Análisis y Rediseño de la Distribución Física de una Fábrica Panificadora

Diana Germania Brusil Tocto
Marianella Karin Torres Villanueva
Ana María Galindo Álvarez
Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral, Apartado 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador

Resumen

La empresa en la que se desarrolla esta tesis tiene como actividad principal la producción de bizcochos, panes y pasteles, en donde se analiza todo el proceso productivo, desde la recepción de materia prima hasta el despacho de producto final.

El elevado tiempo de ciclo del producto, las distancias recorridas por la materia prima y el cruce de materiales son factores que ponen en inminente riesgo de contaminación al producto, principalmente por tratarse de un elemento de consumo alimenticio. Lo que a su vez genera preocupación y quejas por parte del cliente principal, quien podría dejar de comprar la producción de bizcochos de no remediarse de inmediato los problemas.

Para el desarrollo de este rediseño se realizó un análisis de la situación actual del proceso de producción, considerando los siguientes aspectos: producto y mercado, producción, manipuleo y almacenamiento.

Después de realizar este análisis fue posible detectar con mayor exactitud los problemas que tiene la empresa en cuanto a su distribución actual y al mismo tiempo incluir o descartar otras posibles causas que puedan generar demoras en la producción.

Con la información obtenida y con la guía del gerente general y el jefe de producción, se analizó la ubicación de las líneas de producción y de las bodegas de materia prima distribuidas en las dos plantas, alta y baja, utilizando para esto la combinación de los métodos QAP y SLP.

De esta manera se estableció la nueva distribución de las plantas y mediante la validación de los resultados se pudo comprobar el mejor uso del espacio, la reducción de distancias recorridas y mejor flujo del proceso.

QAP: *Problema de Asignación Cuadrática.*

SPL: *Planeación Sistemática de la Distribución en Planta*

Abstract

The company in which this thesis is developed has the main activity production of sponge cakes, breads and pies, where all the productive process is analyzed, from reception of raw material to the item distribution. The high cycle time of the product, the whole ranges by the raw material and the crossing between materials are factors that increase contamination risk of the products; mainly because of it is a food product. That generates preoccupation and complaints by the main client, who could stop to buy the production of sponge cakes if not remedying problems immediately.

For development this redesign, a present situation analysis of the production process was made, considering the following aspects: product and market, production, manipulation and storage. After making this analysis it was possible to detect with greater exactitude the problems that the company has in the present distribution and at the same time to include or to discard other possible causes that can generate delays in the production.

With the obtained data and guide of the general manager and head of production, the location of the production lines and the raw material warehouses distributed in the two plants, up and low, it was analyzed using for the combination of methods QAP and SLP.

In this way the new Industry distribution settled down and by the validation of the results it was possible to be verified the best use of space, reduction of whole ranges and better process flow.

1. Antecedentes

1.1. Presentación de la empresa

El estudio se realiza en una planta panificadora de la ciudad de Guayaquil, en donde se elaboraban productos tradicionales de panadería y pastelería.

La empresa se convirtió en el único proveedor de una empresa multinacional dedicada a la elaboración de productos de consumo masivo, por lo cual instalaron una línea de producción exclusiva paralela a sus productos tradicionales.

La planta cuenta con tres líneas de producción: Bizcochería, Panadería y Pastelería. El mayor volumen de producción se concentra en la línea de Bizcochería.

1.2. Justificación del proyecto

Se escogió esta fábrica como objeto de estudio debido a los siguientes problemas:

El recorrido que sigue tanto el producto terminado como la materia prima, generan pérdidas de tiempo por transporte durante el proceso entre las diferentes estaciones de trabajo.

Actualmente la empresa está implementando BPM (Buenas Prácticas de Manufactura) como requerimiento de su mayor cliente. Actualmente se han detectado problemas de contaminación, lo que ocasionaría la pérdida del cliente, quien genera el 76% de las ventas totales.

Para cumplir con los requerimientos del principal cliente, el turno de producción debe extenderse de 12 horas a 15 horas de trabajo, obteniendo un 25% de sobre-tiempo, evidenciando una posible falta de capacidad en la línea o pérdida en la eficiencia por los recorridos de producto.

1.2. Establecimiento de Objetivos

1.2.1. Objetivo general. Aplicar conocimientos de investigación de mercado, ingeniería de métodos, producción y layout en el mejoramiento de la distribución física de una fábrica de productos de panadería y pastelería

1.2.2. Objetivos específicos. Los objetivos específicos del proyecto son los siguientes:

Investigar metodologías y seleccionar la adecuada para el análisis de la situación actual de la empresa y para el planteamiento de las posibles soluciones.

Realizar un diagnóstico de la situación actual de la empresa para obtener toda la información necesaria y para verificar el correcto funcionamiento de la planta.

Plantear un rediseño de la distribución física de la planta que permita solucionar o disminuir los problemas identificados

1.3. Hipótesis

Con el rediseño de la distribución física de la planta se podrá:

Reducir el tiempo del ciclo del proceso aproximadamente en un 18% para la línea de bizcochería, 7% para la línea de panadería y en un 27% para la línea de pastelería, eliminando o disminuyendo los tiempos por transporte.

Eliminar los problemas de contaminación que se presentan en la planta por la distribución de las áreas.

Disminuir en un 16,49% el costo de mano de obra mediante la reducción del sobre-tiempo.

2. Marco teórico

La Distribución de una planta es el proceso utilizado para determinar la mejor ubicación física de los factores disponibles, tales como maquinaria, equipos, equipos auxiliares, muebles, herramientas y espacios necesarios para fabricar un producto, aprovechando la capacidad de los recursos disponibles.

La mayoría de las plantas se diseñan de forma eficiente cuando empiezan su funcionamiento, pero a medida que el tiempo transcurre y que la organización crece, ésta debe adaptarse a cambios internos y externos, por diferentes causas. En estos casos un rediseño de planta se vuelve indispensable.

Para realizar una redistribución de planta se utilizan los mismos métodos de diseño de planta, con las restricciones que implica una planta existente.

2.1. Investigación

SPL. Muther (1976). El Systematic Layout Planning busca la minimización de distancias recorridas por los materiales, estructuración lógica de procesos, minimización del espacio necesario, satisfacción y seguridad de los operarios y flexibilidad para ampliaciones o modificaciones futuras. Se fundamenta en 5 elementos básicos: “alfabeto de las facilidades de ingeniería de planeación” o PQRST: Producto, cantidad, recorrido, servicios anexos y tiempo.

Carta From – To. Utilizada por algunos de los métodos de distribución de planta, permite cuantificar la cantidad de movimientos entre un departamento y otro.

Análisis Carga – Distancia. Evalúa distribuciones alternativas con base en la suma de la distancia actual multiplicada por la carga en unidades de cada alternativa. Se le aplica la variante del costo multiplicando directamente el número de cargas por el costo de manejo de los materiales.

QAP. El Problema de Asignación Cuadrática es un problema de optimización combinatorio que puede establecerse como un conjunto de *n* elementos distintos (áreas, departamentos, estaciones de trabajo) que deben ser ubicados en *n* localidades de forma óptima. El objetivo es minimizar una función que se puede expresar en costos, flujos o distancias.

2.2. Método seleccionado

Se utilizará metodología de QAP para tener una orientación de la ubicación de los departamentos y luego se utilizará la metodología SPL para comparar con los resultados del QAP y definir la distribución física final que satisfaga los requerimientos de la empresa.

3. Rediseño de la distribución física

3.1. Análisis del producto

El sector industrial de la panadería y pastelería es un mercado relativamente amplio, a pesar de la existencia de los pequeños productores, debido a las costumbres alimenticias en nuestro país. Esto se ve reflejado en un consumo elevado y sectorizado de distintos tipos de panes y postres.

Se los han agrupado por el tipo de masa o forma de cada uno de ellos, por lo tanto tenemos que estos son:

Tabla 1. Línea de panadería

Línea Panadería

	Peso	% Vtas
Panes Alargados de sal	80 g	40
Panes Redondos de dulce	80 g	40
Panes de Rosa mixtos	80 g	20

Tabla 2. Línea de pastelería

Línea Pastelería

	Peso	% Vtas
Tortas redondas Vainilla 28 cm	3 Kg	40
Tortas redondas Chocolate 28 cm	3 Kg	60

Tabla 3. Línea de bizcochería

Línea Bizcochería

	Diámetro	Espesor	Peso	% Vtas
Bizcocho redondo	180.2 mm	10-12 mm	90-120 g	100

3.2. Análisis de mercado y clientes

Las líneas de panadería y pastelería representan aproximadamente el 13% del total de las ventas. Estos productos llegan al consumidor final mediante un punto de venta propio de la empresa. Los productos de la línea bizcochería, representan el 87% de las ventas totales.

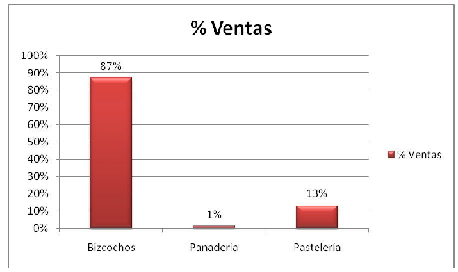

Figura 1. Porcentaje de ventas por producto.

3.3. Análisis del proceso productivo

Línea panadería. Cuenta con dos operarios, uno se encarga principalmente del horneo de los productos y el otro de la elaboración de los mismos.

Línea pastelería. Tiene 2 operarios, ambos se dedican de forma equitativa a las mismas actividades.

Línea bizcochería. En esta línea trabajan 7 operarios, de los cuales, 1 se encarga del batido, 2 del llenado, 1 transportador de coches, 2 para horneo y desmolde y 1 para empaque.

En todas las líneas se presenta un número considerable de actividades de transporte en relación a las demás actividades del proceso.

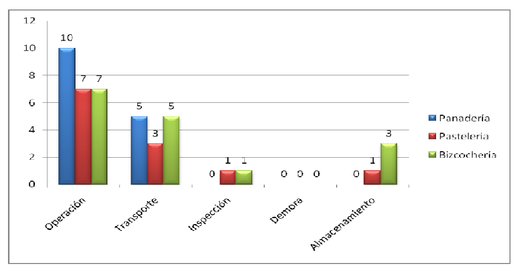

Figura 2. Actividades por área.

3.4. Planificación de la producción

La empresa produce bajo el sistema make to order. Para panadería y pastelería los pedidos se realizan semanalmente, con ajustes que se realizan un día u horas antes de la producción. Para el caso de bizcochería la orden de pedido se recibe cada mes, indicando la cantidad de producto y fechas de entrega estimadas semanalmente. La confirmación se realiza los jueves de la semana anterior a la producción.

No se cuenta con un método de planificación de producción, la planificación se basa en la experiencia.

3.4. Almacenamiento y manipuleo

La forma de almacenamiento es:

1. Producto Terminado en una cámara de refrigeración.
2. Materia Prima Seca cuenta con una bodega.

3. Materia Prima refrigerada en una cámara de refrigeración.
4. Producto Semielaborado para panadería, en una cámara de fermentación controlada y para pastelería en una cámara de refrigeración
5. Almacenamiento de huevos y azúcar se realiza en un galpón fuera de la planta.
6. Material de empaque se en una bodega de secos.

El pedido de materia prima y material de empaque, se realiza de acuerdo a la programada de producción de la siguiente semana. El despacho del producto terminado, para bizcochería se realiza una vez por semana, para panadería y pastelería es a diario.

La unidad de carga utilizada varía según el producto y según la etapa del proceso en el que se encuentre.

A continuación el flujo de materiales en la planta.

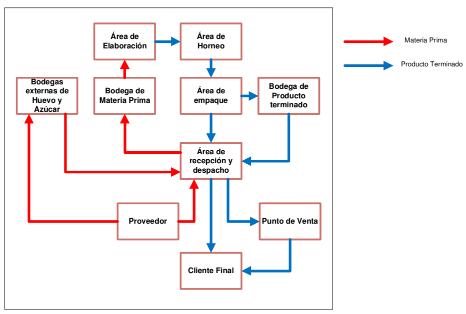

Figura 3. Flujo de materiales en la planta.

3.5. Distribución actual

Actualmente la planta se encuentra distribuida de la siguiente manera.

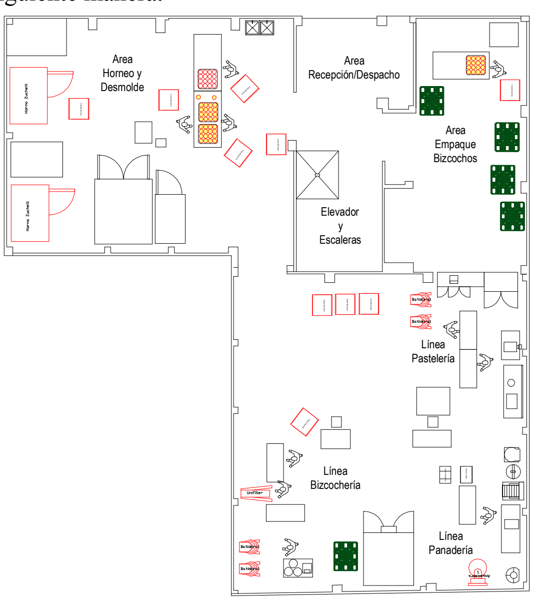

Figura 4. Distribución actual planta baja.

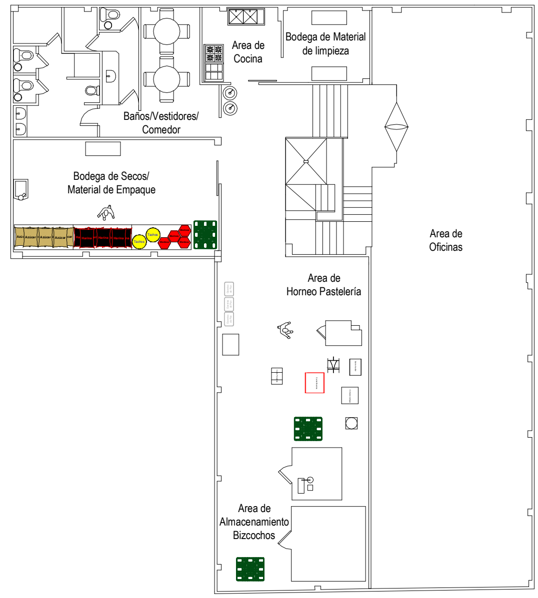

Figura 5. Distribución actual planta alta.

Adicional a las dos plantas la empresa cuenta con dos bodegas externas, una de azúcar y otra de huevos.

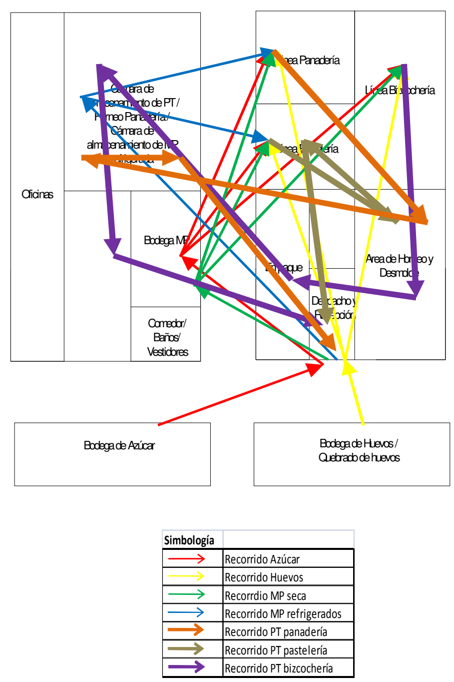

Figura 6. Recorrido actual de los productos.

3.6. Verificación de necesidades

3.6.1. Cálculo de capacidad. Se determina si la capacidad actual instalada satisface la demanda del cliente a largo plazo.

En la línea de bizcochería se podría extender la capacidad a 2,005,418 un/año; es conveniente invertir en maquinaria y equipos para alcanzar la capacidad futura y satisfacer la demanda, que lo que dejaría de ganar al no contar con la capacidad suficiente.

En la línea de panadería se determina que debe mantenerse la capacidad actual de 331,056 Kg/año, con la que se podrá satisfacer la demanda proyectada.

Y en la línea de pastelería la capacidad debería mantenerse, la cual es 146,642 unidades/año, es decir que la empresa no debería invertir en maquinaria para esta línea.

3.6.2. Balanceo de línea. Realiza los cálculos con los resultados del punto anterior y el fondo de tiempo para cada línea.

La nueva capacidad para bizcochería sería 2,011,165 Unds/años, para lo cual se debe incrementar una batidora para el proceso de batido y 2 personas, una para el pesaje y otra para el empaque.

La capacidad de la planta para panadería sería 134,850 Kg/año. No hay necesidad de incrementar equipos o personas.

La capacidad de la planta sería 33,106 Unds/año. Los recursos asignados para esta línea cubren perfectamente la capacidad

3.6.3. Carta From-to. Según las necesidades de cercanía se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 4. Resultados Carta From - To Bodegas

Recepción	Bodega de huevos
	Bodega de azúcar
	Bodega de harina y varios
Bodega de azúcar	Bodega de harina y varios
Bizcochería	Recepción
Panadería	
Pastelería	

Tabla 5. Resultados Carta From - To – Líneas de producción

Bizcochería

Pesado	Batido
Batido	Llenado
Llenado	Horno
Horno	Desmolde
Desmolde	Enfriamiento
	Empaque
Empaque	Almacenamiento (BPT)
	Desmolde

Panadería

Pesado	Amasado
Amasado	Pesado de masa
Pesado de masa	División
División	Formado
Formado	Leudo
Leudo	Horno
Horno	Despacho
	Formado

Pastelería

BMP (Huevos)	Pesado
Batido	
	Llenado
Horneo	
Cocina	Desmolde y decorado
Empaque	
	Despacho

3.7. Problemas presentes

El recorrido que sigue el producto terminado como la materia prima, generan pérdidas de tiempo por transporte durante el proceso, debido a las distancias.

El área de entrada/salida – recepción/despacho está entre el desmolde y empaque y genera contaminación.

El almacenaje de la materia prima seca y material de empaque se realiza en la misma bodega.

El almacenaje de los huevos, harina y azúcar se realizan en bodegas externas a la planta, ocasionando problemas de contaminación en el abastecimiento.

El área de cocina, en donde se realizan los rellenos para la línea de pastelería, se encuentra ubicada junto a una pequeña bodega de materiales de limpieza.

4. Rediseño de la distribución física

Por tratarse de un problema específicamente de distribución se propusieron dos alternativas:

1. Diseño de una nueva planta para mantener todas las áreas en un mismo piso.
2. Redistribución física de las áreas en la planta actual

La primera alternativa genera mayor inversión y mayor tiempo para llevarse a cabo, el Gerente General decidió descartar la primera opción, tomando como única solución la redistribución física.

4.1. Diseño de la distribución planteada.

Debido que la empresa posee dos plantas para la ubicación de sus áreas, se utilizó la información suministrada por la carta FROM-TO, en donde se muestra la cantidad de movimientos que existe entre cada una de ellas.

Tabla 6. Carta From-To – todas las áreas

TODAS LAS ÁREAS	Bodegas	Despacho / Recepción	Empaque / Almacenamiento	Línea Bizcochería	Línea Panadería	Línea Pastelería y cocina	Leudo y horneo	Horneo y Desmolde	Baños, vestidores y comedor	Lavadero y material de limpieza	Elevador y esacaleras	Total
Bodegas	....			88	66	88						242
Despacho / Recepción	1300	....							11			1311
Empaque / Almacenamiento		8	....									8
Línea Bizcochería	88			....				1119	308			1515
Línea Panadería	66				....		286		88			440
Línea Pastelería y Cocina	88	153				....	153		88	44		526
Leudo y horneo		286					....					286
Horneo y desmolde			242		286							528
Baños, vestidores y comedor				462	132	132		....				726
Lavadero y material de limpieza									....			0
Elevador y escaleras										....		0
Total	1542	447	242	550	484	220	439	1119	495	44	0	

Luego del análisis de los movimientos se determinó que las áreas ubicadas en la planta alta serían:

- Baños/Vestidores/Comedor
- Material de limpieza y lavadero
- Elevador y escaleras
- Línea Panadería
- Leudo y Horneo Panadería/Pastelería
- Línea Pastelería y Cocina

De igual manera es importante mencionar que por la distribución del espacio para la aplicación del método QAP se utilizaron dos áreas cómo fijas ya que no pueden ser empleadas por encontrarse una pequeña terraza.

Las áreas ubicadas en la planta baja son:

- Bodegas
- Despacho/Recepción/Elevador
- Empaque/Almacenamiento Bizcochería

- Línea Bizcochos
- Horneo y Desmolde de Bizcochos

De la misma forma que en el caso anterior se empleó un área como fija por la distribución de la planta baja.

Se aplica el método QAP con una distancia teórica igual para todas las áreas y luego se aplicará el método SPL, que determinará la ubicación de acuerdo a criterios subjetivos del Gerente y Jefe de Planta. Con estos resultados se analizará el recorrido del producto, y la distribución que presente la menor distancia será la seleccionada para la nueva distribución de las áreas.

4.1.1. Planta baja. Para el análisis de la distribución de la planta baja mediante el método QAP y SPL se tomarán las siguientes áreas.

- Bodega
- Despacho/recepción/elevador
- Empaque/almacenamiento. Bizcochos
- Línea Bizcochos
- Horneo y Desmolde

Rediseño utilizando método QAP

Se inicia identificando el espacio disponible.

1	2	3
4	5	6

Figura 7. Áreas disponibles planta alta.

Las áreas sombreadas corresponden a la asignación fija de las áreas establecidas al inicio del capítulo.

Luego se elaboró la carta FROM-TO de las áreas asignadas a esta planta, en la que se muestra los movimientos entre las áreas (mensual).

A continuación se establecen las distancias que existen entre cada una de las áreas.

Tabla 7. Matriz de distancias planta baja

	1	2	3	4	5	6
1	…	5	5	5	10	15
2	5	…	10	10	5	10
3	5	10	…	15	10	5
4	5	10	15	…	10	5
5	10	5	10	10	…	5
6	15	10	5	5	5	…

Se establece una matriz de asignación para identificar las posibles combinaciones de ubicación. En esta matriz también se identifican las áreas fijas establecidas previamente. Por lo tanto, tenemos:

Tabla 8. Matriz de asignación

		1	2	3	4	5	6
A	Bodegas						
B	Despacho/Recepción Elevador						
C	Empaque/ Almacenamiento B						
D	Línea Bizcochos						
E	Horneo y Desmolde						

Se estableció una matriz de relaciones, en donde cada celda asignada posee una fórmula que calcula la distancia total para cada combinación establecida.

El objetivo es minimizar la distancia total recorrida, a través de las posibles combinaciones de la distribución de las áreas. Para lo cual se utilizó la herramienta Solver, obteniendo lo siguiente:

Bodegas	Despacho/ Recepción/ Elevador	Empaque/ Almacenamiento Bizcochos
Fijo	Línea Bizcochería	Horneo y Desmolde

Figura 8. Distribución QAP planta baja.

Rediseño utilizando método SPL

Se procedió a definir el grado de relación y las razones de cercanía entre los departamentos.

Una vez realizadas las respectivas definiciones se realizó el diagrama de relaciones.

Tabla 9. Grado de relación

Valor	No Valor	No. Líneas	Cercanía
A	4		Absolutamente necesario
E	3		De especial importancia
I	2		Importante
O	1		Poco Importante
U	0		

Tabla 10. Razones

Cod.	MOTIVO
1	Flujo de Materiales
2	Supervisión
3	Fácilo Acceso
4	Grado de contacto comunicativo
5	Conveniencia
6	Uso de los mismos equipos
7	Uso del mismo personal
8	Contaminación
9	Flujo de personas

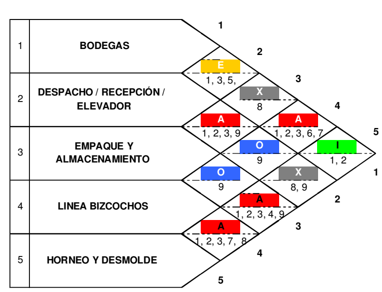

Figura 9. Diagrama de relaciones planta baja.

Se presentan las posibles ubicaciones de las áreas que cumplan con los criterios que propone la matriz de relaciones. Teniendo presente que existen áreas fijas, se establece una combinación entre las áreas que se permite mover en un diagrama de bloques y luego un ajuste a la medida real. Se evalúa las distribuciones de acuerdo al número de movimientos indicados en la carta From-To y la distancia recorrida entre áreas.

Se recomienda utilizar la distribución que representa menor carga mensual. Cabe recalcar que dicha distribución coincide con el resultado obtenido mediante el método QAP.

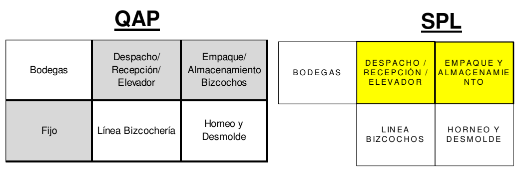

Figura 10. Comparación entre QAP y SPL planta baja.

El mismo ejercicio se realizará para la planta alta y para cada una de las áreas definidas.

Luego de los análisis realizados para cada área la nueva distribución de la planta quedaría de la siguiente manera:

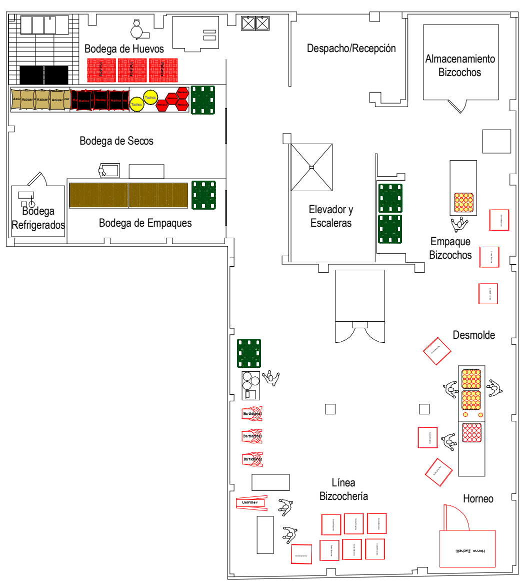

Figura 11. Plano planta baja.

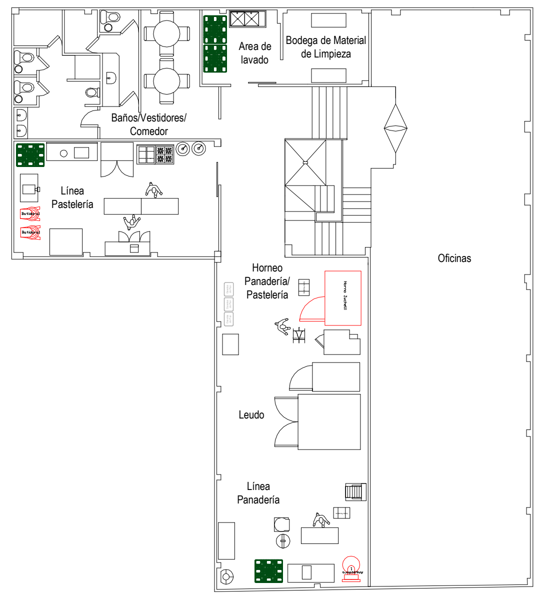

Figura 12. Plano planta alta.

En el siguiente gráfico se muestra el nuevo esquema con el rediseño propuesto:

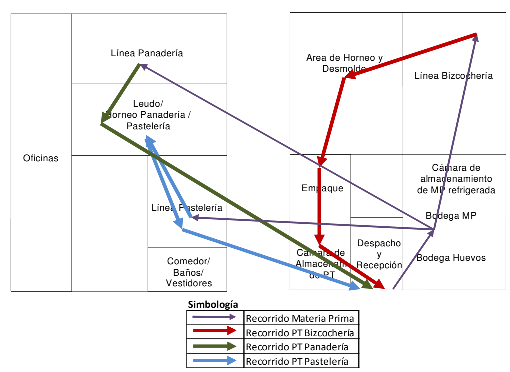

Figura 13. Distribución propuesta.

Con el rediseño propuesto, la materia prima ingresa por el área de despacho y recepción directamente al área de bodegas (secos, huevos, empaque y/o refrigerados). De igual manera el recorrido de cada línea mejora sustancialmente, evitando de esta manera pérdidas de tiempo en el proceso por largas distancias recorridas.

4.2. Mejoras proyectadas.

4.2.1. Tiempo de ciclo. Con el rediseño, se redujo el tiempo de ciclo mediante la eliminación de actividades de transporte.

En la línea de bizcochería se redujo en un 13%, vs el 18% estimado en la hipótesis, debido que no se pudieron eliminar totalmente las actividades de transporte.

Para la línea de panadería se redujo en un 3,7% vs el 7% estimado, pues no se pudieron eliminar las actividades de transporte.

En la línea de pastelería se redujo en un 29% el tiempo del ciclo vs el 28% estimado en la hipótesis, se eliminó la mayoría de las actividades de transporte

4.2.2. Problemas de contaminación. Los problemas de contaminación se controlaron en todas las áreas.

Con la ubicación propuesta se evita la contaminación por la exposición del producto que sale del desmolde hacia el empaque y pasa por el área de despacho y recepción, al realizar el paso directo del área de desmolde al área de empacado.

El riesgo de contaminación se elimina al separar las bodegas materia prima y material de empaque, tal como lo sugiere la ubicación propuesta.

Al separar la bodega de secos de la bodega de empaque quedó el espacio para el almacenamiento del azúcar que se hacía externamente y con el rediseño se asignó un espacio para la bodega de Huevos. Así se evita la contaminación por exposición de la materia prima en el traslado desde las bodegas externas.

El área de cocina se reubicó dentro del área de pastelería, se mantuvo la bodega de Material de limpieza y asignó un área de lavado de latas y moldes. Se elimina el riesgo de contaminación por mantener juntas éstas áreas.

4.2.3. Costo de mano de obra. Para reducir este costo se establece varias medidas.

La empresa cuenta con un horno de mayor capacidad, el que se reubica en el área de Horneo de Panadería y Pastelería. Se debe habilitar, no es necesaria una inversión.

Establecimiento de horarios de entrega a proveedores, y la asignación de la responsabilidad de recepción de la materia prima al personal de panadería.

La reducción del tiempo del ciclo del proceso a 9.75 horas (75 minutos).

Contratación de una persona para el área de empaque de bizcochería.

El almuerzo es de media hora, se recomienda realizar dos grupos y no interrumpir la producción.

Con las medidas indicadas el último batch de producción terminaría a las 18:00 e incluso se podría aumentar la producción a 5 batch por día sin afectar la jornada de trabajo. La última caja estaría lista a las 18:50 y de allí se daría paso a la limpieza del área.

	Costo de Ventas	Costo Mano de Obra (Actual)	Costo Sobretiempo (Actual)	Costo Mano de Obra (Propuesta)	Costo Sobretiempo (Propuesta)
USD	$ 410.770,80	$ 51.731,25	$ 8.531,25	$ 43.200,00	$ -
%	100%	12,59%	2,08%	10,52%	0,00%

Tabla 11. Costo de mano de obra y sobre-tiempo sobre costo de ventas

Con el diseño propuesto se obtuvo una reducción del 16,49% en la mano de obra al eliminar el sobre-tiempo.

5. Agradecimientos

Al Ing. Everaldo Ramírez por permitir la ejecución del trabajo.

A la Ing. Ana María Galindo por la guía proporcionada y la dirección de mismo.

A mi compañera, por su gran contribución y compromiso para lograr la elaboración de esta tesis.

.

12. Referencias

[1] Distribución en Planta – Tema 4 – Diseño de Sistemas Productivos y Logísticos, Departamento de Organización de Empresas, E.F. y C. http://personales.upv.es/~JPGARCIA/LinkedDocuments/4%20Distribucion%20en%20planta.pdf

[2] GestioPolis.com. Distribución de la planta o del área de trabajo, Manuel Guerrero – PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS, PyME. 10 / 2001.

[3] Diseño de distribución en planta de una empresa textil, Muñoz Cabanillas, Martín, Cap. 2, pág. 26-28.

[4] Diego-Mas, J.A., "Optimización de la distribución planta de instalaciones industriales mediante algoritmos genéticos. Aportación al control de la geometría de las actividades", Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, 2006. http://www.dpi.upv.es/nueva/tesis/tesis_diego/diego_mas.html

[5] Método S.L.P. (Systematic Layout Planning) o (Planeación sistemática de la Distribución en Planta) http://www.galeon.com/industrialupiicsa/7.htm.

[6] Análisis carga distancia http://bc.inter.edu/facultad/evicente/adco4800/DISE%C3%91O%20DE%20LAYOUT.doc.

[7] Instituto Tecnológico de Superior de Calkiní, Planeación y Diseño de instalaciones, Unidad 2 – Distribución de Instalaciones http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r27042.DOC