

# Análisis y Diseño de la Distribución Física de una Empresa Textil

Yander Daniel Cano Menéndez  
Sissy Sabrina Valencia Iglesias  
Ana María Galindo Álvarez

Msc. (Administración de la Producción) Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción y Ciencias de la Producción (FIMCP), Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)  
Estudiantes, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP), Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)  
Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral. Apartado 09-01-5863. Guayaquil - Ecuador  
ycano@espol.edu.ec, [svalenc@espol.edu.ec](mailto:svalenc@espol.edu.ec), [agalindo@espol.edu.ec](mailto:agalindo@espol.edu.ec)

## Resumen

Actualmente el mercado de las empresas textiles nacionales se ha visto afectado debido a factores en la política y la economía nacional incrementando la demanda de sus productos, lo que las ha obligado a crecer a la par adquiriendo maquinaria indiscriminadamente, adecuando o dividiendo áreas, disminuyendo pasillos, etc., producto de lo cual se ven en la necesidad de ampliar sus instalaciones debido de las limitaciones de espacio. Es en este punto donde se ven en la necesidad de realizar un diseño de planta que les permita optimizar sus recursos como lo son la maquinaria, el recurso humano, materiales y servicios auxiliares, maximizar los niveles de producción de la empresa, disminuir las pérdidas de tiempo producto de movimientos innecesarios, utilizar efectivamente todo el espacio disponible, asegurar la seguridad y salud de los trabajadores.

**Palabra claves:** Optimización, seguridad, calidad, salud

## Abstract

Currently the market for domestic textile firms have been affected due to political factors in the national economy and increasing demand for its products, which has forced them to acquire machinery indiscriminately, adapting or splitting areas, reducing corridors etc., in consequence comes the need to expand its facilities due to space limitations. It is here where they see the need to make a plant design that allows them to optimize their resources such as machinery, human resources, materials and auxiliary services, maximizing the production levels of the company, reduce the waste of time result of unnecessary movements, effectively use all available space, ensure the safety and health of workers.

**Keywords:** optimization, security, quality, health.

## Introducción

El presente estudio está enfocado en diseñar una nueva planta que permita optimizar la disposición de los elementos del ciclo productivo, máquinas, recursos humanos y materiales de manera que los niveles de producción de la empresa se maximicen.

El estudio se realiza en un empresa dedicada a la confección y comercialización de ropa, tanto casual como de moda abarcando diferentes tallajes y segmentos. Su crecimiento sistemático ha generado que se presenten problemas con el nivel de abastecimiento de los productos a sus clientes.

Se realizará el análisis del diagnóstico actual para identificar los problemas presentes que serán tratados durante el desarrollo de la presente tesis mediante metodologías que se utilizan para distribución de planta.

## 1. Antecedentes y Presentación de la Empresa

La empresa tiene alrededor de 24 años en el mercado. Actualmente la empresa produce de 22.000 a 24.000 prendas mensuales, las cuales son entregadas a su cliente estrella Almacenes De Prati, quienes adquieren el 95% de la producción.

La empresa en lo que va del año 2009 ha tenido la oportunidad de incrementar el número de prendas mensuales en 20.000 unidades, pero se ha visto obligada a rechazar estas ofertas por no tener el espacio físico suficiente para incrementar su capacidad, razón por la que la empresa está dejando de vender un promedio de 20.000 prendas mensuales.

**Tabla 1. Demanda Insatisfecha 2009**

MESES	AÑO 2009		
	PRODUCCIÓN MENSUAL	DEMANDA	DEMANDA INSATISFECHA
ENERO	23.342,00	43.342,00	20.000,00
FEBRERO	21.468,00	41.468,00	20.000,00
MARZO	18.681,00	38.681,00	20.000,00
ABRIL	23.654,00	43.654,00	20.000,00
MAYO	23.412,00	43.412,00	20.000,00
JUNIO	20.683,00	40.683,00	20.000,00
JULIO	28.688,00	48.688,00	20.000,00
AGOSTO	27.532,00	47.532,00	20.000,00
SEPTIEMBRE	23.433,00	43.433,00	20.000,00
OCTUBRE	23.433,00	43.433,00	20.000,00
NOVIEMBRE	23.433,00	43.433,00	20.000,00
DICIEMBRE	23.433,00	43.433,00	20.000,00
TOTAL	281.192,00	521.192,00	240.000,00

La tabla 1, muestra una producción promedio de prendas de 23.433,00 estimada a partir de enero hasta agosto. Como se puede apreciar al finalizar el año 2009 la empresa dejaría de vender un promedio de 240.000 debido a la capacidad actual de la planta.

## 2. Marco Teórico

Para la determinación de un nuevo diseño de planta se debe considerar la integración de los recursos de la compañía: equipos, maquinaria, mano de obra, infraestructura, etc., garantizando la cercanía de las áreas, movimientos del material, almacenamiento, flujos óptimos y cualquier otra actividad o servicio.

### 2.1 Investigación

Es mejor aquella distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se transforman, tratan o montan los materiales, utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible tanto en vertical como horizontal. Una distribución nunca puede ser efectiva si se somete a los trabajadores a riesgos o accidentes.

### 2.2. Metodologías empleadas para el diseño de una planta

Las metodologías utilizadas con mayor frecuencia en el diseño de una planta son las siguientes:

CRAFT (Computarized Relationship Layout Planning). Es un programa que tiene dos objetivos fundamentales, encontrar algoritmos con buenos tiempos de ejecución y buenas soluciones, aunque no siempre la solución garantice ser la óptima.

CORELAP (Computarized Relative Allocation of Facilities Technique. - Usa la carta de relaciones como entrada, el usuario asigna pesos para las relaciones. Estos pesos numéricos son llamados "Necesidades de proximidad" (CR).

ALDEP (Automated Layout Design Program).- Utiliza un número de alternativas de disposiciones y utiliza la matriz de relaciones para determinar la importancia de los departamentos adyacentes.

SPL (Systematic Plant Layout).- Esta herramienta, permite analizar y determinar la cercanía de las áreas basado en motivos de cercanía y grado de relación, con lo cual sugiere posibles distribuciones en las

cuales se busca el recorrido óptimo que se basa en la distancia mínima.

QAP (Quadratic Assignment Problem).- Este método se basa en algoritmos matemáticos, sujetos a restricciones lineales y usualmente a restricciones no negativas en las variables de diseño.

### 2.3. Selección del método a utilizar

La escala que se utilizará para la calificación de los criterios se muestra en la figura 2.7.

ESCALA	
70%	Alto
20%	Medio
10%	Bajo

**Figura 2.7. Escala de Medición**

Definida la escala de medición, los criterios a evaluar son los siguientes:

- Confiabilidad de la solución obtenida.
- Accesibilidad al programa.
- Grado de complejidad.

Se asignarán los pesos a cada uno de los criterios según la metodología a evaluar. Ver figura 2.8

Método	Confiabilidad de la Solución Obtenida	Accesibilidad al Programa	Grado de Complejidad	Método seleccionado
CRAFT	Medio → 20%	Bajo → 10%	Alto → 70%	100%
CORELAP	Bajo → 10%	Bajo → 10%	Medio → 20%	40%
ALDEP	Medio → 20%	Bajo → 10%	Alto → 70%	100%
SPL	Alto → 70%	Alto → 70%	Medio → 20%	100%
QAP	Alto → 70%	Alto → 70%	Medio → 20%	100%

**Figura 2.8. Selección de Metodologías**

### 2.4. Método Seleccionado

Según la evaluación, se obtuvo que las metodologías que serán utilizadas sean SPL (Systematic Plant Layout) y QAP (Cuadratic Assignment Problem).

## 3. Diagnóstico de la situación actual

Para conocer e identificar los problemas que actualmente posee la empresa y hacer su respectivo análisis, se realizará un levantamiento de información que involucre el mercado, el proceso productivo, el movimiento de materia prima y producto terminado, almacenamiento, máquinas utilizadas y estructura organizacional.

### 3.1. Análisis de la situación actual

#### Análisis de mercado.-

En los tres últimos años, las camisetas, blusas y vestidos representan el 80% de la producción como se muestra en la figura 3.1.



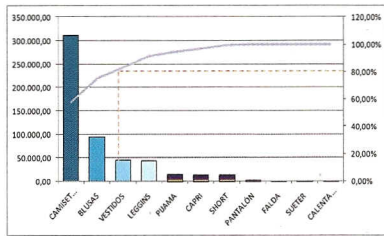


Figura 3.1. Producción acumulada años 2007/2008/2009

La figura 3.2, muestra que desde el año 2007 al 2009 la tendencia de las ventas es creciente debido a factores externos que han afectado al mercado textil.

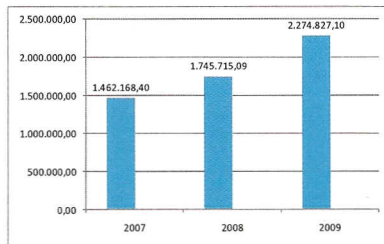


Figura 3.2. Tendencia de Ventas

Del año 2008 al 2009 las ventas se han incrementado en un 30,31%, valor que representa las ventas hasta el mes de agosto del año en curso. Para efecto de la tesis se tomará el promedio de prendas mensuales hasta lo que va del año y se lo colocará en los meses que faltan para poder estimar el incremento de prendas entre el año 2008 y 2009.

Tabla 3. Producción total de Prendas

MESES	PRODUCCIÓN TOTAL DE PRENDAS		
	2007	2008	2009
ENERO	18.978,00	13.827,00	23.342,00
FEBRERO	21.468,00	25.052,00	21.468,00
MARZO	18.681,00	21.626,00	18.681,00
ABRIL	24.263,00	22.873,00	23.654,00
MAYO	17.947,00	24.419,00	23.412,00
JUNIO	20.615,00	16.285,00	20.683,00
JULIO	25.785,00	19.879,00	28.688,00
AGOSTO	20.941,00	19.285,00	27.532,00
SEPTIEMBRE	22.397,00	10.344,00	23.433,00
OCTUBRE	23.364,00	27.844,00	23.433,00
NOVIEMBRE	22.388,00	30.458,00	23.433,00
DICIEMBRE	15.271,00	22.215,00	23.433,00
TOTAL	262.098,00	264.107,00	281.192,00

Como se puede apreciar en la tabla 3, del año 2008 al 2009 existiría un incremento de producción de 27.083 prendas que representan un 10,65%.

**Análisis de Producto.-**

Los materiales que se utilizan para la confección de las prendas se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4. Materiales estándares para la confección de una prenda

MATERIALES ESTÁNDARES PARA LA CONFECCIÓN DE UNA PRENDA
teja
hilo
botones
accesorios
etiquetas
aguas
broches
cierres
tierra
enceje

**Análisis del Proceso Productivo.-**

El proceso productivo de las camisetas, blusas y vestidos es similar. Se muestra el DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO. Ver figura 3.4.

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO			
EMPRESA:	DISIX S.A	ACTIVIDADES	% DE ACTIVIDADES
FECHA:	02/09/2009	OPERACIÓN	13 52,00%
ÁREA:	PRODUCCIÓN	TRANSPORTE	5 20,00%
RESPONSABLE:	DC-SV	ALMACENAMIENTO	2 8,00%
INICIA EN:	RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA	DEMORA	1 4,00%
TERMINA EN:	ALMACENAMIENTO TEMPORAL	INSPECCIÓN	4 16,00%
COMENTARIO:		TOTAL	25 100,00%

Nº.	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	SÍMBOLO
1	RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA	○
2	INSPECCIÓN DE MATERIA PRIMA	○
3	ALMACENAR LA MATERIA PRIMA EN LA BODEGA DE MATERIA PRIMA	○
4	TRASLADO DE MATERIA PRIMA AL ÁREA DE CORTE	○
5	CORTE DE TILAS SEGUN DISEÑO ESTABLECIDO POR EL PLOTTER	○
6	LLENAR CANASTOS	○
7	TRASLADO DE CANASTOS AL ÁREA DE INSPECCIÓN Y SECCIONAMIENTO	○
8	ACUMULAR CANASTOS	○
9	INSPECCIÓN DEL CORTE	○
10	DIVIDIR Y AGRUPAR CORTES SEGUN MOLDE (PIEZAS)	○
11	LLENAR EN GAVETAS SEGUN MOLDE (PIEZAS)	○
12	ACUMULACIÓN DE GAVETAS (SEGUN DISEÑO)	○
13	TRALADO AL ÁREA DE CONFECCIÓN (PLANTA)	○
14	ACUMULACIÓN DE GAVETAS DE MOLDES SEGUN PRODUCCIÓN DIARIA	○
15	CONFECCIÓN DE LA PRENDA	○
16	INSPECCIÓN DE PRENDAS DURANTE EL PROCESO DE CONFECCIÓN	○
17	TRASLADO AL ESPACIO DESIGNADO PARA PRENDAS TERMINADAS	○
18	LLENADO DE BALDES DE ALMACENAMIENTO DE PT	○
19	ESPERA PARA SER TRASLADADO A LA ZONA DE DESPACHO	○
20	TRASLADO (SUBIR) A DESPACHO	○
21	INSPECCIÓN	○
22	ADHERRIR ETIQUETA	○
23	EMBALAJE	○
24	CODIFICACIÓN DE GAVETA QUE CONTIENE EL PRODUCTO TERMINADO	○
25	ALMACENAMIENTO TEMPORAL	○

Figura 3.4. Diagrama de Flujo de Proceso

**Análisis de la Planificación de la Producción.-**

El cliente comunica vía correo electrónico su requerimiento, se define el diseño y se elabora el conjunto de muestras de prendas (llamado patrón) el cual es revisado y aprobado por el cliente. El cliente emite su pedido especificando la cantidad de prendas por modelo y la prioridad de producción. El pedido es ingresado por la Asistente de Gerencia a la base de datos de pedidos pendientes.

El Jefe de Producción realiza el Plan Maestro de Producción y el Programa de Producción Mensual, en base a las prioridades impuestas por el cliente, disponibilidad de materia prima y a su experiencia, tomando en cuenta la fecha de ingreso del pedido. Dicho programa es enviado a los Supervisores de Producción quienes distribuyen la carga de trabajo a los diferentes módulos.

**Análisis de la Estructura organizacional.-**

La empresa actualmente consta con 130 personas como empleados de la fábrica y 20 empleados considerados como personal administrativo.

**Análisis de Manipuleo y Almacenamiento.-**

**Bodega de Materia Prima**

La bodega está ubicada en el segundo piso y el almacenamiento se lo realiza en estanterías diseñadas para rollos de hasta 1,50 mts. de longitud. Para movilizar un rollo de la Bodega de Materia Prima al área de Corte o viceversa se lo realiza manualmente.

## Bodega Temporal

La Bodega Temporal comprende un área ubicada entre el área de corte y la Planta de confección, ésta área fue diseñada para contener las piezas que van a ser utilizadas en la producción de máximo 2 días. Aquí se clasifican las piezas provenientes del área de corte y se las almacena en Gavetas de ancho 0,40 mt., longitud 0,70 mt. y altura de 0.30 mt.

## Bodega de Accesorios

Por políticas internas de la compañía se estableció un horario para entrega de accesorios al inicio de la jornada y al final de la misma ya que se realiza la devolución del material sobrante. Para trasladar los accesorios tanto al inicio como al final de jornada se utilizan las gavetas mencionadas anteriormente.

## Bodega de Producto Terminado

Para trasladar las prendas desde el área de confección a la bodega Producto terminado se lo realiza mediante baldes que tienen capacidad para 15 prendas por balde, estos son subidos al segundo piso mediante una piola, el almacenamiento se lo realiza en Gavetas de ancho 0,40 x 0,70 x 0.30 mt. , con tapa, ya que en ellas se distribuirán las prendas.

## 3.2. Verificación de las necesidades de la planta.

Para establecer las necesidades de la planta actual se levantó la siguiente información:

### Verificación de capacidad

La tabla 9, muestra que para el año 2010 la cantidad estimada de prendas a producir sería de 521.192, mientras que para el 2015 se estima que se crecería a una cantidad de 665.188 prendas anuales, dichos valores serán tomados como base para el cálculo de la capacidad de la planta.

**Tabla 9. Proyección de Prendas**

PROYECCIÓN DE PRENDAS			
AÑOS	# DE PRENDAS	% INCREMENTO	PRENDAS PROYECTADAS
2009			281.192,00
2010	281.192,00	240.000,00	521.192,00
2011	521.192,00	5%	547.251,60
2012	547.251,60	5%	574.614,18
2013	574.614,18	5%	603.344,89
2014	603.344,89	5%	633.512,13
2015	633.512,13	5%	665.187,74
2016	665.187,74	5%	698.447,13
2017	698.447,13	5%	733.369,48
2018	733.369,48	5%	770.037,96
2019	770.037,96	5%	808.539,86
2020	808.539,86	5%	848.966,85

La tabla 10, muestra las variables que se consideraron para el cálculo de la capacidad instalada de la planta.

**Tabla 10. Variables para el cálculo de la capacidad instalada**

VARIABLE	VALOR
Q 2015	521.192,00
Q 2020	665.188,00
Costo Maquinaria	322.510,63
P.V.P	12
Costo Maq. Unidad	0,48
Costo cubierto MI	252.695,42
Costo Exceso	69.815,21

Se calculó el costo corto, que es lo que se deja de ganar por no tener capacidad y el costo largo que representa el costo de la máquina que no se usa. Ver tabla 11.

**Tabla 11. Costos considerados para el cálculo de la capacidad**

VARIABLE	VALOR
Costo Corto	1.727.952
Costo Largo	69.815
P	0,9612
z	1,76
Prueba Logica	Extensión

De acuerdo a los cálculos realizados se podría extender la capacidad actual de la planta a 549.789 unidades/año, lo que representa 45.816 prendas mensuales para poder satisfacer la demanda proyectada, como se muestra en la tabla 12.

**Tabla 12. Capacidad instalada**

1.Calculo Extensión		Prendas anuales	Prendas mensuales
Capacidad	MEDIA + Z x DES	549.789	45.816

## Balaceo de Línea.-

Mediante los cálculos correspondientes, se obtuvo el número de personas necesarias para cada operación del proceso productivo, como se muestra en la tabla 15.

**Tabla 15. Balaceo de línea**

PROCESO	NORMAS DE TRABAJO	CAPACIDAD UNITARIA	NÚMERO DE PERSONAS REDONDEADAS	NÚMERO DE PERSONAS REQUERIDAS	CAPACIDAD UNITARIA DADO EL NÚMERO DE PERSONAS REQUERIDAS
CORTE	45,45 pr/hr	NI 107.781,818	5,10	6,0	646.650,909
SEGMENTACIÓN	31,25 pr/hr	NI 74.100,000	7,42	8,0	592.800,000
ARMAR CUELLO	31,25 pr/hr	NI 74.100,000	7,42	8,0	592.800,000
ARMAR PINZAS LARGAS CU	60,24 pr/hr	NI 142.843,373	3,85	4,0	571.373,494
ARMAR PINZAS CORTAS CU	96,15 pr/hr	NI 228.000,000	2,41	3,0	684.000,000
CERRAR COSTADO NORMAL	31,25 pr/hr	NI 74.100,000	7,42	8,0	592.800,000
CERRAR FAJON	51,55 pr/hr	NI 122.226,804	4,50	5,0	611.134,021
HACER DOBLAJILLO (RUECO)	8,47 pr/hr	NI 20.094,915	27,36	28,0	562.651,627
DOBLAR SESGO SISA	15,15 pr/hr	NI 35.927,273	15,30	16,0	574.836,364
HACER NDO DE ABEJA EN ESPALDA (I RLA)	50,00 pr/hr	NI 118.560,000	4,64	5,0	592.800,000
HACER NDO DE ABEJA EN MANGA CV	94,34 pr/hr	NI 223.698,113	2,46	3,0	671.094,340
HACER TRAS	33,33 pr/hr	NI 79.040,000	6,96	7,0	553.280,000
HACER OJALES CU	45,45 pr/hr	NI 107.781,818	5,10	6,0	646.650,909
PEGAR ETQ	50,00 pr/hr	NI 118.560,000	4,64	5,0	592.800,000
PEGAR BOTONES CU	55,56 pr/hr	NI 131.733,333	4,17	5,0	658.666,667
PEGAR CUELLO	15,00 pr/hr	NI 35.568,000	15,46	16,0	569.088,000
PEGAR NDO A BILUSA	17,14 pr/hr	NI 40.645,143	13,53	14,0	569.088,000
PEGAR LAS 2 COPIAS	22,73 pr/hr	NI 53.880,909	10,20	11,0	592.800,000
PEGAR ELASTICO EN ESPALDA	32,73 pr/hr	NI 77.802,909	7,08	8,0	620.823,273
PEGAR MANGA NORMAL CU	50,00 pr/hr	NI 118.560,000	4,64	5,0	592.800,000
PEGAR ELASTICO DE 1CM EN MANGAS CU	50,00 pr/hr	NI 118.560,000	4,64	5,0	592.800,000
PEGAR ELASTICO DE 1CM EN CUELLO CU	50,00 pr/hr	NI 118.560,000	4,64	5,0	592.800,000
PEGAR TRAS CU	60,00 pr/hr	NI 142.272,000	3,86	4,0	569.088,000
PEGAR PUNO CU	32,14 pr/hr	NI 76.217,143	7,21	8,0	609.737,143
PEPLANTE EN CANESU	30,00 pr/hr	NI 71.136,000	7,73	8,0	569.088,000
DESILACHAR	30,00 pr/hr	NI 71.136,000	7,73	8,0	569.088,000
ESTAMPADO	94,34 pr/hr	NI 223.698,113	2,46	3,0	671.094,340
PLANCHAR	82,50 pr/hr	NI 148.200,000	3,71	4,0	592.800,000
EMPACAR	30,00 pr/hr	NI 71.136,000	7,73	8,0	569.088,000
					553.280,0

La capacidad unitaria que se debe cubrir para cumplir con la demanda proyectada es 553.280,00 prendas.



### 3.3. Problemas Presentes

Se observó los siguientes problemas:

- La empresa no puede cubrir o satisfacer los pedidos generados por otros clientes que no sean de Almacenes De Prati.
- No existe un correcto almacenamiento de los rollos de tela representando un 8% de desperdicio de materia prima. Se evidenció que existen rollos de tela almacenados en el área de corte por la falta de capacidad de la Bodega Actual.
- La empresa incurre en un 22% de sobretiempo debido a que un turno de 8 horas no es suficiente para cubrir la demanda actual.

### 4. Diseño de la Distribución Física

Las metodologías utilizadas tendrán como objetivo minimizar el espacio recorrido.

#### 4.1. Análisis de los Problemas Presentes

Se realizaron diagramas de causa-efecto (ISHIKAWA). Ver figuras 4.1, 4.2 y 4.3.

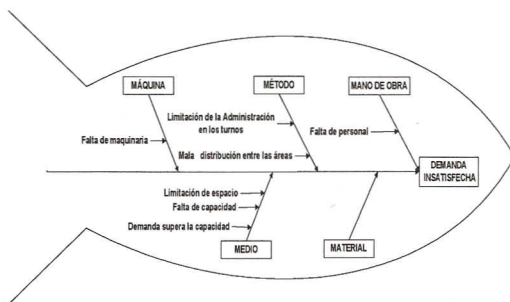


Figura 4.1. Diagrama Causa-Efecto (Ishikawa) – Demanda Insatisfecha

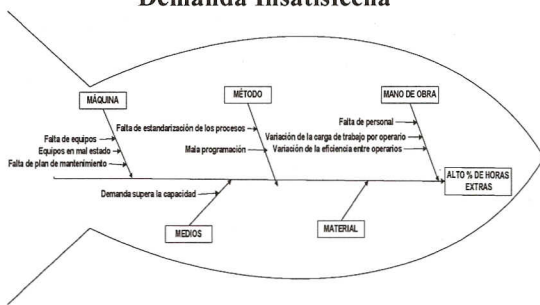


Figura 4.2. Diagrama Causa-Efecto (Ishikawa) – Alto porcentaje de horas extras

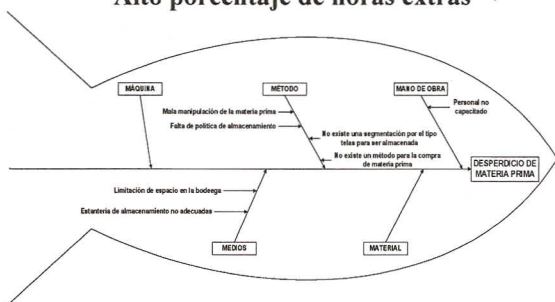


Figura 4.3. Diagrama Causa-Efecto (Ishikawa) – Desperdicio de materia prima

Luego de definir las posibles causas de los problemas presentes, se determinaron alternativas de solución. Ver tabla 22.

Tabla 22. Alternativas de solución

ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN		
PROBLEMA	CAUSA	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN
DEMANDA INSATISFECHA	Mala Distribución de las áreas	1.- Realizar una nueva planta que permita balancear la línea de producción para poder cumplir con la demanda proyectada.  2.- Rediseñar la planta buscando una nueva ubicación de las áreas que permita satisfacer la demanda proyectada.
	Falta de Capacidad de producción	
	Falta de Personal	
	Limitación de la Administración en los turnos	
	Limitación de espacio	
	Falta de maquinaria	
ROLLOS DE TELA MAL ALMACENADOS	Limitación de espacio en la bodega	1.- Diseñar una bodega, con las dimensiones acordes para el almacenamiento correcto de los rollos de tela de acuerdo a la política establecida.  2.- Rediseñar la Bodega o mover las estanterías de manera que quede más espacio para almacenar rollos sin apilarlos.
	Estanterías de almacenamiento no adecuadas	
	Mala manipulación de la materia prima	
	Personal no capacitado	
	Falta de Política de almacenamiento	
HORAS EXTRAS	Limitación de la administración en los turnos	1.- Extender los turnos o doblarlos para poder cumplir con la demanda proyectada.  2.- Diseñar una planta que permita cubrir en un solo turno de 8 horas la demanda proyectada.
	Mala distribución entre las áreas	
	Falta de maquinaria	
	Falta de personal	
	Limitación de espacio	
	Falta de capacidad	

Dichas alternativas fueron evaluadas por criterios definidos por la Gerencia General de la empresa. La tabla 25 muestra las soluciones finales a los problemas de la planta.

Tabla 25. Decisión Final

PROBLEMA	DECISIÓN FINAL
DEMANDA INSATISFECHA	Realizar una nueva planta que permita balancear la línea de producción para poder cumplir con la demanda proyectada.
ROLLOS DE TELA MAL ALMACENADOS	Diseñar una bodega, con las dimensiones acordes para el almacenamiento correcto de los rollos de tela de acuerdo a la política establecida.
HORAS EXTRAS	Diseñar una planta que permita cubrir en un solo turno de 8 horas la demanda proyectada.

La decisión final a las que se llegó en cada uno de los problemas concuerda con la decisión que la gerencia había tomado previamente de construir una nueva planta.

#### 4.2. Diseño de la Distribución Planteada

Para determinar la mejor distribución de la nueva planta el análisis se lo realizará mediante dos métodos:

- QAP (Quadratic Assignment Problem)
- SPL (Systematic Plant Layout)

### 4.2.1. SPL (Systematic Plant Layout)

Esta metodología permite realizar una distribución de planta en la cual las áreas estén ubicadas de acuerdo a la relación entre ellas. Se realizó tres cartas From – To mejoradas, una para administración, otra para producción y finalmente una general en la que se relaciona todas las áreas administrativas como de producción. La nueva planta será de un piso, ya que las dimensiones del terreno lo permiten y se quiere obviar el uso de escaleras. Ver Tabla 26.

**Tabla 26. Carta From-To Administración Mejorada (Diaria)**

CARTA FROM-TO ADMINISTRACIÓN MEJORADA (DIARIA)							
	DISEÑO	CONTABILIDAD	GERENCIA GENERAL	SALA DE REUNIONES	RECEPCIÓN	BAÑOS ADMINISTRACIÓN	TOTAL
DISEÑO	0	1	5	3	1	19	29
CONTABILIDAD	1	0	3	2	1	5	12
GERENCIA GENERAL	3	3	0	2	1	4	13
SALA DE REUNIONES	0	0	0	0	0	0	0
RECEPCIÓN	2	3	3	2	0	6	16
BAÑOS ADMINISTRACIÓN	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	6	7	11	9	3	34	

Los movimientos totales entre las áreas de administración son los siguientes. Ver tabla 27.

**Tabla 27. Total movimientos Áreas Administrativas**

ÁREAS	# MOVIMIENTOS
DISEÑO-CONTABILIDAD	2
DISEÑO-GERENCIA GENERAL	8
DISEÑO-SALA DE REUNIONES	3
DISEÑO-RECEPCIÓN	3
DISEÑO-BAÑOS ADMINISTRACIÓN	19
CONTABILIDAD-GERENCIA GENERAL	6
CONTABILIDAD-SALA DE REUNIONES	2
CONTABILIDAD-RECEPCIÓN	4
CONTABILIDAD-BAÑOS ADMINISTRACIÓN	5
SALA DE REUNIONES-RECEPCIÓN	2
SALA DE REUNIONES-BAÑOS ADMINISTRACIÓN	0
RECEPCIÓN-BAÑOS ADMINISTRACIÓN	6
GERENCIA GENERAL-SALA DE REUNIONES	2
GERENCIA GENERAL-RECEPCIÓN	4
GERENCIA GENERAL-BAÑOS ADMINISTRACIÓN	4

Se definió una escala que define el grado de criticidad (Ver tabla 28). Se definieron motivos de cercanía y de igual manera se estableció el grado de relación entre las áreas. (Ver tabla 29 y tabla 30).

**Tabla 28. Grado de Criticidad de Movimientos Administración**

Valor	Equivalente
A	16 -20 movimientos
E	11-15 movimientos
I	6-10 movimientos
O	1 -5 movimientos
U	0 movimientos

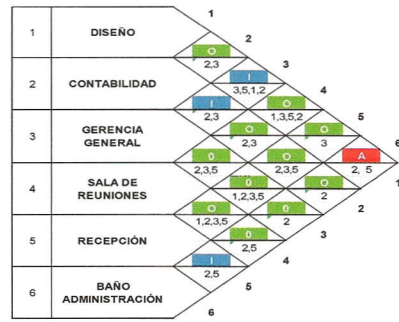
**Tabla 29. Motivos de Cercanía Administración**

MOTIVOS DE CERCANÍA	
CÓDIGO	MOTIVO
1	Flujo de Materiales
2	Flujo de Personas
3	Flujo de Información
4	Facilidad de Supervisión
5	Converciencia
6	Uso de los mismos equipos

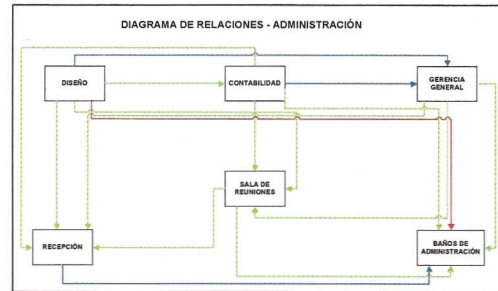
**Tabla 30. Grado de relación**

GRADO DE RELACIÓN		
VALOR	CERCANÍA	COLOR
A	Absolutamente necesario	Rojo
E	De especial importancia	Morado
I	Importante	Azul
O	Ocasional	Verde
U	Sin importancia	Plomo
X	No deseable	Negro

Definido lo anterior se realizó la matriz de relación y el diagrama de relación. Ver figura 4.4 y figura 4.5



**Figura 4.4. Matriz de Relación Áreas Administrativas**



**Figura 4.5. Diagrama de Relaciones Administración**

Luego de esto se realizó propuestas de distribución, para calcular la distancia. En la primera propuesta se considera la siguiente distribución. Ver Figura 4.7.



**Figura 4.7. Plano Administración Opción 1**

Para determinar la carga, se debe considerar el número de movimientos entre las áreas cuantificados en la carta From – To al igual que la distancia entre las áreas. Ver tabla 32.

**Tabla 32. Opción de Distribución Administración**

OPCIÓN DE DISTRIBUCIÓN SPL #1			
ÁREAS	# MOVIMIENTOS	DISTANCIA	CARGA UNITARIA(DIARIA)
DISEÑO-CONTABILIDAD	2	10,25	20,5
DISEÑO-GERENCIA GENERAL	8	12,5	100
DISEÑO-SALA DE REUNIONES	3	17,5	52,5
DISEÑO-RECEPCIÓN	3	16,25	48,75
DISEÑO-BAÑOS ADMINISTRACIÓN	19	12	228
CONTABILIDAD-GERENCIA GENERAL	6	6,25	37,5
CONTABILIDAD-SALA DE REUNIONES	2	11,25	22,5
CONTABILIDAD-RECEPCIÓN	4	6	24
CONTABILIDAD-BAÑOS ADMINISTRACIÓN	5	4,81	24,05
SALA DE REUNIONES-RECEPCIÓN	2	17,25	34,5
SALA DE REUNIONES-BAÑOS ADMINISTRACIÓN	0	12,94	0
RECEPCIÓN-BAÑOS ADMINISTRACIÓN	6	10,81	64,86
GERENCIA GENERAL-SALA DE REUNIONES	2	5	10
GERENCIA GENERAL-RECEPCIÓN	4	12,25	49
GERENCIA GENERAL-BAÑOS ADMINISTRACIÓN	4	7,94	31,76
DISTANCIA RECORRIDA			747,92



La opción 1, según el análisis la carga diaria tendría un recorrido total de 747,92 m. Se realizó el mismo procedimiento para la opción 2 y opción 3 del área de administración obteniendo un recorrido total de 699,00 m. y 617,30 m. respectivamente, siendo la menor distancia recorrida la opción 3.

Se realizó el mismo procedimiento para el Área de Producción quedando como mejor la opción 3 con una distancia recorrida de 13.605,50 m y para el caso de Área General la opción 1 con un recorrido mínimo de 11.195,19 m.

#### 4.2.2. QAP (Quadratic Assignment Problem)

El QAP, es una herramienta que permite analizar la distribución de la planta con ayuda del solver, esta herramienta asigna la ubicación de las áreas. Para el análisis del área de administración, se creó la matriz de distancia general que consiste en distribuir las áreas que formarán el área administrativa en bloques simétricos. Luego se obtuvo la distancia de bloque a bloque, de centro a centro, con dichas distancias se formó la Matriz de Distancias Administración QAP. Se realizó la matriz de resultado la cual contiene todas las posibles combinaciones entre las áreas, cada celda tendrá una formulación matemática, que tiene como finalidad obtener la mínima distancia recorrida. Luego de esto, se utilizó la herramienta SOLVER, la cual asignará en que espacio disponible deberá ir cada área. Ver tabla 54.

Tabla 54. Matriz de Asignación Administración QAP

MATRIZ DE ASIGNACIÓN						
	1	2	3	4	5	6
DISÑO	0	1	0	0	0	0
CONTABILIDAD	0	0	0	1	0	0
GERENCIA GENERAL	0	0	0	0	1	0
SALA DE REUNIONES	0	0	1	0	0	0
RECEPCIÓN	1	0	0	0	0	0
BAÑOS ADMINISTRACIÓN	0	0	0	0	0	1

Los bloques inicialmente fueron ubicados de acuerdo a la cercanía y relación obtenida, para luego ser ajustados a las medidas reales de cada área para determinar distancia recorrida. Ver figura 4.28, 4.29.

RECEPCIÓN	DISÑO	SALA DE REUNIONES
CONTABILIDAD	GERENCIA GENERAL	BAÑOS ADMINISTRACIÓN

Figura 4.28. Diagrama de Bloques Administración QAP

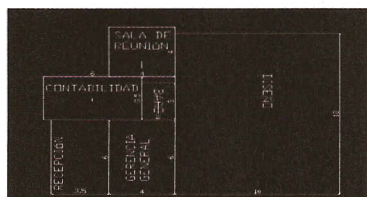


Figura 4.29. Plano Administración QAP

Para determinar la distancia recorrida se considera los movimientos establecidos entre las áreas en la Carta From-To, y la distancia real recorrida entre dichas áreas, obteniendo como resultado la tabla 56.

Tabla 56. Opción de Distribución Administración QAP

OPCIÓN DE DISTRIBUCIÓN #1 QAP			
ÁREAS	# MOVIMIENTOS	DISTANCIA	CARGA UNITARIA(DIARIA)
DISÑO-CONTABILIDAD	2	11,25	22,5
DISÑO-GERENCIA GENERAL	8	10,5	84
DISÑO-SALA DE REUNIONES	3	12	36
DISÑO-RECEPCIÓN	3	14,25	42,75
DISÑO-BAÑOS ADMINISTRACIÓN	19	7	133
CONTABILIDAD-GERENCIA GENERAL	6	7,75	46,5
CONTABILIDAD-SALA DE REUNIONES	2	6,75	13,5
CONTABILIDAD-RECEPCIÓN	4	4,75	19
CONTABILIDAD-BAÑOS ADMINISTRACIÓN	5	4,25	21,25
SALA DE REUNIONES-RECEPCIÓN	2	12,25	24,5
SALA DE REUNIONES-BAÑOS ADMINISTRACIÓN	0	5	0
RECEPCIÓN-BAÑOS ADMINISTRACIÓN	6	9,25	55,5
GERENCIA GENERAL-SALA DE REUNIONES	2	8,5	17
GERENCIA GENERAL-RECEPCIÓN	4	3,75	15
GERENCIA GENERAL-BAÑOS ADMINISTRACIÓN	4	5,5	22
DISTANCIA RECORRIDA			552,50

La distancia mínima recorrida que se obtuvo mediante el SPL para el área de administración es de 617,3m y la distancia obtenida mediante el QAP es de 552,50, por lo tanto en base a la distancia mínima recorrida, el diseño del área de administración será distribuido con la opción obtenida por el QAP.

Se realizó el mismo procedimiento para las áreas de Producción y el Área General obteniendo lo siguiente:

#### Área de Producción:

La distancia recorrida obtenida mediante el SPL es de 13.605,50 m. y la obtenida mediante el QAP es 13.285,50 m.; por lo cual la opción óptima para la distribución del área de producción es el QAP.

#### Área General:

La distancia recorrida obtenida mediante el SPL es de 11.195,19 m. y la obtenida mediante el QAP es 10.768,75 m; por lo cual la opción óptima para la distribución del área general es el QAP.

Con los resultados obtenidos entre el SPL y el QAP, la distribución final de las áreas para la compañía es la siguiente. Ver figura 4.34.

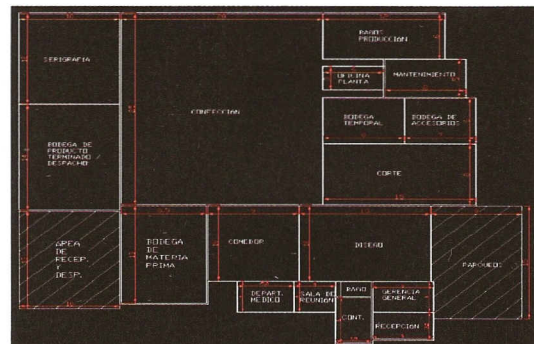


Figura 4.34. Plano Distribución Final de la Empresa

### 4.3. Mejoras Proyectadas

- Se logrará aumentar la capacidad mensual a 45.815 prendas cumpliendo el requerimiento inicial de la Gerencia General.
- La capacidad mensual proyectada de la nueva planta está estipulada para ser cumplida en un turno de 8 horas lo que eliminaría el 22,79% de horas extras.
- Se estableció la política de almacenamiento de materia prima y producto terminado con la que se logrará eliminar el 8% de desperdicio de rollos de tela debido al mal almacenamiento.
- Con la nueva ubicación de las bodegas en la planta baja se eliminará las condiciones inseguras a las que se encontraba expuesto el trabajador al momento de trasladar la materia prima.
- Con el nuevo diseño se establecerán áreas para almacenaje de las gavetas que se utilizan en el área de corte, confección y bodega temporal, logrando así eliminar el bloqueo de los pasillos debido a producto colocado en los mismos actualmente.
- El nuevo diseño de planta ubicará las áreas de acuerdo al grado de relación entre las áreas que conforman la planta disminuyendo el número de movimientos y distancia recorrida entre las áreas.

## 5. Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1. Conclusiones

1. Con la nueva planta se obtendrá una capacidad de 45.815 prendas mensuales incrementando en un 100% la capacidad actual implantada cumpliendo así la hipótesis inicial planteada en el capítulo 1.
2. El nuevo diseño de planta permitirá cumplir la demanda mensual proyectada en un turno de 8 horas eliminando en su totalidad el 22% de sobretiempo en el que se incurre actualmente.
3. Con el nuevo diseño de la bodega y a través de la política de almacenamiento que se estableció, se logrará eliminar el 8% de desperdicio de materia prima producto del inadecuado almacenamiento generado por las limitaciones de espacio y falta de normativas para el almacenamiento del producto.
4. Luego de obtener los resultados de la carta From-To de la situación actual, se demostró que existe un número mayor de movimientos entre las áreas que actualmente se encuentran distribuidas en dos pisos, debido a que producto de la mala distribución se realizan movimientos incensarios ya que si la distribución fuese de un piso los movimientos

originados por las escaleras disminuirían la distancia recorrida entre áreas.

5. Mediante la observación del proceso actual se identificó que existen bloqueos de las áreas de tránsito, producto de la acumulación de materia prima, producto en proceso y terminado por la falta de áreas específicas para el almacenamiento temporal razón por la cual el nuevo diseño incluye éstas áreas.

### 5.2. Recomendaciones

1. Se sugiere que esta tesis sea utilizada por futuros estudiantes para realizar un proyecto de simulación que verifique si el diseño obtenido fue el adecuado.
2. Debido al alto porcentaje de trabajo manual que se realiza en esta compañía, se recomienda que la presente tesis sea utilizada para la realización de un análisis ergonómico.
3. Se recomienda a la compañía que utilice esta tesis como base para la elaboración de los planos de construcción de la nueva planta.
4. Para la construcción de las instalaciones se recomienda a la Gerencia, que se contacte a los auditores de la tesis, para comunicar a los constructores los por menores del diseño realizado.

## 6. Referencias

- [1] Muther Richard, Distribución en Planta (Segunda Edición), Hispano Europea, Barcelona – España 1982. Capítulo 2.
- [2] Muñoz Cabanillas Martín, Diseño de Distribución en Planta de una empresa Textil, Tesis: Digital UNMSM, Lima 2004. [http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtual/monografias/Ingenie/munoz\\_cm/munoz\\_cm.htm](http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtual/monografias/Ingenie/munoz_cm/munoz_cm.htm)
- [3] Echeverry John Mario, Chica Alejandro, Díaz Jaime esteban, “Cuarto Seminario Regional de Diseño de Plantas Industriales, autor, [http://www.unalmed.edu.co/~fmdirind//SEMI4/Semi\\_4.htm#11](http://www.unalmed.edu.co/~fmdirind//SEMI4/Semi_4.htm#11)”.
- [4] [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lmnf/cervantes\\_s\\_r/capitulo4.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmnf/cervantes_s_r/capitulo4.pdf)
- [5] Romo Avenilde y Oktac Asuman, “Herramienta metodológica para el análisis de los conceptos matemáticos en el ejercicio de la ingeniería, Relime Volumen 10, número 1, marzo 2009,” [http://dialnet.unirioja.es/servlet/fichero\\_articulo?codigo=2262417](http://dialnet.unirioja.es/servlet/fichero_articulo?codigo=2262417).
- [6] Phillips Edward, Manufacturing Plant Layout, Society of Manufacturing Engineers, EEUU 2007.