desempeño. El planificador debe hacer una previsión, tanto de la cantidad de superficie, como de la forma del área destinada a cada actividad.

Para poder determinar con exactitud el tamaño de las áreas, es complicado, ya que no existe un procedimiento general ideal para el cálculo de las necesidades de espacio. El proyectista debe emplear el método más adecuado al nivel de detalle con el que se está trabajando, a la cantidad y exactitud de la información que se posee y a su propia experiencia previa. El espacio requerido por una actividad no depende únicamente de factores ajenos al proceso, si no que puede verse condicionado por las características del proceso productivo global, de la gestión

de dicho proceso o del mercado. Por ejemplo, el volumen de producción estimado, la variabilidad de la demanda o el tipo de gestión de almacenes previsto pueden afectar al área necesaria para el desarrollo de una actividad. En cualquier caso, hay que considerar que los resultados obtenidos son siempre previsiones, con base más o menos sólida, pero en general con cierto margen de error.

El planificador puede hacer uso de los diversos procedimientos de cálculo de espacios existentes para lograr una estimación del área requerida por cada actividad. Los datos obtenidos deben ser comparados con la disponibilidad real de espacio. Si la necesidad de espacio es mayor que la disponibilidad, deben realizarse los reajustes necesarios; bien disminuir los requerimientos de superficie de las actividades, o bien, aumentar la superficie total disponible modificando el proyecto de edificación (o el propio edificio si éste ya existe). El ajuste de las necesidades y disponibilidades de espacio suele ser un proceso iterativo de continuos acuerdos, correcciones y reajustes, que desemboca finalmente en una solución que se representa en el llamado Diagrama Relacional de Espacios.

**Paso 6:** Desarrollo del Diagrama Relacional de Espacios.

El Diagrama Relacional de Espacios es similar al Diagrama Relacional de Actividades, con la particularidad de que en este caso los símbolos distintivos de cada actividad son representados a escala, de forma que el tamaño que ocupa cada uno sea proporcional al área necesaria para el desarrollo de la actividad.

En estos símbolos es frecuente añadir otro tipo de información referente a la actividad como, por ejemplo, el número de equipos o la planta en la que debe situarse. Con la información incluida en este diagrama se está en disposición de construir un conjunto de distribuciones alternativas que den solución al problema. Se trata pues de transformar el diagrama ideal en una serie de distribuciones reales, considerando todos los factores condicionantes y limitaciones prácticas que afectan al problema.

Entre estos elementos se pueden citar características constructivas de los edificios, orientación de los mismos, usos del suelo en las áreas colindantes a la que es objeto de estudio, equipos de manipulación de materiales, disponibilidad insuficiente de recursos financieros, vigilancia,



seguridad del personal y los equipos, turnos de trabajo con una distribución que necesite instalaciones extras para su implantación.

A pesar de la aplicación de las más novedosas técnicas de distribución, la solución final requiere normalmente de ajustes basados en el sentido común y en el juicio del distribuidor, de acuerdo a las características específicas del proceso productivo o servicio que tendrá lugar en la planta que se proyecta. No es extraño que a pesar del apoyo encontrado en algunos softwares disponibles, se sigan utilizando las técnicas tradicionales y propias de la distribución en la mayoría de las ocasiones. De tal forma, sigue siendo un procedimiento importante utilizado en la realización de maquetas de la planta y los equipos bi o tridimensionales, de forma que estos puedan ir colocándose de distintas formas en aquella hasta obtener una distribución aceptable.

La obtención de soluciones es un proceso que exige creatividad y que debe desembocar en un cierto número de propuestas (Muther, 1968 aconseja de dos a cinco) elaboradas de forma suficientemente precisa, que resultarán de haber estudiado y filtrado un número mayor de alternativas desarrolladas solo esquemáticamente.

Como se indica en la Figura 7, el Systematic Layout Planning finaliza con la implantación de la mejor alternativa tras un proceso de evaluación y selección. El planificador puede optar por diversas formas de generación de layouts (desde las meramente manuales hasta las más complejas técnicas meta heurísticas), y de evaluación de los mismos.

**Paso 7:** Evaluación de las alternativas de distribución de conjunto y selección de la mejor distribución.

Una vez desarrolladas las soluciones, hay que proceder a seleccionar una de ellas, para lo que es necesario realizar una evaluación de las propuestas, lo que nos pone en presencia de un problema de decisión multicriterio. La evaluación de los planes alternativos determinará que propuestas ofrecen la mejor distribución en planta. Los métodos más referenciados entre la literatura consultada con este fin se relacionan a continuación:

- a) Comparación de ventajas y desventajas
- b) Análisis de factores ponderados
- c) Comparación de costos

Probablemente el método más fácil de evaluación de los mencionados anteriormente es el de enlistar las ventajas y desventajas que presenten las alternativas de distribución, o sea un sistema de "pros" y "contras". Sin embargo, este método es el menos exacto, por lo que es aplicado en las evaluaciones preliminares donde los datos no son tan específicos.

Por su parte, el segundo método consiste en la evaluación de las alternativas de distribución con respecto a cierto número de factores previamente definidos según la importancia relativa de cada uno sobre el resto, siguiendo para ello una escala que puede variar entre 1-10 o 1-100 puntos. De tal forma se seleccionará la alternativa que tenga la mayor puntuación total. Esto aumenta la importancia de lo que pudiera ser un proceso muy subjetivo de toma de decisión. Además, ofrece una manera excelente de implicar a la dirección en la selección y calificación de los factores, y a los supervisores de producción y servicios en la clasificación de las alternativas de cada factor.

El método más substancial para evaluar las Distribuciones de Planta es el de comparar costos. En la mayoría de los casos, si el análisis de costos no es la base principal para tomar una decisión, se usa para compensar otros métodos de evaluación. Las dos razones principales para efectuar un análisis es justificar un proyecto en particular y comparar las alternativas propuestas. El preparar un análisis de costos implica considerar los costos totales involucrados o solo aquellos costos que se afectarán por el proyecto.

## **Capítulo IV Distribución de Planta**

### **4.1 Introducción.**

La distribución en planta se define como la ordenación física de los elementos que forman parte de una instalación sea industrial o de servicios. Ésta ordenación comprende los espacios necesarios para los movimientos, el almacenamiento, los colaboradores directos o indirectos y todas las actividades que tengan lugar en dicha instalación.

### **4.2 Las características para una distribución de planta son: (Bendell, 2009)**

- Minimizar los costos de manipulación de materiales: al momento de establecer una relación entre las áreas, se disminuye la manipulación de materiales, debido a que el material sigue su trayectoria y no se regresa al proceso anterior.

- Utilizar el espacio eficientemente: al minimizar las distancias de recorrido y distribuir óptimamente los pasillos, almacenes, equipo y colaboradores, se aprovecha mejor el espacio. Como principio se debe optar por utilizar varios niveles, ya que se aprovecha la tercera dimensión logrando ahorro de superficies
- Utilizar la mano de obra eficientemente: el contar con mano de obra eficiente, permite un aumento de la productividad y cumplir con el tiempo de entrega del producto.
- Facilitar la comunicación y la interacción entre los propios trabajadores, con los supervisores y con los clientes: uno de las principales ventajas competitivas es que todos en la empresa tengan comunicación de lo que se está implementa y para que, para poder dar un mejor servicio o producto al cliente.
- Reducir la duración del ciclo de fabricación o del tiempo de servicio al cliente: Al disminuir las distancias y al generar secuencias lógicas de producción a través de la distribución, el material permanece menos tiempo en el proceso.
- Eliminar los movimientos inútiles o redundantes: estos movimientos agregan valor ind al producto ya que aumentan el tiempo de proceso, por lo que si se reducen el costo disminuye.
- Facilitar la entrada, salida y ubicación de los materiales, productos o personas: al minimizar las distancias de recorrido y distribuir óptimamente los pasillos, almacenes, equipo y colaboradores, se aprovecha mejor el espacio. Como principio se debe optar por utilizar varios niveles, ya que se aprovecha la tercera dimensión logrando ahorro de superficies.
- Incorporar medidas de seguridad: se contempla el factor seguridad desde el diseño y es una perspectiva vital desde la distribución, de esta manera se eliminan las herramientas en los pasillos; los pasos peligrosos, se reduce la probabilidad de resbalones, los lugares insalubres, la mala ventilación, la mala iluminación, etc.

### **4.3 Parámetros para la elección de una adecuada Distribución de Planta:**

*El tipo de distribución elegida vendrá determinado por:*

- La elección del proceso: de acuerdo al tipo de producto que se elabore, se debe elegir el proceso que mejor se acople.
- La cantidad y variedad de bienes o servicios a elaborar: se debe de determinar la cantidad de producción, para poder cumplir en tiempo y forma con los proveedores, así como los tipos de productos que se pueden producir de acuerdo al proceso.

- La cantidad y tipo de maquinaria: se debe de establecer las cantidades a producir, de acuerdo a la capacidad de la maquinaria con la que se cuenta,
- El nivel de automatización: es importante determinar en qué parte del proceso permite la automatización para reducir tiempos.
- El papel de los trabajadores: se debe de asignar los trabajadores adecuados en las áreas correspondientes, de acuerdo a sus conocimientos sobre el proceso.

Las decisiones de distribución en planta pueden afectar significativamente la eficiencia con que los operarios desempeñan sus tareas, la velocidad a la que se pueden elaborar los productos, la dificultad de automatizar el sistema, y la capacidad de respuesta del sistema productivo ante los cambios en el diseño de los productos, en la gama de productos elaborada o en el volumen de la demanda.

#### **4.4 Tipos Básicos de Distribución en Planta: (Bendell, 2009)**

Existen cuatro tipos básicos de distribuciones en planta:

1. Distribución por Proceso: agrupa máquinas similares en departamentos o centros de trabajo según el proceso o la función que desempeñan
2. Distribución por Producto o en Línea: organiza los elementos en una línea de acuerdo con la secuencia de operaciones que hay que realizar para llevar a cabo la elaboración de un producto concreto.
3. Distribución de Posición Fija: el material permanece en situación fija y son los hombres y la maquinaria los que confluyen hacia él.
4. Distribuciones Híbridas: Las células de Trabajo: puede definirse como una agrupación de máquinas y trabajadores que elaboran una sucesión de operaciones

A continuación mencionaremos que es cada una de estas distribuciones:

##### **4.4.1 Distribución por Procesos.**

También llamada taller de empleos o distribución funcional.

Agrupa máquinas similares en departamentos o centros de trabajo según el proceso o la función que desempeñan. Por ejemplo, la organización de los grandes almacenes responde a este esquema.

El enfoque más común para desarrollar una distribución por procesos es el de arreglar los departamentos que tengan procesos semejantes de manera tal que optimicen su colocación relativa, como se muestra en la figura 8.

*Ejemplos:* Fábricas de hilados y tejidos, talleres de mantenimiento e industrias de confección.

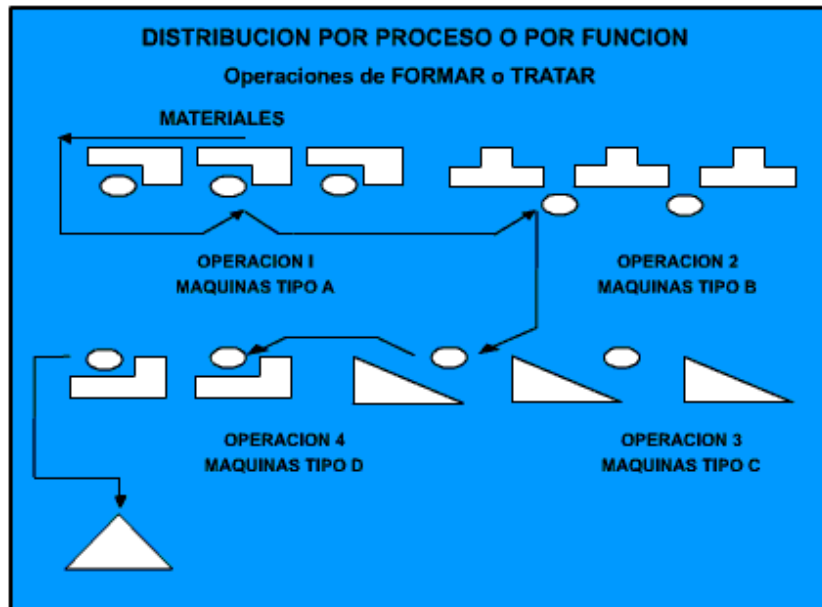


Figura 8. Distribución por procesos.

#### **Ventajas:**

- La menor inversión en máquinas: sólo se necesitan las máquinas suficientes de cada clase para manejar la carga máxima. Las sobrecargas se resolverán por lo general, trabajando horas extras.
- Pueden mantenerse ocupadas las máquinas la mayor parte del tiempo porque el número de ellas, es generalmente necesario para la producción.
- Una gran flexibilidad para ejecutar los trabajos: es posible asignar tareas a cualquier máquina de la misma clase que esté disponible en ese momento, esto es adaptable a gran variedad de productos. Cambios fáciles cuando hay algunas variaciones en los productos o en el orden en que se ejecuten las operaciones.

- Los operarios son mucho más hábiles porque tienen que saber manejar cualquier máquina del grupo, como preparar la labor, ejecutar operaciones especiales, calibrar el trabajo, y en realidad, lo que proporciona mayores incentivos individuales.
- Los supervisores y los inspectores adquieren pericia y eficiencia, de acuerdo a sus respectivas clases de máquinas y pueden dirigir la preparación y ejecución de todas las tareas en éstas máquinas, ya que conocen a fondo el funcionamiento de las maquinas determinadas a parte del proceso.
- Los costos de fabricación pueden mantenerse bajos: es posible que la mano de obra sea más alta por unidad cuando la producción sea máxima, pero será menor en una disposición por producto, cuando la producción sea baja. Los costos unitarios por gastos generales serán más bajos con una fabricación moderna, en la cual los costos totales pueden ser inferiores cuando la distribución de planta no es adecuada, por lo que no está fabricando a su máxima capacidad o cerca de ella.
- Las averías en la maquinaria no interrumpen toda una serie de operaciones: esto lo podemos superar al trasladar el trabajo a otra máquina, si está disponible o altera ligeramente el programa, si la tarea en cuestión es urgente y no hay ninguna máquina ociosa en ese momento.

### **Desventajas:**

- Los lotes no fluyen a través del sistema productivo de una manera ordenada.
- Es frecuente que se produzcan retrocesos.
- El movimiento de unos departamentos a otros puede consumir períodos grandes de tiempo, y tienden a formarse colas.
- Cada vez que llega un lote a un nuevo centro de trabajo, puede que sea necesario configurar las máquinas para adaptarlas a los requerimientos del proceso.
- Sistemas de control de producción mucho más complicados y falta de un control visual.
- Se necesitan más instrucciones y entrenamiento para acoplar a los operarios a sus respectivas tareas. A menudo hay que instruir a los operarios en un oficio determinado.

Se recomienda:

1. Cuando la maquinaria es costosa y no puede moverse fácilmente.
2. Cuando se fabrican productos similares pero no idénticos.
3. Cuando varían notablemente los tiempos de las distintas operaciones.
4. Cuando se tiene una demanda pequeña o intermitente.

#### 4.4.2 Distribución por Producto o en Línea

Organiza los elementos en una línea de acuerdo con la secuencia de operaciones que hay que realizar para llevar a cabo la elaboración de un producto concreto, como se muestra en la figura 9.

Ejemplos: El embotellado de gaseosas, el montaje de automóviles y el enlatado de conservas.

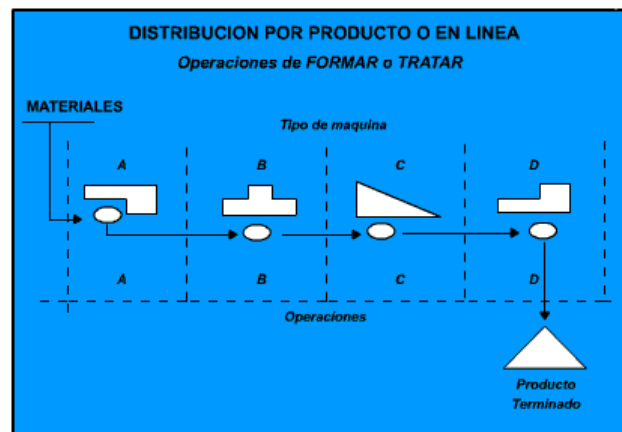


Figura 9. Distribución en línea.

Características:

1. Toda la maquinaria y equipos necesarios para fabricar un producto se agrupan en una misma zona y se ordenan de acuerdo con el proceso de fabricación.
2. Se emplea principalmente en los casos en que exista una elevada demanda de uno o varios productos.

#### Ventajas:

- El trabajo se mueve en forma directa, lo que hace que sean menores los retrasos en la fabricación.
- Menos manipulación de materiales debido a que el recorrido es más corto sobre una serie de máquinas que llevan un proceso sucesivo.
- Menos probabilidades de que se pierdan materiales o que se produzcan retrasos de fabricación.
- Tiempo total de producción menor. Se evitan las demoras entre máquinas.
- Menor cantidad de trabajo en curso, poca acumulación de materiales en las diferentes operaciones y en el tránsito entre éstas.
- Es muy poco el suelo ocupado por el producto debido a la concentración de la fabricación.
- Pocas órdenes de trabajo, pocos boletos de inspección, pocas órdenes de movimiento, etc. menos contabilidad y costos administrativos más bajos.
- Se obtiene una mejor utilización de la mano de obra debido a que existe mayor especialización del trabajo, ya que es más fácil adiestrar a los empleados, con esto se tiene mayor abundancia de mano de obra ya que se pueden emplear trabajadores con experiencia y sin experiencia.

#### Desventajas:

- Elevada inversión en máquinas debido a sus diversas líneas de producción.
- Menos flexibilidad en la ejecución del trabajo porque las tareas no pueden asignarse a otras máquinas similares, como en la disposición por proceso.
- Cada empleado aprende un trabajo en una máquina determinada o en un puesto que a menudo consiste en máquinas automáticas que el operario sólo tiene que alimentar de materia prima.



- Los inspectores regulan el trabajo en una serie de máquinas diferentes y no se hacen muy expertos en la labor de ninguna clase de ellas, ya que varía las velocidades, las alimentaciones, etc.
- Los costos de fabricación tienden a ser más altos, aunque los de mano de obra por unidad, quizás sean más bajos debido a los gastos elevados en la línea de producción.
- Es de suma importancia que no se pare toda la línea de producción si una máquina sufre una avería, retrasa toda la producción, por lo que se tienen que hacer reparaciones urgentes inmediatas para que el trabajo no se interrumpa.

Se recomienda:

1. Cuando se fabrique una pequeña variedad de piezas o productos.
2. Cuando difícilmente se varía el diseño del producto.
3. Cuando la demanda es constante y se tiene altos volúmenes.

#### **4.4.3 Distribución de Posición Fija.**

Es típica de los proyectos en los que el producto elaborado es demasiado frágil, voluminoso o pesado para moverse.

Ejemplos: Los barcos, los edificios o las aeronaves.

Características:

- El producto permanece estático durante todo el proceso de producción.
- Los trabajadores, las máquinas, los materiales o cualquier otro recurso son llevados hacia el lugar de producción.

- La intensidad de utilización de los equipos es baja, porque a menudo resulta menos gravoso abandonar el equipo en un lugar determinado. Donde será necesario de nuevo en pocos días, que trasladarlo de un sitio a otro.
- Con frecuencia las máquinas que se utilizan durante un período limitado de tiempo, se alquilan o se subcontratan, ya que sale más económico rentarlas que comprarlas.
- Los trabajadores están especialmente calificados para desempeñar las tareas que de ellos se esperan, por este motivo cobran salarios elevados.

#### **4.4.4 Distribuciones Híbridas: Las células de Trabajo.**

Las formas híbridas de distribución en planta intentan combinar los tres tipos básicos que acabamos de señalar para aprovechar las ventajas que ofrece cada uno de ellos.

1. La Distribución Celular.
2. Los Sistemas de fabricación flexible.
3. Las Cadenas de Montaje de Varios Modelo

##### **4.4.4.1 La Distribución Celular.**

El término célula se utiliza para denominar distintas situaciones dentro de una instalación, ésta puede definirse como una agrupación de máquinas y trabajadores que elaboran un proceso de operaciones sobre múltiples unidades de un ítem o familia de ítems.

La denominación de distribución celular es un término relativamente nuevo, sin embargo, la fabricación celular busca poder beneficiarse simultáneamente de las ventajas derivadas de las distribuciones por producto y de las distribuciones por proceso, especialmente de la eficiencia de las primeras y de la flexibilidad de las segundas.

Esta consiste en la aplicación de los principios de la tecnología de grupos a la producción, agrupando las mismas características en familias y asignando grupos de máquinas y trabajadores para la producción de cada familia.

En ocasiones, estos serán productos o servicios finales, otras veces, serán componentes que habrán de integrarse a un producto final, en cuyo caso, las células que los fabrican deberán estar situadas junto a la línea principal de ensamble.

Inconvenientes:

- Incremento en el costo por el cambio de una distribución por proceso a una distribución celular.
- Reducción de la flexibilidad del proceso.
- Incremento de los tiempos inactivos de las máquinas.
- Riesgo de que las células queden obsoletas a medida que cambian los productos y/o procesos.

Ventajas:

Las ventajas se verán reflejadas en un menor costo de producción y en una mejora en los en los tiempos de abastecimiento, al igual que en el servicio al cliente, incluso, podrían conseguirse mejoras en la calidad, aunque ello necesitará de otras actuaciones aparte del cambio en la distribución.

Células piloto:

Se da cuando hay alguna familia de ítems que se produce completamente en una célula, dicha situación puede tener un triple origen:

- Realización de una prueba piloto para evaluar los beneficios de la producción celular.
- Una célula automatizada o incluso manual, que produce una familia de ítems con alguna característica especial (por ejemplo; elevado volumen de producción, nivel de calidad determinado, proceso de producción específico, etc.).

- Una "mini-instalación", es decir, una parte de las instalaciones normalmente automatizada y completamente dedicada al diseño, producción y venta de una familia de ítems, aquí se engloban aspectos de ingeniería, marketing, contabilidad y otros servicios de apoyo asociados a la fabricación y venta de producción,.

Nivel de implantación autónomo:

Representa la situación que normalmente se hace referencia cuando se habla de una distribución célula. Casi la totalidad de las instalaciones están dedicadas a la producción celular y las familias de ítems necesitan sólo su célula dedicada para ser fabricados completamente.

Formación de células:

Para la aplicación de los principios de la tecnología de grupos a la formación de las familias de ítems y células asociadas a las mismas, se deben de seguir tres pasos básicos: 1.-Seleccionar las familias de productos ·2.-Determinar las células, 3.-Detallar la ordenación de las células.

Los dos primeros pasos pueden realizarse por separado, pero, es frecuente que se lleven a cabo simultáneamente. En relación con la agrupación de productos para su fabricación en una misma célula, habrá que determinar primero cual será la condición determinante que permita la agrupación.

A veces ésta resulta obvia al observar sus similitudes de fabricación, otras veces no lo es tanto y hay que ver si conviene realizarla en función de la similitud en la forma, en el tamaño en los materiales que incorporan, en las condiciones medioambientales requeridas, etc.

Una vez determinadas las familias de productos, la formación de una célula para cada familia puede ser la mejor solución, aunque ello no sea siempre cierto. Son muchas las ocasiones en las que es difícil definir las células en el proceso de producción de las familias de ítems. Las cuatro aproximaciones utilizadas generalmente para identificar familias y células son las siguientes:

- Clasificación de todos los ítems y comparación de los mismos entre sí para determinar las familias, posteriormente, habrá que identificar las células y equipos que han de producirlas.
- Formación de células por agrupación de máquinas, utilizando la teoría de grafos. En este caso, aún habrá que solucionar la formación de las familias.
- Formación de familias por similitud de rutas de fabricación. De nuevo, queda pendiente la identificación de las células.
- Identificación simultánea de familias y células fundamentada en la similitud entre productos en función de sus necesidades de equipos-máquinas.

Por último, una vez determinadas las células y las familias de productos que en ellas se elaborarán, hay que detallar la distribución interna de las mismas. Dicha distribución será, por lo general, muy similar a la de una típica distribución por producto. El número de máquinas y el cuello de botella determinarán la capacidad de la célula; el manejo de materiales debe minimizarse y se equilibrará la carga de trabajo tanto como sea posible.

#### **4.4.4.2 Los Sistemas de fabricación flexible.**

Representan el intento de diseñar fábricas que sean capaces de funcionar permanentemente de forma automatizada, sin necesidad de la intervención de operadores humanos. Se sustentan, por lo tanto, más en la introducción de la automatización que en la reorganización del flujo del proceso.

Por sistema de fabricación flexible se entiende un grupo de máquinas-herramientas de control numérico enlazadas entre sí mediante un sistema de transporte de piezas común y un sistema de control centralizado. Para cada pieza a fabricar, se dispone de programas de piezas comprobados y memorizados en una estación de datos central. Varias máquinas-herramientas realizan los procesos necesarios en las piezas de una familia, de manera que el proceso de fabricación tiene lugar de modo automático, como se muestra en la figura 10.

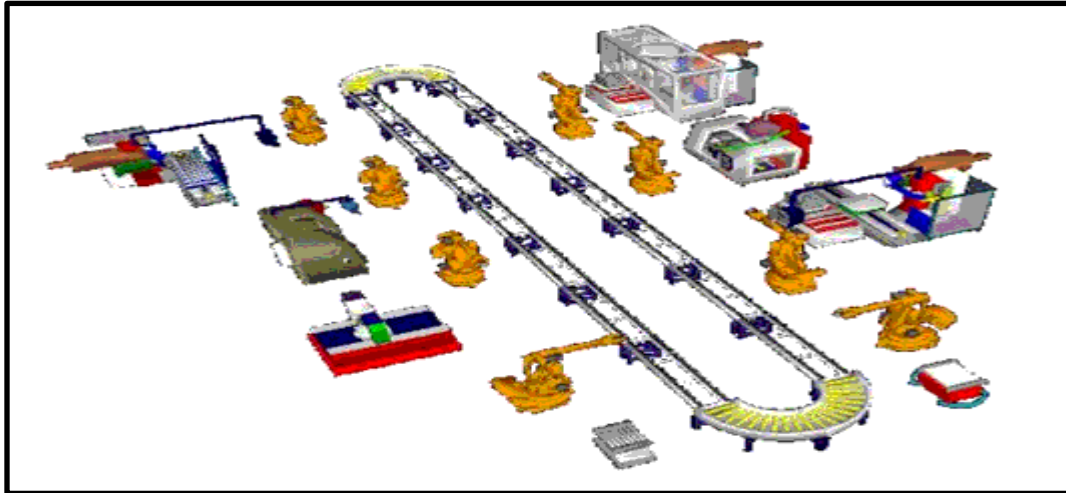


Figura 10. Sistemas de fabricación flexible.

El desarrollo automático del mecanizado no debe interrumpirse debido a cambios manuales de herramientas o amarre. Los sistemas sofisticados pueden incluir también un almacén de materiales, máquinas de medición, y gestión automática de herramientas en los flujos de trabajo e información. Un sistema de este tipo responde ampliamente a la imagen de un sistema transfer flexible para el mecanizado rentable de lotes pequeños y medianos.

La utilización de máquinas-herramientas de control numérico facilita notablemente la adaptación de modificaciones de diseño o de mecanizado. Un sistema de fabricación flexible no está condicionado por un tamaño mínimo de lote sino que puede mecanizar incluso piezas únicas en cualquier sucesión, siempre la existencia del correspondiente programa de pieza, como se muestra en la figura 11.

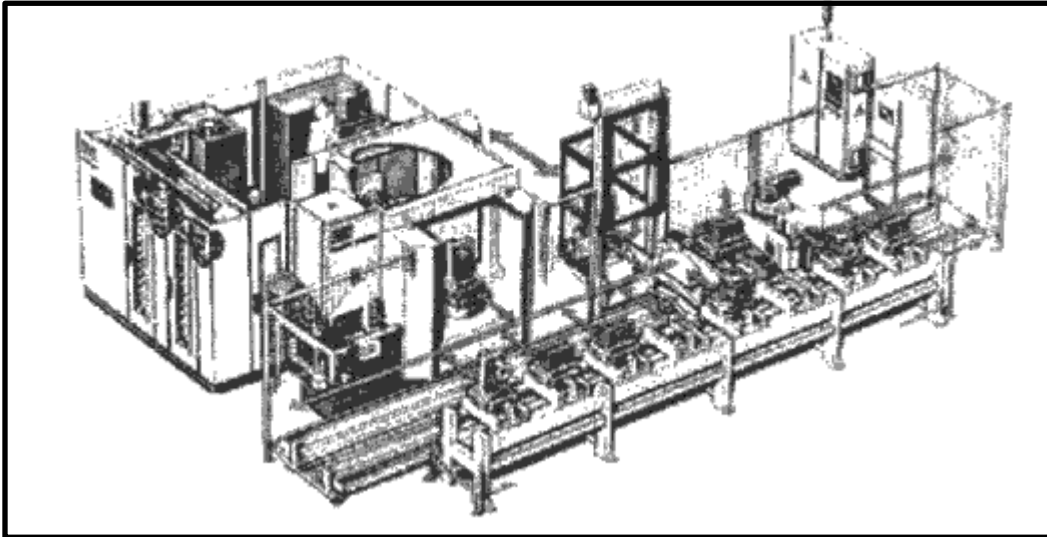


Figura 11. Célula flexible.

Las características de una fabricación flexible son:

- La flexibilidad en el producto en cuanto a forma, dimensiones, materiales, así como en la producción en cuanto a cantidad, lotes, programas.
- Automatización en el mecanizado, cambio de pieza, cambio de herramienta, transporte, identificación, limpieza de piezas, verificación de piezas.
- La productividad debido a la rapidez de cambio de herramienta, rapidez de cambio de pieza, pocas averías, optimización del mecanizado.
- Calidad del producto por la inspección de piezas, precisión de las máquinas, estabilidad térmica, rigidez de las máquinas.
- La fiabilidad del proceso gracias al: control de desgaste, control de desviaciones, control de condiciones de mecanizado, mantenimiento preventivo.

#### **Elección y disposición de las máquinas:**

- El diseño de sistemas de fabricación flexibles, y especialmente la elección de las máquinas que utilizar, se rige por las piezas y las tareas de fabricación.

- Es imprescindible que las máquinas dispongan de control numérico, en lo que pueden ser útiles tanto máquinas estándar (centros de mecanizado) como máquinas especiales (cambiadores de cabezales de taladrado multihusillo o unidades de fresado).

Debe de haber un área encargada de la elaboración del sistema completo, la cual debería ocuparse de encargar las máquinas a los proveedores. De este modo quedará en una sola mano la responsabilidad del funcionamiento futuro del sistema completo.

Durante el funcionamiento posterior se verá hasta qué punto se ha elegido acertadamente. Según la experiencia actual, es aconsejable utilizar en lo posible máquinas estandarizadas y no más de dos o tres tipos de máquinas diferentes. Cuando una máquina no puede utilizarse por avería u otros motivos, las máquinas restantes tienen que estar en situación de realizar, transitoriamente, las tareas de la misma para evitar el paro total del sistema de fabricación.

Ninguna de las máquinas debería estar orientada a la fabricación de una pieza concreta: cada máquina debe poderse utilizar universalmente (de modo flexible) una vez cambiadas las herramientas o incorporado el nuevo programa.

Sólo así es posible adaptar rápidamente la producción del sistema a las cambiantes exigencias del mercado. También es más fácil y barata una ampliación posterior si no hay máquinas especiales que den origen a cuellos de botella difícilmente evitables.

Una vez elegidos y establecidos el número y el tipo de las máquinas, se determina su disposición y su enlace mediante el sistema de transporte. Para ello se dispone de tres posibilidades:

1. Disposición en serie.
2. Disposición en paralelo.
3. Disposición mixta.

En la disposición en serie, es decir un conjunto de máquinas dispuestas una tras otra, cada pieza pasa sucesivamente por todas las máquinas de modo similar a la fabricación en un sistema transfer.



Fabricación en máquinas CN (Control Numérico) y máquinas convencionales

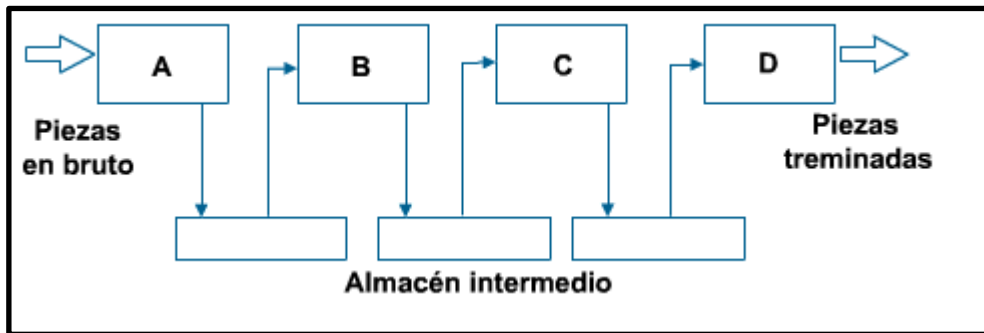


Figura 12 Fabricación en máquinas CN y máquinas convencionales

Fabricación en centros de mecanizado sin transporte automático de piezas, como se muestra en la figura 13.

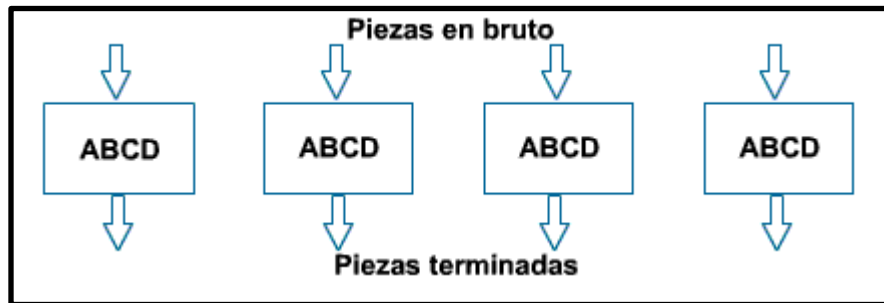


Figura 13 Mecanizado sin transporte.

Fabricación en sistemas y células de fabricación flexible con disposición en paralelo de máquinas redundantes, como se muestra en la figura 14.

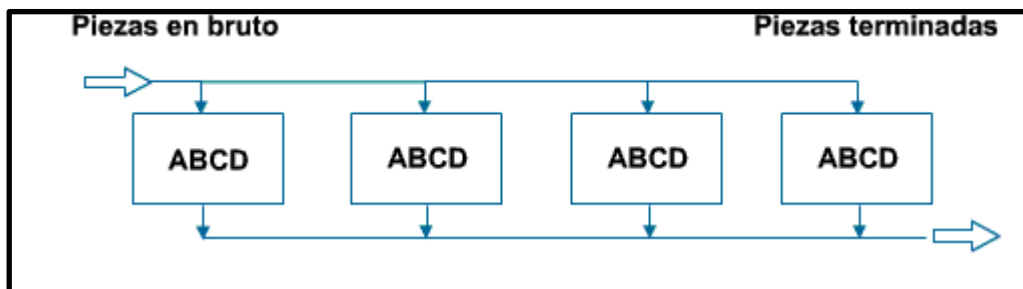


Figura 14 Fabricación flexible en paralelo.

Fabricación en una línea tr nsfer flexible con disposición en serie de máquinas complementarias.

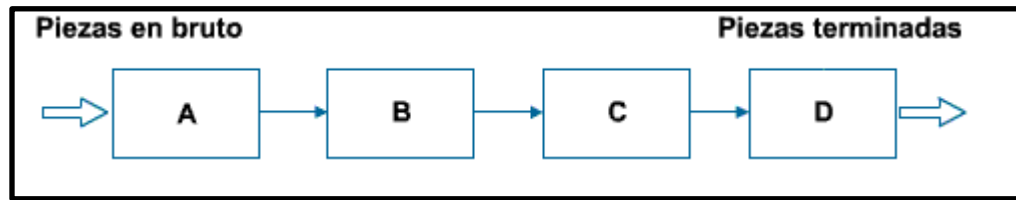


Figura 15 Línea transfer flexible.

A ello corresponde también la elección de las máquinas utilizadas. Dado que en cada "estación" se realiza una operación "complementaria" a la anterior, para la disposición en serie se utilizan preferentemente máquinas complementarias, de concepción parcialmente diferente.

Esta disposición tiene notables desventajas, como:

1. Las máquinas más rápidas tienen tiempos muertos.
2. Si falla una estación se detiene todo el sistema o, para evitarlo, se han de tener.
3. Los programas de sustitución provocan un considerable gasto de programación y requiere capacidades de memoria enormes para poder contener los "programas de repuesto".

Por ello, los conceptos modernos de fabricación flexible colocan las máquinas preferentemente en disposición paralela.

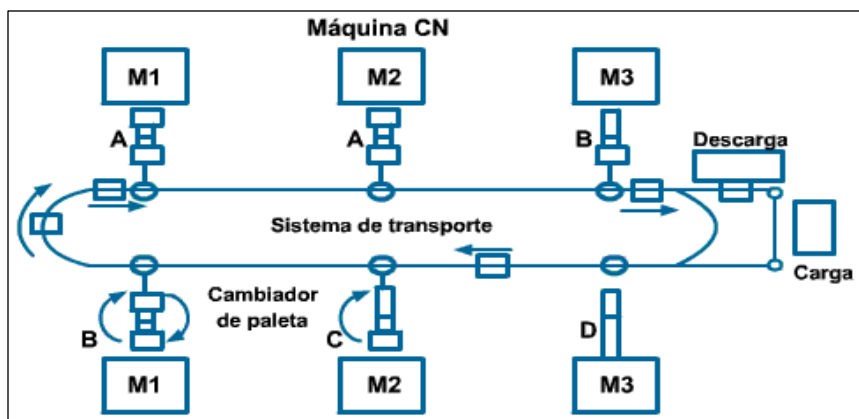


Figura 16 Disposición en paralelo.

Como se muestra en la figura 16 las piezas se conducen, según sea conveniente, hacia una o varias de estas máquinas hasta completar el mecanizado. Cuando se utilizan centros de mecanizado, todos los mecanizados deberían realizarse en la máquina una vez elegida, en lugar de repartir el mecanizado sobre varias máquinas sucesivas.

En función del programa o de la pieza, es posible mecanizar completamente las piezas sobre una máquina o efectuar operaciones complementarias. Ello resulta ventajoso cuando se utilizan, por ejemplo, determinadas máquinas sólo para trabajos de precisión y está previsto trasladar las tareas de desbaste a otras máquinas.

La transformación del mercado hacia un mercado de compradores conduce a un aumento de la demanda de productos industriales con una creciente variedad de soluciones.

La prefabricación de grandes series para un período de entrega más largo y su almacenamiento hasta la venta es cada vez más antieconómica. La demanda de soluciones de automatización para series más pequeñas estará por ello en el centro del futuro interés de los compradores.

Los sistemas de fabricación flexible cumplen en gran parte la exigencia planteada, la rentabilidad óptima sólo se puede conseguir mediante sistemas adaptados específicamente a cada necesidad. Los grupos constructivos ya existentes, las llamadas células de fabricación, se pueden combinar según muchas variantes.

La mayoría de los conceptos de sistemas permiten la introducción y ampliación paso a paso. Bajo esta premisa, la elevada inversión requerida puede repartirse en varios años y, mediante la experiencia obtenida a lo largo de los mismos, será más fácil demostrar la rentabilidad.

La utilización de sistemas de fabricación flexible requiere un profundo análisis de la tarea de producción, que tenga en cuenta los crecimientos y cambios futuros.

Cuando la selección y el agrupamiento de las máquinas-herramientas necesarias son todavía controlables, al finalizar la planificación destaca el problema de software para el sistema de control.

Las soluciones que sobresalen en exceso del marco estándar y necesitan demasiada asistencia del ordenador suelen fracasar por la carencia de software o por el coste del desarrollo para su elaboración.

Parece por ello absolutamente aconsejable examinar también la posibilidad de aplicación o adaptación de diseños ya realizados y proceder a una comparación con respecto a los costes de las soluciones específicas nuevas antes de tomar la decisión final.

Sólo así puede decidirse según los criterios de "máxima flexibilidad" o "costes mínimos".

Las Cadenas de montaje varios modelos.

Son un intento de superar las limitaciones de las cadenas de montaje clásicas, que se centraban en la elaboración de un único tipo de producto. Tradicionalmente, este objetivo se lograba elaborando enormes lotes de un tipo de producto, deteniendo la actividad de la cadena, y reconfigurando sus elementos para adaptarlos a la elaboración del nuevo producto. (LUC, 2010)

Esto ocasionaba grandes problemas como consecuencia de los desajustes entre producción y demanda. Para resolver esta dificultad, las empresas occidentales se centraron en la mejora de

las técnicas de previsión de la demanda, mientras que las japonesas lo hicieron en la mejora de la organización y operatividad de las cadenas.

Comenzaron reduciendo el tiempo necesario para adaptar la cadena para elaborar distintos tipos de productos. A continuación, prepararon a los operarios para realizar una variedad mayor de tareas, con el fin de permitirles funcionar en distintas estaciones de trabajo si fuera preciso.

Finalmente, modificaron el modo en que estaba organizada y programada la cadena. Las características de las cadenas de montaje de varios modelos son cuatro:

- ✓ Equilibrado de la Línea.
- ✓ Mano de Obra Flexible.
- ✓ Cadena en forma de U.
- ✓ Secuencia de Modelos.

Equilibrado de la Cadena:

Los elementos de trabajo varían de un producto a otro, por lo tanto, al equilibrar la cadena debe tenerse en cuenta esta circunstancia. Se deben diseñar las estaciones de trabajo teniendo en cuenta los elementos de los distintos productos.

Mano de Obra Flexible:

Los empleados desempeñan tareas distintas en la elaboración de diversos productos, y sus trabajos son bastante flexibles como para que se puedan permitir servir de apoyo a sus compañeros en caso de necesidad.

Cadena en Forma de “U”:

Para compensar los requerimientos de trabajo de los distintos productos es necesario disponer de mano de obra flexible, y además, organizar la cadena de modo que los operarios puedan ayudarse unos a otros.

Secuencia de Modelos:

Al elaborarse distintos tipos de productos, surge un problema adicional, que es decidir la secuencia en la que recorrerán la cadena. La lógica lleva a pensar que deben alternarse distintos tipos de modelos, para asegurar la fluidez de los productos a lo largo de la cadena.

## Capítulo V Promodel

### 5.1 Introducción.

A continuación indicaremos que es Promodel y en que consiste:

Promodel es una herramienta de simulación que funciona en computadoras personales en un ambiente Windows. Mediante una combinación ideal de facilidad de uso, flexibilidad y potencia, permite diseñar y analizar sistemas de producción y servicios de todo tipo y tamaño y modelar prácticamente toda situación, en forma casi real.

Promodel fue concebido como una herramienta para ingenieros y gerentes que desean lograr reducciones de costos, mejoras en la productividad e incrementar las ventajas estratégicas en la producción de bienes y servicios. En resumen, con la simulación se tiene la habilidad para determinar el uso de los recursos disponibles – personal, equipo e instalaciones, más eficiente y productivamente. No se necesita que el ingeniero o modelador tenga una gran habilidad para programar. Mediante su interface gráfica y el uso de pequeños modelos pre construidos, permite modelar sistemas complejos de producción y servicios en forma fácil y rápida. Promodel por otra parte, se puede utilizar como un medio muy efectivo para probar y generar nuevas ideas de diseño y mejoramiento, antes de realizar las inversiones y/o modificaciones necesarias para construir o mejorar estos sistemas. En la misma forma sirve para identificar cuellos de botella, seleccionar la alternativa que ofrezcan la mejor relación beneficio-costos y hacer Análisis de Sensibilidad

- Como un simulador de eventos discretos, Promodel está concebido para modelar sistemas de manufactura discreta (unidad por unidad), sin embargo, muchos sistemas de manufactura continua pueden ser modelados convirtiendo unidades a granel en unidades discretas tales como galones o barriles. Adicionalmente se puede adaptar fácilmente para modelar sistemas de servicios de salud (Centros de atención medica) o procesos financieros entre otros.

Algunas aplicaciones típicas de Promodel son las siguientes:

- Líneas de ensamble
- Sistemas de manufactura flexible

- Producción por lotes.
- Justo a tiempo y Sistemas de producción KANBAN.
- Sistemas de colas. (Para servicios o manufactura tales como líneas de empaque).
- Optimización de la distribución en planta y el manejo de materiales.

La Universidad espera que el estudiante use este software en materias tales como Investigación Operativa II, Simulación de Procesos, Métodos y Medidas y Diseño de Planta.

## **5.2 Menú de construcción (BUILD).**

El menú de construcción es el camino para definir todos los elementos que definirán el modelo a simular. A través de este menú se especifica las estaciones de trabajo (LOCATIONS), tipos de productos (ENTITIES), tasa de llegadas (ARRIVALS), operadores (RESOURCES), rutas de los operadores (PATH NETWORKS), tiempos muertos (DOWNTIMES), procesamiento (PROCESSING), y otros elementos como variables y arreglos que proveen la flexibilidad necesaria para modelar el sistema.

### LOCATIONS (Locaciones o Estaciones de Trabajo)

Locations representan lugares fijos en el sistema a donde las entidades son enviadas para ser procesadas, almacenadas o alguna actividad de toma de decisiones. Las acciones deben ser usadas para modelar elementos como máquinas, áreas de espera, estaciones de trabajo, colas y bandas transportadoras.

### ENTITIES (Entidades).

Cualquier cosa que un modelo procesa es llamada “entidad”. Piezas, productos, personas o papelería pueden ser modelados como entidades. Las entidades pueden ser agrupadas, por ejemplo varias cajas en una tarima (pallet), ensambladas, por ejemplo una llanta a un rin, multiplicada, por ejemplo una manguera partida en varios componentes, o convertida en una o más entidades.



### PATHNETWORKS (Rutas)

Cuando los recursos (servidores) son modelados como dinámicos, los cuales viajan entre locaciones (estaciones de trabajo) deben moverse a través de rutas preestablecidas.

### RESOURCES (Recursos)

Un recurso es una persona, parte de un equipo, o algún aparato usado para alguna de las siguientes funciones: Transportar entidades, desarrollar operaciones en entidades o locaciones, efectuando labores de mantenimiento, etc. Los recursos pueden ser estáticos o dinámicos, es decir, el operador (recurso) puede estar fijo en una locación (estático) o bien trasladarse a otra estación a llevar materia prima o sub ensamblados o bien a trabajar en otra estación (dinámico).

### PROCESING (Procesamiento)

El procesamiento define la ruta de entidades a través del sistema y las operaciones que toman lugar en cada locación a la entran. Una vez que las entidades hayan entrado al sistema, el procesamiento especifica todo lo que les pase hasta que salgan del sistema.

### ARRIVALS (Arribos)

Siempre que una entidad entre al sistema, será llamada “arrival” Un arribo se debe definir con la siguiente información:

- \* Numero de entidades por llegada.
- \* Frecuencia de llegadas.
- \* Localización de la llegada.
- \* Tiempo entre llegada.
- \* Total de ocurrencias de llegada.
- \* Cualquier cantidad o tipo de entidades se pueden definir como una llegada para una Location.

## 5.3 Ventajas y desventajas de la Simulación.

### VENTAJAS

- ❖ La simulación proporciona un método más simple de solución cuando los procedimientos matemáticos son complejos y difíciles.
- ❖ La simulación proporciona un control total sobre el tiempo, debido a que un fenómeno se puede acelerar.
- ❖ La simulación no interfiere en el mundo real.
- ❖ Una vez construido el modelo se puede modificar de una manera rápida con el fin de analizar diferentes políticas o escenario. Permite análisis de sensibilidad.
- ❖ Generalmente es más barato mejorar el sistema vía simulación que hacerlo en el sistema real.
- ❖ Es mucho más sencillo visualizar y comprender los métodos de simulación que los métodos puramente analíticos. Da un entendimiento profundo del sistema.
- ❖ Con los modelos de simulación es posible analizar sistemas de mayor complejidad o con mayor detalle (con los métodos analíticos se pueden hacer más suposiciones).
- ❖ En algunos casos, la simulación es el único medio para lograr una solución.

### DESVENTAJAS

- La simulación es imprecisa, y no se puede medir el grado de su imprecisión.
- Los resultados de simulación son numéricos; por tanto, surge el peligro de atribuir a los números un grado mayor de validez y precisión.
- Los modelos de simulación en una computadora son costosos y requieren mucho tiempo para desarrollarse y validarse.
- Se requiere gran cantidad de corridas computacionales para encontrar “soluciones óptimas”, lo cual representa altos costos.
- Es difícil aceptar los modelos de simulación y difícil de vender.
- Los modelos de simulación no dan soluciones óptimas.

- La solución de un modelo de simulación puede dar al análisis un falso sentido de seguridad.
- Requiere "largos" periodos de desarrollo.
- Cada modelo de simulación es único.
- Siempre quedaran variables por fuera y esas variables pueden cambiar completamente los resultados en la vida real que la simulación no previó.

## Capítulo VI PROPUESTAS DE MEJORA.

### 6.1 Metodología

La metodología utilizada se basa en una herramienta de Ingeniería Industrial que es metodología de Muther, tiempos con cronómetro, manejo de materiales.

1. Identificar las características de la configuración actual de la planta, se observó paso a paso la distribución actual, identificando los procesos que se establecen para la producción de cocinas, manejo de materiales, así como las diferentes áreas con sus respectivas relaciones entre cada una. Mediante esta identificación nos pudimos dar cuenta de que las áreas con mayor relación están muy separadas unas de otras, por lo que el producto pasa demasiado tiempo de un lado para otro, aumentando el tiempo de producción. Aquí es donde se empezó a implementar la metodología de Muther, identificando las áreas que tienen mayor relación para eliminar el mayor tiempo de manejo de materiales.

2. Integrar todos los factores que afecten la distribución, esto se realizó verificando cada uno de los movimientos que tiene el material, así como la secuencia del proceso, identificando la participación de las máquinas utilizadas en el proceso, ya que siempre se está regresando el producto, así mismo los espacios de los pasillos ya que no se respetan las áreas delimitadas, aquí se empezó a diseñar el posible layout.

3. Movimiento de material según distancias mínimas, el material pasa por más de una vez en la misma área, se identificó que el material llega a pasar por la misma área más de 2 veces, no se lleva una secuencia del proceso, se regresa al área determinada si es necesario, cuantas veces se necesite. Se tomaron tiempos de cada uno de los procesos, obteniendo 30 muestras de cada uno. (Ver Anexo 1)

4. Circular el trabajo a través de la planta, se observó que no existe una secuencia del proceso no se tiene estandarizado el proceso, por lo que se recurrió a estandarizar el proceso de manera que se produzca en línea.

5. Utilizar de manera “efectiva” de todo el espacio, se empezó a delimitar el espacio que va a utilizar cada área, de acuerdo a la etapa del proceso que se lleva en cada una de ellas, con esto se evita que se guarde material que no se utilice como se está haciendo actualmente.

6. Minimizar el esfuerzo y seguridad en los trabajadores, al momento que se está estandarizando el proceso los trabajadores no tienen que estar cargando el material de un lado para otro, al contrario como se está siguiendo una secuencia, el producto fluye de manera directa, ya que cada empleado de cada área realiza una actividad diferente, no como antes que un trabajador realizaba todo el proceso hasta que se armaba toda la cocina.

7. Reducir los tiempos de espera en los bancos de trabajo, mediante la metodología de Muther se identificó que el producto dura demasiado tiempo en los bancos de trabajo, ocasionando retraso en los tiempos de entrega del producto, por lo que se recurrió al estudio de tiempos y movimientos para identificar cuanto tiempo se realiza cada uno de los procesos.

8. Estudio de tiempos, el estudio de tiempos se realizó de 30 muestras que se tomaron de cada uno de los procesos para ingresarlos en Promodel e identificar cuantas cocinas se producen semanalmente con los dos métodos, actual y propuesto.

9. Simular con Promodel, una vez recaba toda la información mediante el apoyo del estudio de tiempos se procede a ingresar la información al software Promodel para simular la distribución actual y la propuesta, para identificar el impacto de las mejoras que se está proponiendo en este trabajo.

## 6.2. Aplicación.

De acuerdo a la metodología de Muther, se realizaron los siguientes pasos:

### a) Estado Actual.

El layout actual de la empresa es como se muestra en la fig. 17. Consta del almacén, área de corte, área de ranurado, área de chapeado, área de armado, área de pintado.

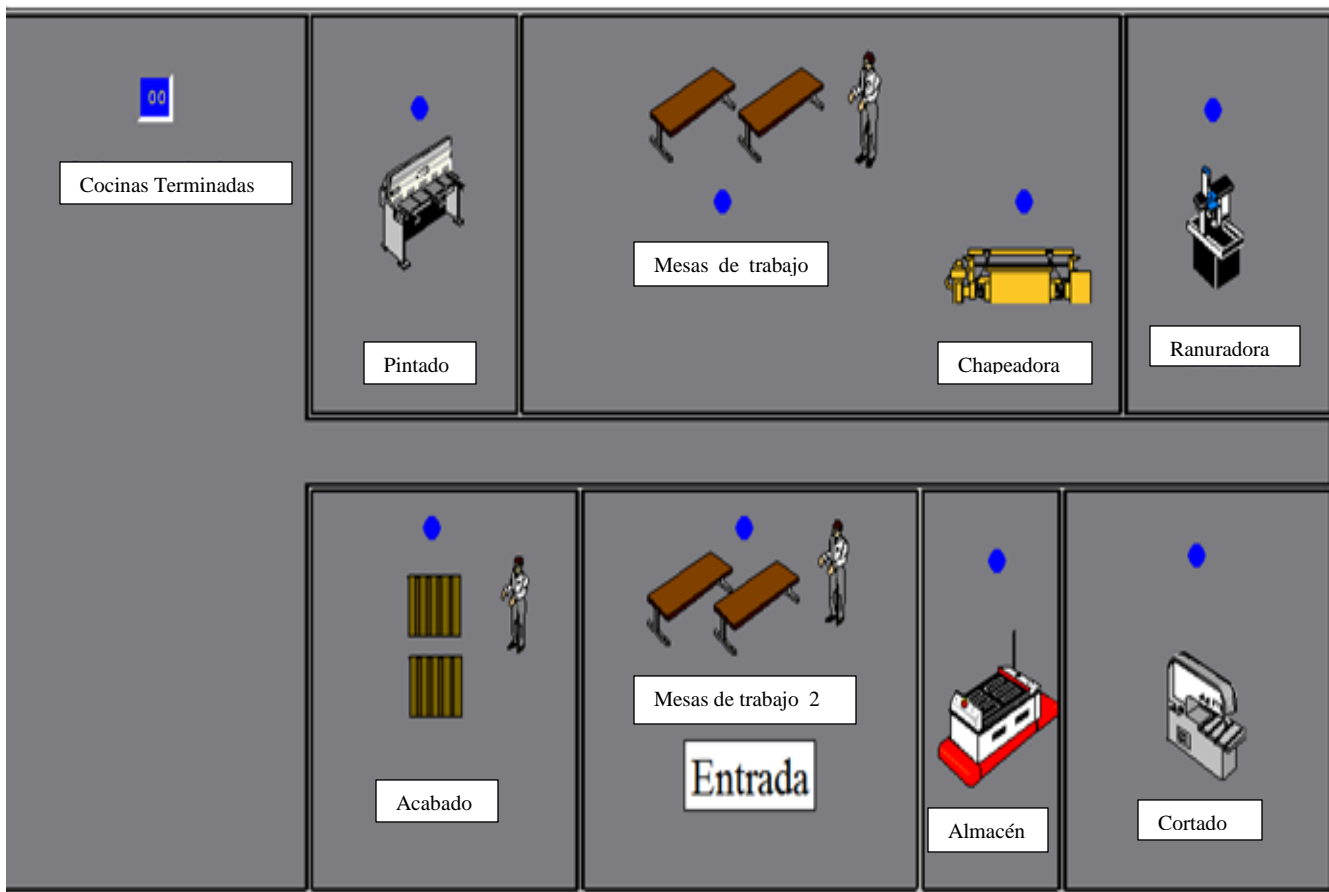


Figura 17. Layout actual de la empresa.

### b) Metodología de Muther PASO 1

En primer lugar se van de establecer las cantidades de los productos a producir durante un mes, las cuales son las siguientes:

PRODUCTO	CANTIDAD
Cocinas Integrales	350
Closet	110
Escritorios	70
Puertas	20
Bases para Recamaras	15
Mesas de centro	22
Estantería	16

Figura 18 Cantidad de productos a producir.

c) PASO 2.

El layout actual de la empresa es como se muestra en la fig. 17, la materia prima parte del almacén a la máquina de cortado, en el área de corte se arman los paquetes de acuerdo con las especificaciones pedidas por el cliente. Después se pasa al área de ranurado si así lo especifica el plano, de lo contrario se pasa al área de chapeado si el material es Fibra de madera de densidad media (mdf), sino se pasa directamente al área de armado o mesa de trabajo 1 y 2, las puertas se liján en las mesas de trabajo y se mandan al área de pintado, se vuelven a lijar y se vuelven a pintar, todas las cocinas del área de cortado se mandan a pintado y después a armado. Como se muestra en la figura 19.

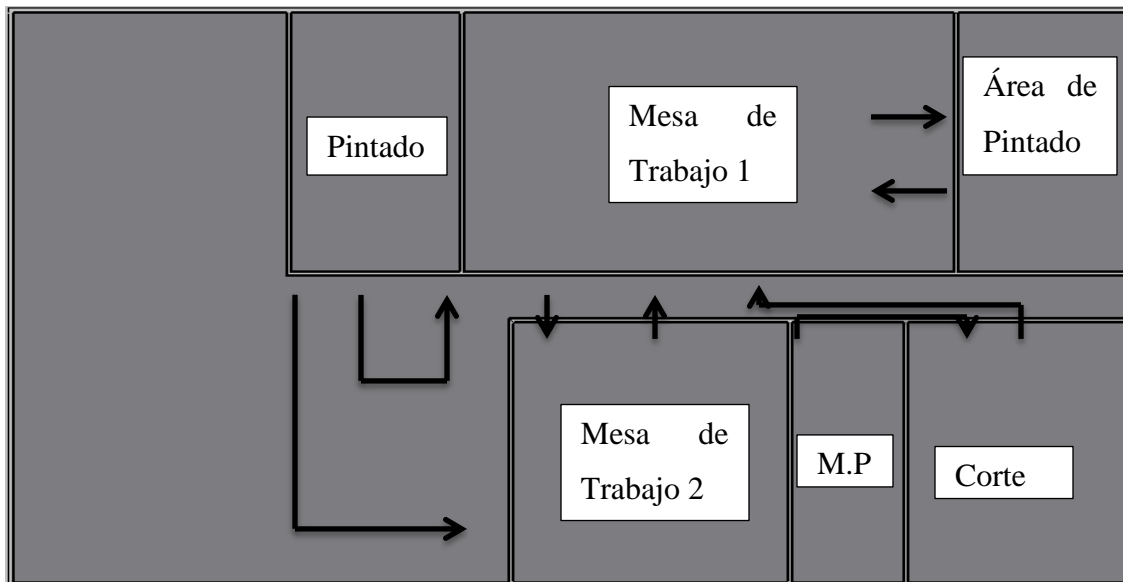


Figura 19 Layout Actual.

d) PASO 3

Se establece la interacción de las áreas de la empresa dentro del proceso de producción, 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. Quedando de la siguiente manera, como se muestra en la figura 20:

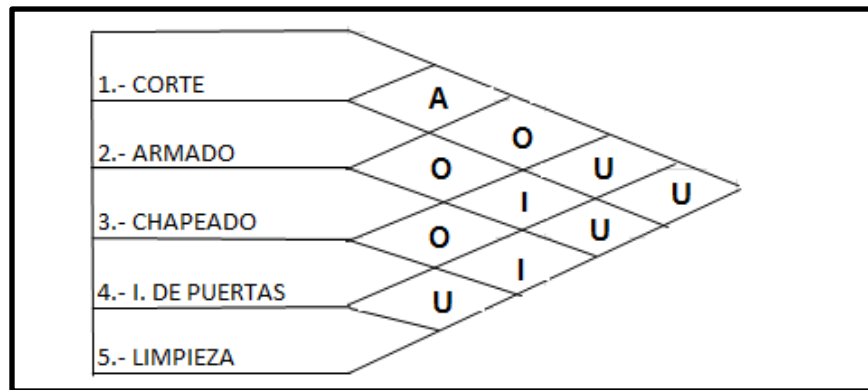


Figura 20 relaciones entre las áreas.

e) PASO 4

Se establece mediante líneas la distribución de las áreas, de acuerdo a la interacción que tiene cada una de ellas en el proceso, dejando juntas las de mayor interacción, para reducir el traslado de materiales, y por consiguiente la reducción de tiempos.

Como se puede observar en la figura 21, es importante que el área de corte este cerca del armado, ya que a medida que los paquete de cocinas van saliendo se van armando de acuerdo a las especificaciones del cliente, o en su defecto se localizan las piezas en las cuales es necesario chapear para cubrir los bordes del material al ser cortado. También es importante que el área de corte se encuentre cerca del área de lijado para pulir las puertas de la cocina si es necesario, de no ser así directamente pasa al armado.

Las áreas de pintado y limpieza tienen más relación con el armado, ya que en el área de pintado se retocan las puertas o marcos si es necesario, de lo contrario se pasa directamente a la limpieza.



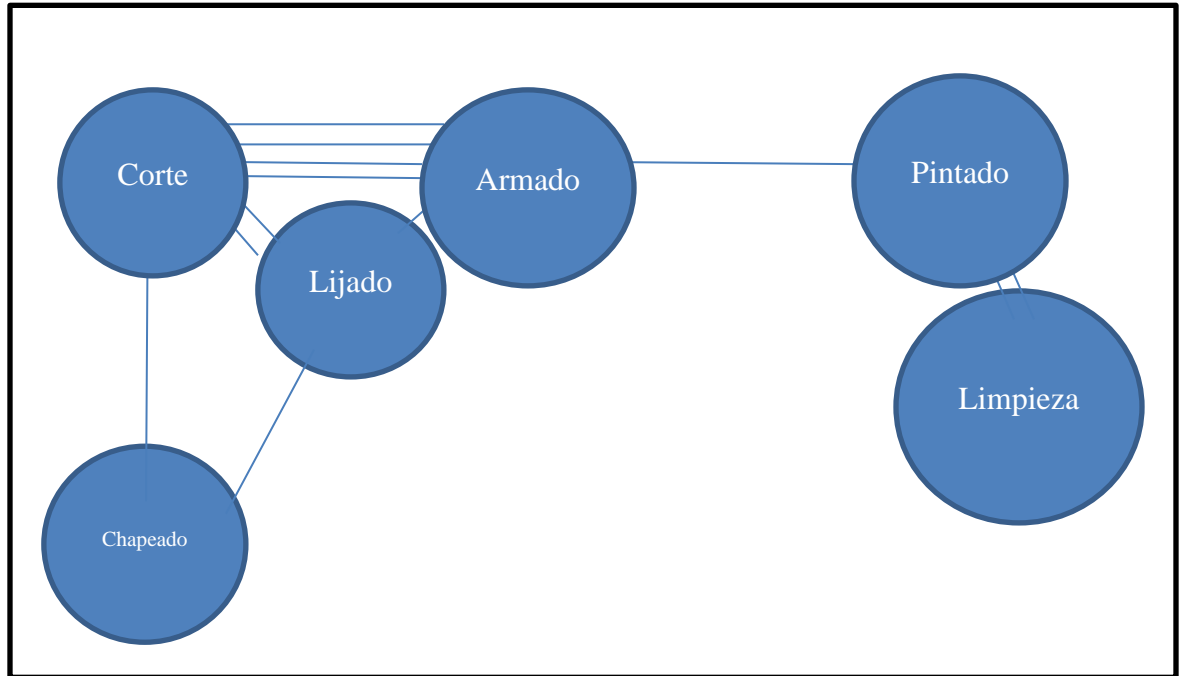


Figura 21 Relación entre las áreas.

f) Paso 5 Análisis de necesidades.

g) Paso 6 Desarrollo del Diagrama Relacional de Espacios.

En estos dos pasos (5 y 6), se determina el tamaño que debe de ocupar cada área de la empresa de acuerdo a la cantidad de productos producidos, la mayor parte de la distribución fue considerada a juicio propio, ya que se utilizó la metodología que asegure al 100 % como debe de estar el tamaño del área con lo producido, como se muestra en la figura 22.

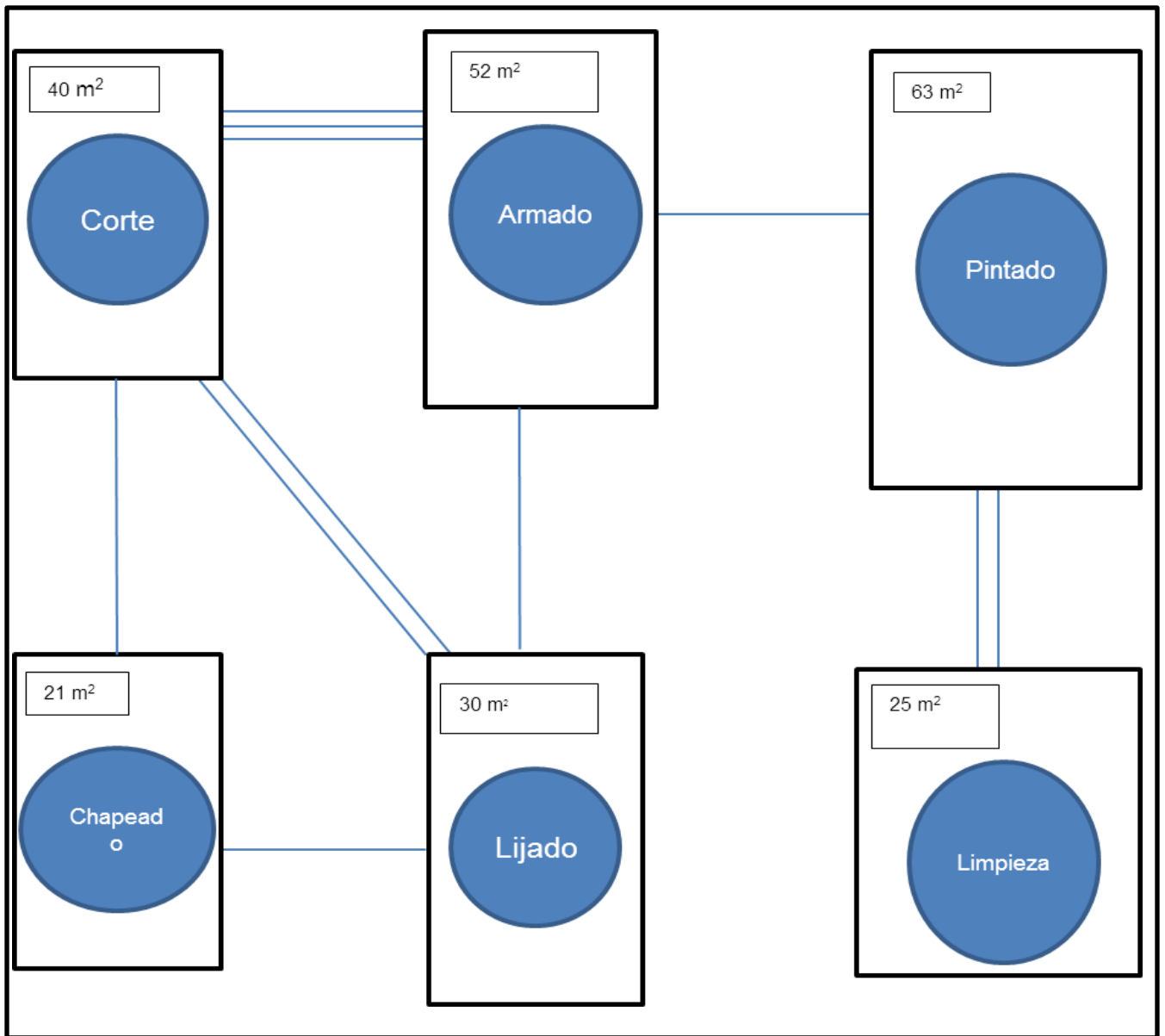


Figura 22. Diagrama Relacional de Espacios

#### h) PASO 7

Por ultimo mediante un análisis de la distribución actual, se llegó a la conclusión de que ésta es la mejor distribución, ya que el material fluye en línea sin retroceder en el proceso hasta el almacén del producto terminado.

En el layout propuesto se establece un proceso en línea, donde el manejo de material es mínimo, ya que nunca se regresa al área anterior, al contrario pasa por cada área de su proceso hasta el área de acabado, quedando como se muestra en la figura 23.

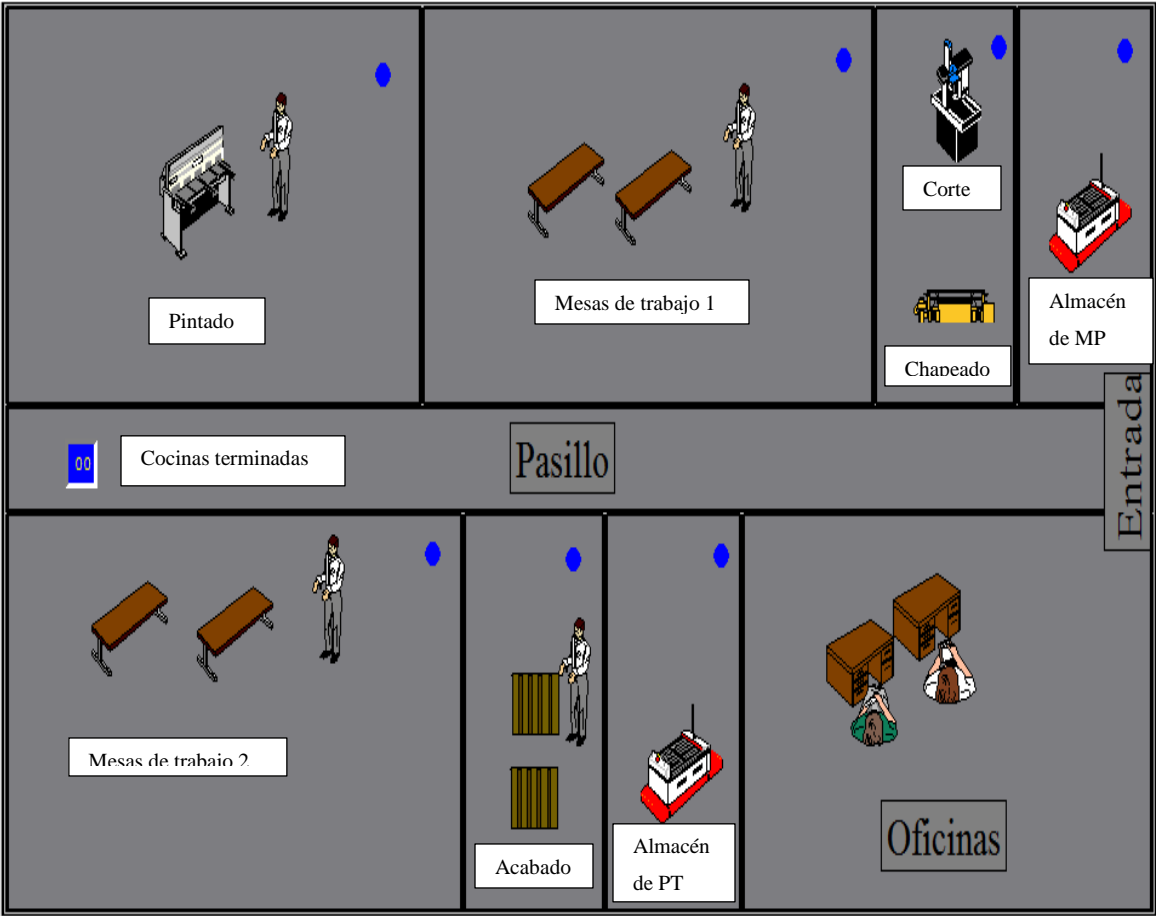


Figura 23. Layout Propuesto.

### 6.3. RESULTADOS

#### DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

Como se muestra en la figura 24, el material pasa de área en área sin ningún orden, por lo que aumenta el tiempo de proceso.

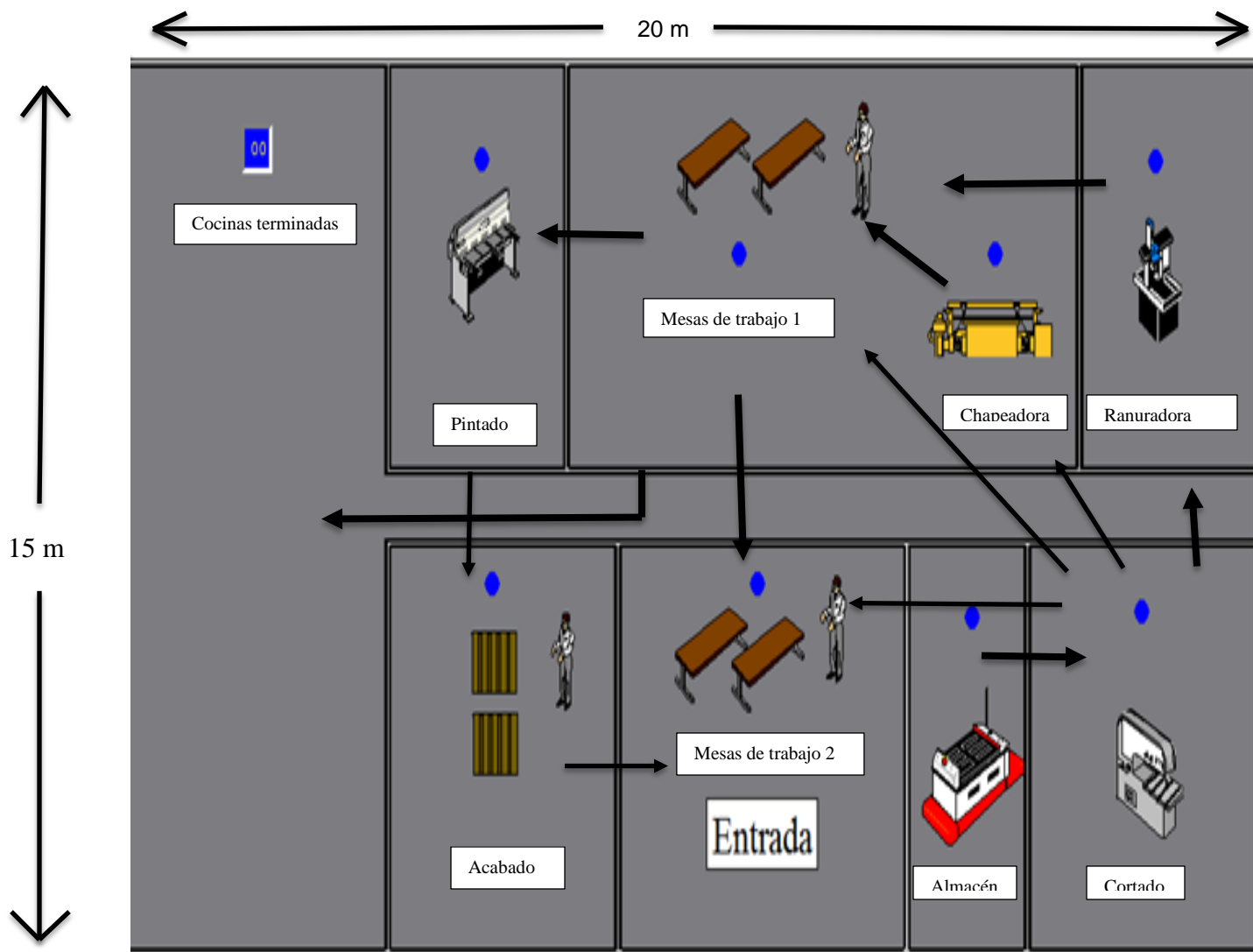


Figura 24. Diagrama de Piso del layout actual.

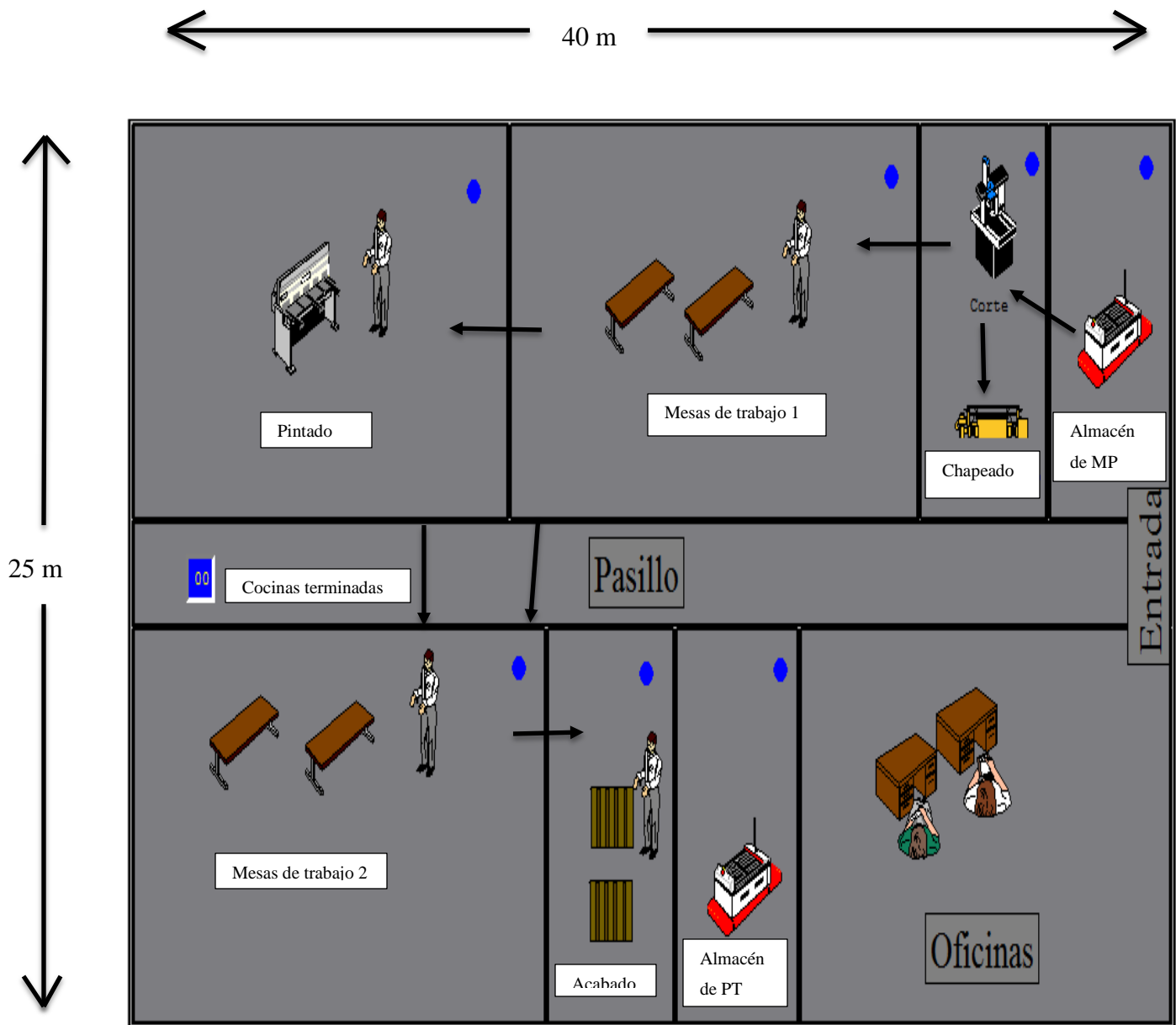


Figura 25. Diagrama de piso del layout propuesto.

Como podemos observar en la figura 25, el layout propuesto reduce los movimientos del material, por consiguiente se producen más cocinas.

## SIMULACIÓN ACTUAL.

Se realizó la simulación de la distribución actual de la empresa DIKA, obteniendo los siguientes datos que se muestran en la figura 26:

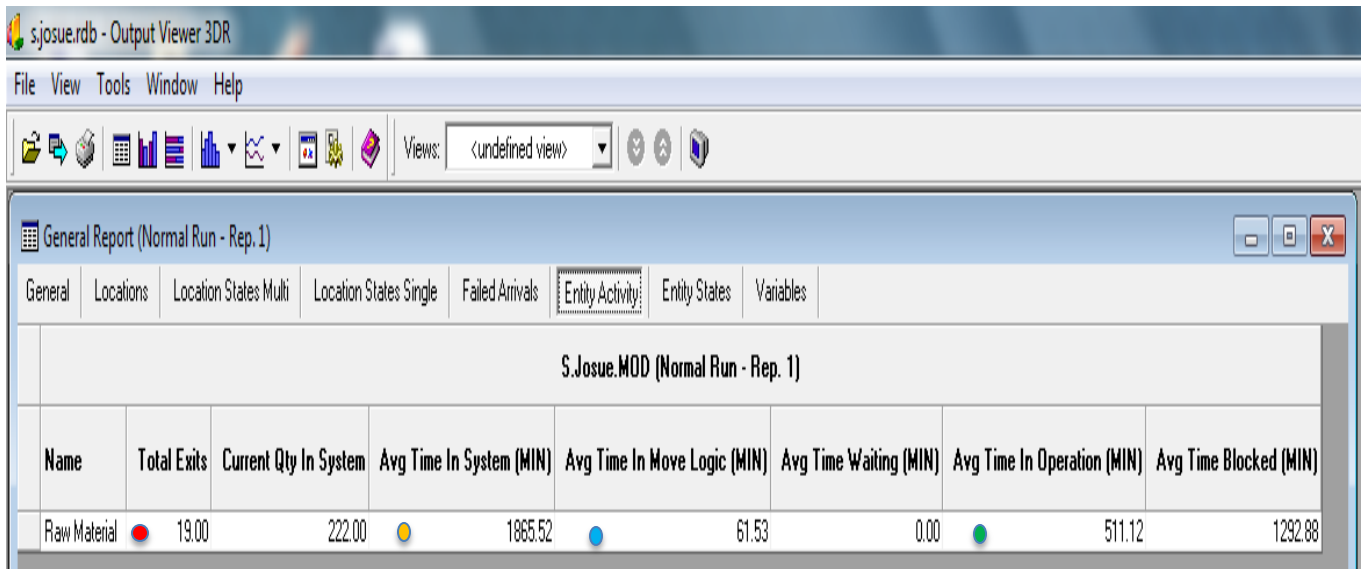


Figura 26 Resultados de la Simulación actual.

Significado de la terminología:

- Total Exits = salidas totales (piezas totales). ●
- Avg Time In System= tiempo promedio en el sistema. ●
- Avg Time In Move Logic = promedio en la lógica del movimiento. ●
- Avg Time In Operation = tiempo promedio en operación. ●

Resultados Simulación Actual	
Total Exits	19
Avg Time In System	1865.52 min
Avg Time In Move Logic	61.53 min
Avg Time In Operation	511.12 min

Tabla 2. Resumen de la simulación actual.

## SIMULACIÓN PROPUESTA

A continuación se muestra la simulación propuesta, arrojando los siguientes resultados:

Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time Waiting (MIN)	Avg Time In Operation (MIN)	Avg Time Blocked (MIN)
Raw Material	20.00	221.00	1811.36	5.00	0.00	417.2	1289.12

Figura 27 Resultados de la Simulación Propuesta de distribución.

Significado de la terminología:

- Total Exits = salidas totales (piezas totales). ●
- Avg Time In System= tiempo promedio en el sistema. ●
- Avg Time In Move Logic = promedio en la lógica del movimiento. ●
- Avg Time In Operation = tiempo promedio en operación. ●

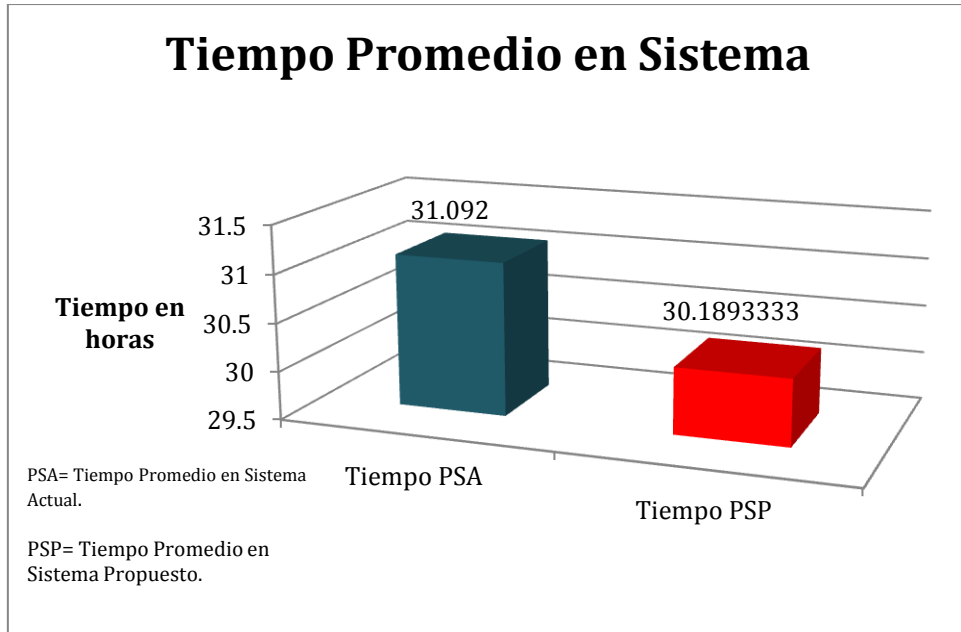
<b>Resultados Simulación Actual</b>	
<b>Total Exits</b>	20
<b>Avg Time In System</b>	181.36 min
<b>Avg Time In Move Logic</b>	5 min
<b>Avg Time In Operation</b>	417.2 min

Tabla 3. . Resumen de la simulación Propuesta.

La simulación muestra que se hace una cocina de más, pero en realidad son 2 ya que se reduce el tiempo de operación 1.6 horas, tiempo suficiente para terminar otra cocina, lo cual serían 2 cocinas.

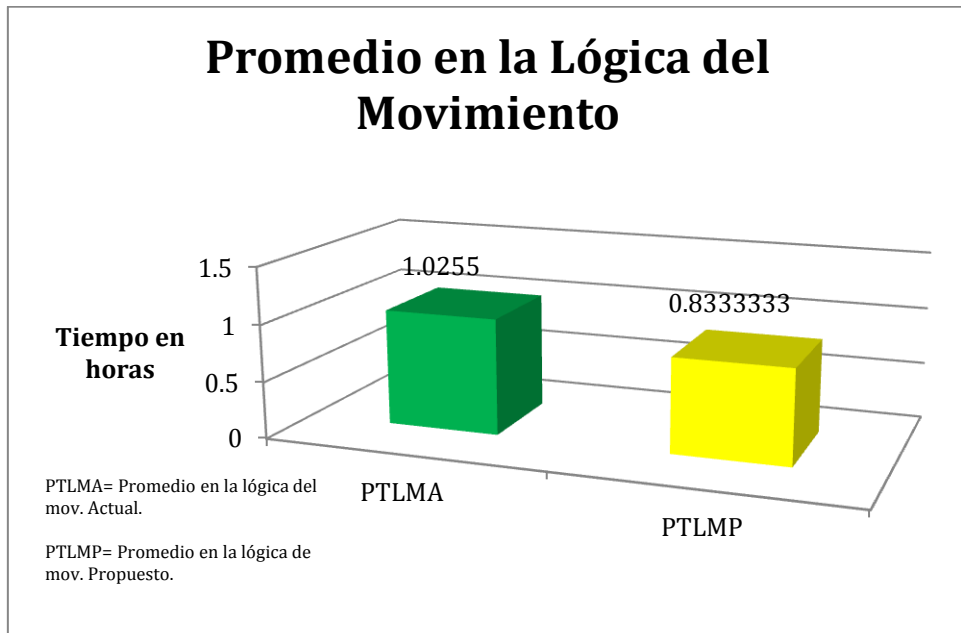
Como podemos observar en la Gráfica 1, hay una gran reducción del tiempo de proceso. Esto es de suma importancia, ya que se logra reducir el tiempo de manejo del material, ocasionando que se pueda entregar las cocinas en un tiempo menor la que se tenía anteriormente. Es de suma importancia entregar en tiempo y forma el producto como en toda empresa, con esto se logra un aumento de cocinas por semana, lo que también reduce el reproceso, ya que se estableció un sistema en serie. El producto no retrocede en ninguna etapa del proceso por lo que al término de este está listo para que sea entregado y no se maltrata en el recorrido al almacén de producto terminado, como anteriormente se hacía.





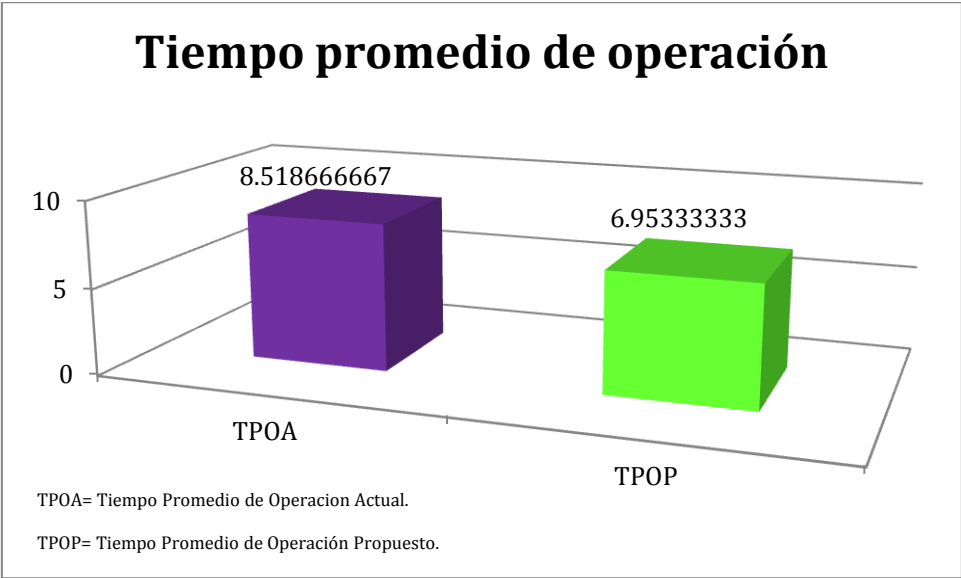
Grafica 1 Tiempo Promedio del sistema.

Como se muestra en la Grafica 2, el tiempo de movimiento de materiales se redujo, lo que indica un factor demasiado favorable, con lo cual se logra uno de los objetivos de este trabajo, agregando más valor al producto y reduciendo tiempos al proceso, obteniendo un mejor proceso para producir un mejor producto.



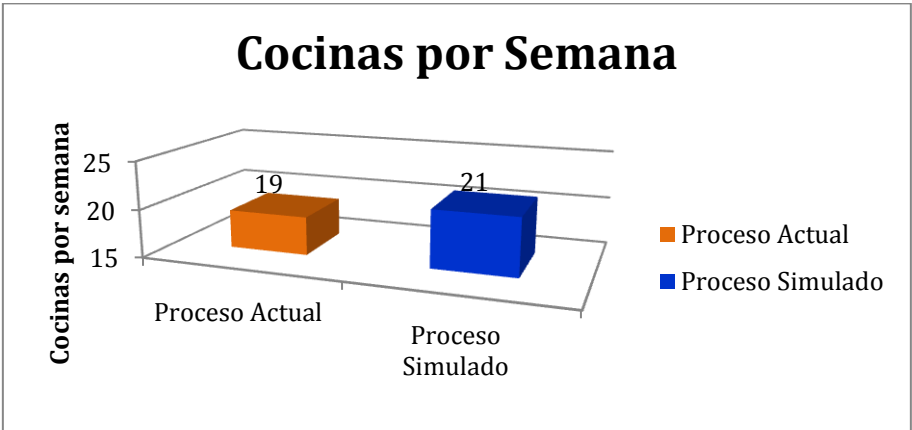
Grafica 2 Promedio del tiempo de lógica del mov.

Como se puede observar en la gráfica 3, en el método propuesto se redujo 1.5 horas, con lo que se comprueba que se disminuyó el tiempo de ciclo, quedando tiempo suficiente para terminar la segunda cocina, en las Gráficas 1 y 2 se observó que se ha cumplido con los objetivos propuestos, quedando establecido que la distribución actual funciona de manera conveniente para la empresa.



Grafica 3. Tiempo promedio de operación.

De lo anterior podemos observar en la siguiente Grafica 4 las cocinas que se producen actualmente y con la distribución propuesta:



Grafica 4. Cocinas producidas.

## 6.4 Análisis Financiero.

### FLUJO NETO DE EFECTIVO

Año de operación	Ingresos totales*	Inversiones para el proyecto				Valor de Rescate		Flujo Neto de Efectivo
		Egresos totales	Fija	Diferida	Cap de trab.	Valor Residual	Recup. De cap. De Trab.	
0								0.00
1	1,285,439.20	1,023,691.71	721,521.00	200,000.00	37,996.00			-697,769.51
2	1,374,626.16	1,153,550.42						221,075.74
3	1,492,982.47	1,241,012.26						251,970.21
4	1,586,851.59	1,327,206.41						259,645.18
5	1,691,984.17	1,425,428.76				200,000	37,996	504,551.41

### CALCULO DEL VAN, R/B/C Y TIR CON UNA TASA DE DESCUENTO DEL 10%

Año de operación	Costos totales (\$)	Beneficios totales (\$)	Factor de actualización 3.8%	Costos actualizados (\$)	Beneficios actualizados (\$)	Flujo neto de efectivo act. (\$)
0	0	0	1.000	0.00	0.00	0.00
1	1,983,209	1,285,439	0.963	1,910,421.65	1,238,261.44	-672,160.21
2	1,153,550	1,374,626	0.928	1,070,429.82	1,275,575.66	205,145.83
3	1,241,012	1,492,982	0.894	1,109,324.23	1,334,557.02	225,232.79
4	1,327,206	1,586,852	0.861	1,142,830.20	1,366,405.33	223,575.13
5	1,425,429	1,929,980	0.829	1,182,359.55	1,600,873.04	418,513.50
<b>Total</b>	<b>5,704,978</b>	<b>7,669,880</b>		<b>6,415,365.45</b>	<b>6,815,672.49</b>	<b>400,307.05</b>

Los indicadores financieros que arroja el proyecto son:

<b>VAN=</b>	<b>400,307.05</b>	<b>Se acepta</b>
<b>TIR =</b>	<b>23.58%</b>	<b>Se acepta</b>
<b>B/C =</b>	<b>1.06</b>	<b>Se acepta</b>

## Conclusiones.

Mediante la elaboración de este trabajo aplicamos herramientas de Ingeniería Industrial, y mediante su aplicación pudimos observar que al resolver un problema te lleva a otro, y más si la empresa carece de ordenamiento y control, aún con todo eso obtuvimos buenos resultados, gran cooperación por parte de los empleados de la empresa.

La ejecución de la metodología de Muther a la línea de producción de cocinas, producirá mejoras significativas en los niveles de productividad de las áreas de trabajo involucradas, debido a la eliminación de las fuentes de desperdicio de tiempo y energía, que se traduce en una disminución del tiempo de ciclo global de todo el proceso dando paso a un incremento al volumen de producción.

## Bibliografía

- BENDELL, TONY. Implementing quality in the public sector. London: Pitman, 2009.
- DAVENPORT, T.H. Innovación de procesos. Reingeniería del trabajo a través de la tecnología de la información. Madrid: Díaz de Santos, 2008.
- DRUMMOND, HELGA La calidad total: el movimiento de la calidad. Bilbao: Deusto 2011.
- GALGANO, ALBERTO. Los Siete instrumentos de la calidad total: manual operativo Madrid: Díaz de Santos, cop. 2011.
- GALOWAY, DIANNE "Mejora Continua de Procesos". Barcelona: Gestión 2000; 2008.
- GOLDRATT, ELIYAHU M. El síndrome del pajar, Madrid: Díaz de Santos, D.L.2007.
- HAMMER MICHAEL Y CHAMPY JAMES Reingeniería de la empresa: Olvide lo que usted sabe sobre cómo debe funcionar una empresa. ¡Casi todo está equivocado! [Barcelona]: Parramón, D.L.2007.

Arias Reina José Manuel, Control de tiempos y productividad. La ventaja competitiva, Ed. Paraninfo Thomson Learning, 2009.

Brunet Luc, El clima de trabajo en las organizaciones Definición, diagnóstico y consecuencias, Ed. Trillas.

Chiavenato Adalberto, Administración de Recursos Humanos, 5ª edic, Ed. McGraw Hill, 2010.

Chiavenato, Idalberto, Introducción a la teoría general de la administración, Ed. McGraw Hill, 2011.

## **Anexos.**

### **Anexo 1.**

Aquí observaremos los tiempos de cada uno de los procesos involucrados en la elaboración de cocinas integrales:

Almacén-Cortado
2,15
2,8
2,6
2,1
2,3
2,12
3,02
2,1
2,23
2,42
2,5
2,1
2,17
2,23
2,2
2,06
2,07
2,36
2,24
2,47
2,52
2,1
2,56
3,03
2,01
2,224
1,58
2,51
2,1
Corte
120
115
110
113
125
111
114
116
118
119
112
120

122
121
110
115
123
111
119
118
117
113
107
116
124
125
116
120
124

Chapeado
50
52
54
48
46
43
42
41
47
53
51
44
43
49
51
41
40

56
45
43
47
46
47
50
51
49
55
49
50

<b>Armado</b>
300
315
280
283
317
295
304
310
308
287
298
299
318
311
291
280
290
303
301

319
313
312
296
387
303
302
304
292
280

<b>Poner puertas</b>
90
96
84
79
88
73
86
78
95
85
96
93
92
90
88
84
82
81

96
91
83
86
87
91
93
96
88
76
89

49
39
44
43
50
33
32
46
47
36
33

Limpieza
30
36
40
46
48
35
33
32
31
45
42
40
39
36
33
32
31
45

Traslado limpieza-almacén
3,5
3,09
2,99
4,02
9,12
3,48
3,69
2,95
3,65
3,45
3,78
3,26
4,6
3,56
4,98
4,12
3,99
4,15



4,98
2,98
3,55
3,84
3,65
4,58
4,23
4,02
3,45
4,33
4,36

3,25
2,59
2,85
2,79
2,93
2,85
3,12
2,93
2,76
2,82
2,66

Traslado de corte- chapeado
2,65
2,3
2,23
2,66
3,02
2,89
2,42
2,95
3,01
2,76
2,89
2,67
3,09
3,2
3,1
2,94
2,96
2,66

Traslado de chapeado-armado
2,06
1,86
1,72
1,93
2,3
2,01
1,78
1,63
1,93
1,82
1,8
1,96
1,66
2,2
2,01
1,73
1,65
1,92

1,8

1,71

1,9

1,81

1,79

1,88

1,66

1,99

2,06

2,3

1,77