

**PROPUESTA DE MEJORA A LA LÍNEA DE CONFECCIÓN DE CAMISETAS DE  
LA EMPRESA XYZ**

**VERÓNICA ARISTIZÁBAL GÓMEZ**

**MAURICIO YEPES GIL**

**UNIVERSIDAD ICESI**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**SANTIAGO DE CALI**

**2015**

**PROPUESTA DE MEJORA A LA LÍNEA DE CONFECCIÓN DE CAMISETAS DE  
LA EMPRESA XYZ**

**VERÓNICA ARISTIZÁBAL GÓMEZ**

**MAURICIO YEPES GIL**

**JAIRO GUERRERO BUENO**

**MSc INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**UNIVERSIDAD ICESI**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**SANTIAGO DE CALI**

**2015**

## CONTENIDO

	pág.
CONTENIDO .....	3
RESUMEN.....	11
GLOSARIO .....	12
1. MEJORA DE PROCESOS EN CONFECCIÓN.....	14
TITULO DEL PROYECTO.....	14
1.1 PROBLEMÁTICA.....	14
1.1.1 Definición del problema .....	14
1.1.2 Descripción .....	15
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	18
1.3. DELIMITACIÓN Y ALCANCE .....	19
1.3.1 Descripción .....	19
1.3.2 Tiempo.....	20
2. OBJETIVOS.....	21
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	21
2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO .....	21
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	21
3. METODOLOGÍA .....	22
3.1 MATRIZ DE MARCO LÓGICO .....	22
3.2 RECURSOS DEL PROYECTO .....	24
4. MARCO DE REFERENCIA.....	26
4.1 ANTECEDENTES.....	26

4.2 MARCO TEÓRICO .....	30
4.2.1 Simulación estocástica .....	30
4.2.2 Múltiple .....	30
4.2.3 Manejo de Materiales.....	31
4.3 APOORTE INTELECTUAL.....	34
5. DESARROLLO DEL PROYECTO .....	35
5.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LOS PROCESO DE CONFECCIÓN .....	35
5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO POR DEPARTAMENTO .....	40
5.2.1 Bodega de Materia Prima .....	40
5.2.2 Corte.....	41
5.2.3 Sesgado.....	43
5.2.4 Módulos de Confección .....	44
5.2.5 Calidad.....	46
5.2.6 Empaque .....	47
5.2.7 Bodega Producto Terminado .....	48
5.2.8 Recepción y Despacho .....	50
5.2.9 Área Administrativa.....	51
5.3 DISTRIBUCIÓN DE PLANTA Y MANEJO DE MATERIALES .....	51
5.4.1 Entrada de datos al software Layout Vt .....	51
5.4.2 Layout VT .....	55
5.4.3 Resultados planta actual.....	57
5.4 CONFECCIÓN EN LINEA DE CAMISETAS.....	60
5.5.1 Entrada de datos al software de simulación Promodel .....	60

5.5.2 Promodel .....	62
5.5.3 Resultados de la simulación en la línea actual de camisetas .....	64
5.5 ANALIZAR Y DEFINIR OPORTUNIDADES DE MEJORA .....	66
6. ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE PROPUESTAS .....	71
6.1 PROPUESTAS PARA PROCESOS MACRO .....	71
6.1.1 Mejora de Layout Vt.....	71
6.1.2 Planta de un solo piso.....	74
6.1.3 Intercambio pisos y departamentos .....	76
6.1.4 Ducto entre pisos .....	78
6.2 PROPUESTAS PARA PROCESOS MICRO .....	80
6.2.1 Tamaño de lote de transferencia fijo.....	80
6.2.2 Tamaño de lote de transferencia uno .....	85
6.2.3 Agregarle una Encintadora al proceso, con tamaño de lote uno .....	88
6.2.4 Simulación disminuyendo en un 50 % la variabilidad en la estación de encintado .....	90
6.2.5 Agregar una máquina en la estación preparar cuello .....	92
6.3 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN PROPUESTAS MICRO .....	94
6.4 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN PROPUESTAS MACRO .....	96
BIBLIOGRAFÍA.....	98
CONCLUSIONES .....	100
RECOMENDACIONES.....	102
ANEXOS.....	103

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Variación del PIB en industria textil. Fuente: (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2014).....	15
Figura 2. Ausentismo módulo cuello redondo.....	17
Figura 3. Pareto Producción por tipo de camisetas .....	20
Figura 4. Diagrama de recorrido del proceso.....	38
Figura 5. Diagrama de flujo del proceso .....	39
Figura 6. Layout actual cuarto piso .....	40
Figura 7. Bodega de materia prima.....	41
Figura 8. Layout actual tercer piso.....	42
Figura 9. Área de corte .....	43
Figura 10. Área de sesgado.....	44
Figura 11. Layout actual tercer piso.....	45
Figura 12. Módulos de confección .....	46
Figura 13. Diagrama de precedencias módulo cuello redondo.....	46
Figura 14. Área calidad.....	47
Figura 15. Área de empaque .....	48
Figura 16. Layout actual Segundo piso.....	49
Figura 17. Bodega Producto Terminado .....	49
Figura 18. Layout actual primer piso.....	50
Figura 19. Recepción y Despacho .....	50
Figura 20. Diagrama de evaluación de proximidad entre departamentos.....	55

Figura 21. Piso 1 Planta Actual.....	57
Figura 22. Piso 2 Planta Actual.....	58
Figura 23. Piso 3 Planta Actual .....	58
Figura 24. Piso 4 Planta Actual.....	59
Figura 25. Diagrama Microproceso (Confeccion camiseta cuello redondo).....	61
Figura 26. Diagrama del proceso (Distribuciones por estación y especificación de entidades) .....	64
Figura 27. Porcentajes de tiempos .....	65
Figura 28. Piso 1 Mejora Layout .....	72
Figura 29. Piso 2 Mejora Layout .....	72
Figura 30. Piso 3 Mejora Layout .....	73
Figura 31. Piso 4 Mejora Layout .....	73
Figura 32. Propuesta Layout (Planta de un solo piso) .....	75
Figura 33. Piso 3 Propuesta Intercambio de Pisos (Layout) .....	77
Figura 34. Piso 3 Propuesta Intercambio de Pisos (Layout) .....	78
Figura 35 Producción total de camisetas Vs Tamaño de lote .....	81
Figura 36 Porcentaje de tiempo de espera de la camiseta antes de ser procesada Vs tamaño de lote (fijo) .....	82
Figura 37 Cantidad de camisetas que quedan en el sistema .....	83
Figura 38 Cantidad de Cuerpo_Cuellos que quedan en el sistema .....	83
Figura 39 Tiempo promedio en el sistema de la entidad camiseta .....	84
Figura 40. Porcentajes de tiempos, Tamaño de lote 1.....	86
Figura 41. Porcentaje de utilización para las locaciones con capacidad múltiple. .	89

Figura 42 Utilización de las estaciones del trabajo disminuyendo la variabilidad en un 50 % en la estación de encintado. ....91



## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Matriz de Marco Lógico.....	24
Tabla 2. Descripción del proceso de conformación de una camiseta. ....	37
Tabla 3. Resumen dimensiones departamentos.....	52
Tabla 4. Frecuencias entre departamentos .....	53
Tabla 5. Relaciones entre departamentos .....	54
Tabla 6. Referencias diagrama de evaluación de proximidad .....	55
Tabla 7. Resultados Layout VT Planta Actual.....	57
Tabla 8. Distribuciones y coeficientes de variación estaciones de confección .....	61
Tabla 9. Porcentajes de utilización situación actual.....	66
Tabla 10. Resultados mejora Layout VT y comparación con la situación actual ...	71
Tabla 11. Resultados Planta de un piso y mejora respecto a la situación actual...75	
Tabla 12. Distribución de departamentos propuesta intercambio entre pisos.....	76
Tabla 13. Resultado intercambio de pisos y comparación con la situación actual.77	
Tabla 14. Resultados Implementación de ductos en planta actual .....	80
Tabla 15. Resultados implementación de ductos luego de intercambiar departamentos.....	80
Tabla 16. Comparación situación actual con propuesta de tamaño de lote fijo .....	84
Tabla 17a. Resumen porcentajes de utilización, lote 1 .....	86
Tabla 18. Comparación situación actual- Tamaño de lote 1 .....	88
Tabla 19. Resumen porcentajes de tiempos de utilización estación de encintado	89
Tabla 20. Comparación situación actual- Tamaño de lote 1 .....	90

Tabla 21. Porcentajes de utilización de las estaciones propuesta disminución variabilidad encintado .....	91
Tabla 22. Comparación situación actual- reducción variación encintado a la mitad .....	92
Tabla 23. Resumen Propuestas Módulos de Confección .....	94
Tabla 24. Resumen Propuestas Macro.....	96

## RESUMEN

El presente proyecto se centra en generar una propuesta de mejora a la línea de confección de camisetas de la empresa XYZ. Para poder realizar esto, es necesario un diagnóstico de los procesos relacionados con la línea de ensamble de camisetas de la compañía para poder identificar falencias y de esta manera generar oportunidades de mejora.

Primero se realiza un análisis general de la compañía con el fin de contextualizar al lector, explicando cada parte del proceso y la secuencia en que este ocurre. Además, a lo largo del proyecto se utilizó un software de Simulación (Promodel) y un software de distribución de planta (Layout VT) con el fin de recrear la situación actual del proceso de ensamble de la prenda y poder obtener indicadores acerca de la distribución de planta física que la organización tiene actualmente.

Igualmente, por medio de estos programas, se logró experimentar posibles propuestas con el fin de verificar sus beneficios y ahorros totales. Se encontraron propuestas viables pero que requerían de bastante inversión como la implementación de una planta de un solo piso, ya que actualmente la compañía se encuentra ubicada en un edificio de cuatro pisos. Sin embargo, también se lograron propuestas bastante buenas y sin altos costos adicionales, como la implementación de ductos entre pisos para bajar material o el cambio de políticas de producción dentro de la línea de ensamble, donde actualmente no trabajan con un lote de transferencia predeterminado y se propone adoptar la política de lote fijo, preferiblemente de uno.

**Palabras claves:** Simulación, Distribución de planta, Propuesta de mejora, Confección

## GLOSARIO

A continuación, se presenta una lista con los conceptos más relevantes a utilizar en el desarrollo del proyecto y su respectiva definición:

- **Celdas de manufactura:** Modelo de producción en el cual se agrupan conjuntos de máquinas y/o personas que trabajan de manera coordinada en la fabricación de un producto.
- **Confección:** Sector de la industria textil que se encarga de la elaboración de prendas de vestir.
- **Costos de inventario:** Es el costo de almacenar materia prima, producto en proceso o producto terminado y está directamente relacionado con el costo del lugar de almacenamiento, seguros, etc.
- **Cuello de botella:** Es aquella operación que funciona al ritmo más bajo y retrasa a todas las demás partes del proceso.
- **Desperdicios:** Restos de materiales que quedan después del proceso.
- **GRID:** Es representado por el software Layout Vt como una cuadrícula (unidad de área).
- **Lean Manufacturing:** Es una filosofía de mejoramiento continuo que busca reducir los desperdicios en el proceso con la ayuda de diferentes herramientas como el mapa de la cadena de valor, trabajo flexible, 5S, trabajo estandarizado, SMED, mantenimiento total productivo y justo a tiempo.
- **Layout:** Estructura en que está distribuida una planta, teniendo en cuenta la división de sus departamentos, áreas de almacenamiento, pasillos, máquinas disponibles y demás elementos de la instalación productiva.
- **Tamaño de Lote:** Es una unidad de medida de fabricación planificada, que permite saber cuántas unidades de cierta pieza deben acumularse en una estación antes de pasar a la siguiente.
- **Modelo dinámico:** En simulación, se refiere a aquellos sistemas que cambian de estado a través del tiempo.

- **Modelo probabilístico:** Son aquellos modelos en los cuales hay factores estocásticos que varían dependiendo de la situación, por ejemplo, el número de operarios trabajando en una planta.
- **Proceso:** Serie de actividades o pasos que transforman (agregan valor) un elemento de entrada en una salida.
- **Productividad:** Máximo aprovechamiento de los recursos para la elaboración de cierta cantidad de productos
- **Producto en proceso:** Producto que aún se encuentran en el proceso de manufactura.
- **Producto terminado:** Producto que ya ha terminado el proceso de producción y está listo para ser entregado al cliente.
- **Promodel:** Software diseñado para la simulación de modelos dinámicos y estocásticos.
- **SMED:** Conjunto de técnicas que se enfocan en la reducción de tiempos de alistamiento.
- **Space Filling Curve:** La SFC es una curva introducida por el usuario de Layout Vt, con el fin de generar una línea que visite todos los GRIDS de un piso determinado. Esta tiene la forma que el usuario determine que es más conveniente. (Meller & Qi, 2005)
- **Talleres satélites:** Talleres de confección de terceros.
- **Tiempos de alistamiento:** Es el periodo que transcurre entre la última pieza de un lote que se está produciendo y la primera pieza sin defectos del lote siguiente a producir.
- **Randa:** proceso de confección mediante el cual se asienta el cuello a una camiseta. En caso tal de que sea una camiseta tipo cuello en v, es necesario realizar dos asentamientos mediante una maquina plana; un asentamiento hacia abajo, y otro asentamiento hacia arriba. El doble asentamiento es el encargado de darle la forma en v a la camiseta.
- **Retal:** Desperdicio provenientes del proceso de corte.

# 1. MEJORA DE PROCESOS EN CONFECCIÓN

## TITULO DEL PROYECTO

Propuesta de mejora a la línea de confección de camisetas de la empresa XYZ

### 1.1 PROBLEMÁTICA

#### 1.1.1 Definición del problema

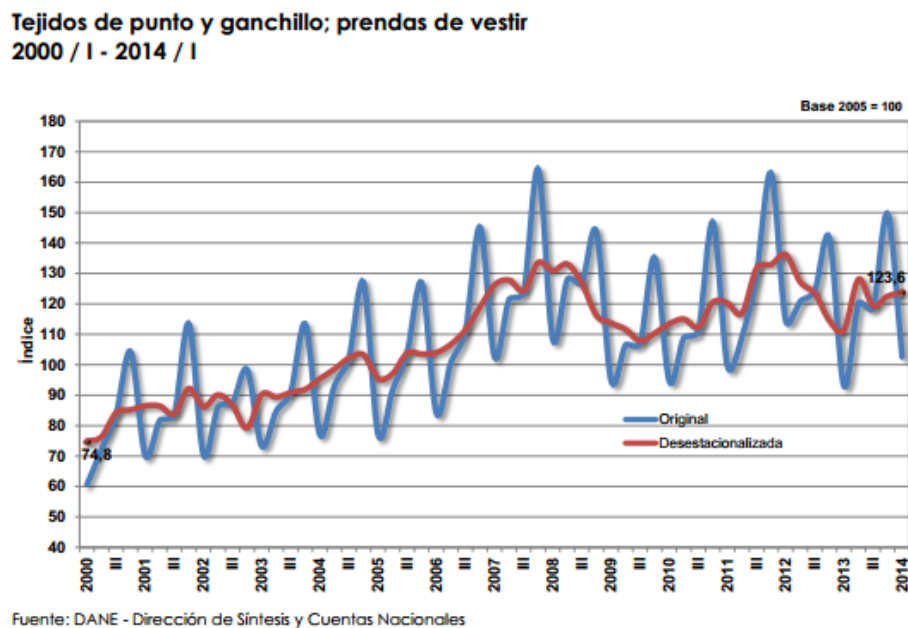
La empresa “XYZ” es una compañía nacional con más de 12 años de experiencia en la industria textil; esta se encarga de la producción y distribución de camisetas. A lo largo de los años la compañía ha crecido considerablemente en su tamaño y capacidad de producción, como consecuencia de esto muchos de sus procesos productivos no se encuentran analizados desde la perspectiva de la ingeniería industrial y es una oportunidad para revisar y proponer mejoras. Su distribución de planta es vertical; es decir consta de cuatro niveles o pisos. Por otra parte, utiliza un ascensor de carga para mover los materiales a la parte superior del edificio y en algunos casos, la fuerza de gravedad para bajar estos. A pesar de ser funcional existen movimientos cruzados de materiales que pueden generar esfuerzos innecesarios. Lo anteriormente mencionado se ha evidenciado con las visitas realizadas a la planta.

Actualmente la organización se encuentra en un proceso de crecimiento, no solo están pensando incrementar su participación nacional con el aumento de vendedores, sino que también están buscando la manera de entrar al mercado internacional empezando por Estados Unidos; esto traerá un aumento significativo en la demanda para lo cual la empresa debe estar preparada para ajustar su capacidad de producción y poder satisfacer el volumen de producto requerido. Es por esta razón que este proyecto busca diagnosticar desde la distribución física

actual (Layout) de la planta y la capacidad de sus procesos de ensamble. Esto, con el fin de generar una propuesta de mejora que se enfoque principalmente en el aumento de la productividad de la compañía “XYZ”.

### 1.1.2 Descripción

La industria textil siempre ha desempeñado un papel principal en la economía de nuestro país. De acuerdo con los informes del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) esta industria ha presentado un notable crecimiento en el Producto Interno Bruto (PIB) de Colombia, como se puede evidenciar en la gráfica presentada a continuación.



**Figura 1. Variación del PIB en industria textil.**  
Fuente: (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2014).

Como se puede observar en la Figura 1 el sector Textil presenta fluctuaciones, pero se puede ver una tendencia creciente en la participación de dicho sector en el PIB Colombiano.

Actualmente las ventas del sector textil en el Valle del Cauca crecieron un 6,8% en el segundo trimestre de 2014, respecto al mismo trimestre de 2013. Por otra parte, las exportaciones han aumentado un 68% en los últimos cinco años. Específicamente en Cali, la producción de confecciones ha registrado un importante desempeño ya que el índice productivo de prendas creció a una tasa del 8,5%, mientras el mismo indicador en Bogotá Y Medellín creció a una razón del 5% y 0,4% respectivamente. Gracias al auge y crecimiento del sector de la confección en Cali, hoy en día dicha industria genera el 10,9% de todo el empleo de la Ciudad. Ya que la demanda de trabajadores con conocimientos en confección va en crecimiento, se espera que el SENA instale una escuela de formación y capacitación para suplir la futura demanda de personal. Por ultimo vale aclarar que hoy en día existe déficit de operarios en el sector (País, 2014).

Al conocer la relevancia de este sector para la economía colombiana es importante promover su progreso. XYZ es una compañía nacional perteneciente a esta rama de la industria que tiene muchas aspiraciones de seguir creciendo y por esto, se considera la necesidad de realizar un diagnóstico y una propuesta de mejora a sus procesos con el fin de ayudar al cumplimiento de su visión.

### **1.1.3 Elementos**

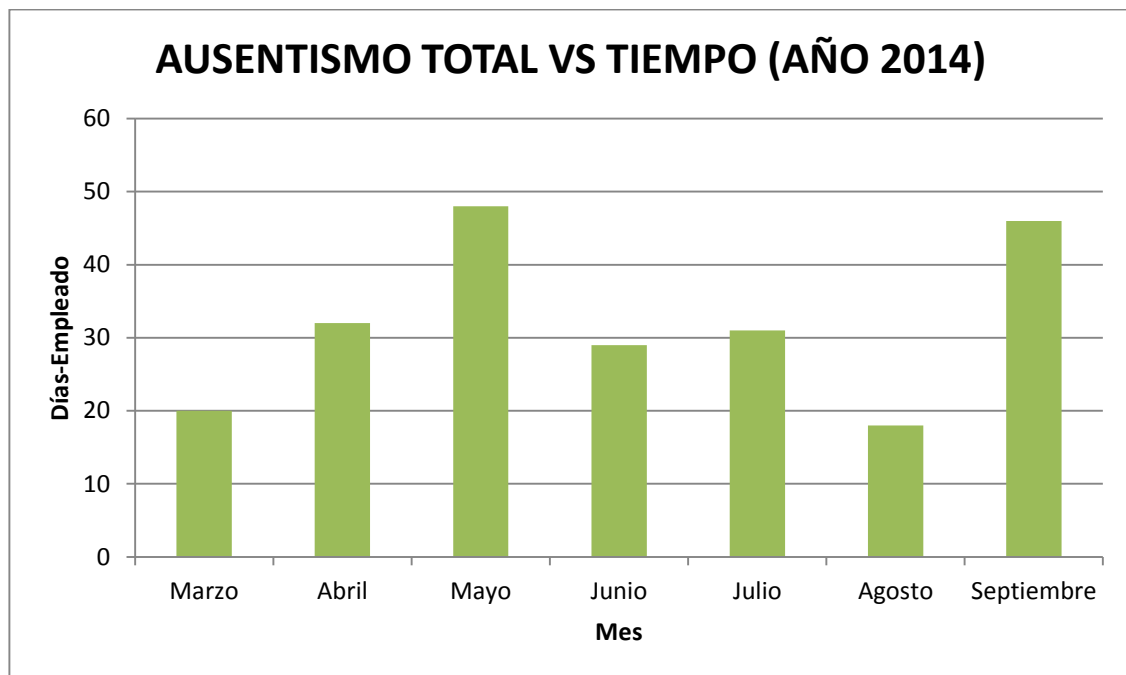
#### **1.1.3.1 Causas del problema**

La compañía ha sido constituida y organizada de acuerdo a lo que su dueño considera que se requiere, sin una debida planificación y haciendo uso más de su experiencia en vez de un conocimiento estructurado de la ingeniería industrial. A pesar de que todo funciona de manera correcta, existen siempre oportunidades de mejorar los procesos actuales y el aprovechamiento de los recursos.



Por ejemplo, el recurso humano es bastante complicado de manejar, el personal que principalmente está compuesto por jóvenes y madres cabeza de familia, muchas veces tiene inconvenientes que les impiden asistir al trabajo. Incluso, en ocasiones no existen explicaciones fundamentadas, y por ser el trabajo un proceso intensivo y de alta dependencia afectan seriamente el rendimiento de la planta. Lo anterior se convierte en una restricción en mano de obra al sistema actual de producción.

A continuación se presenta una gráfica con el ausentismo total en los módulos de cuello redondo desde el mes de Marzo del año 2013 hasta Septiembre del mismo año.



**Figura 2. Ausentismo módulo cuello redondo.**  
Fuente: Los autores

Se logra evidenciar una alta cantidad de empleados ausentes mensualmente, factor que posiblemente afecta el rendimiento de la planta y complica el cálculo de la capacidad de producción y su productividad esperada; alterando los programas

de producción con sus debidos efectos en los tiempos de entrega que ponen en riesgo la imagen de la empresa frente al mercado.

### **1.1.3.2 Efectos del problema**

Actualmente, la capacidad de producción varía alrededor de 2480 prendas por día en cada uno de los módulos de cuello redondo. Al día de hoy la empresa tiene planes de aumentar su participación en el mercado y probablemente la tasa de producción actual no sea suficiente para abastecer la demanda futura. Saber aprovechar los recursos físicos y humanos de mejor manera trae grandes beneficios a la organización en los resultados diarios, debido a que la ausencia de operarios limita el poder de conocer con certeza la capacidad actual para poder definir a futuro que disponibilidad hay para atender el mercado creciente.

Vale aclarar que la intención del proyecto no se basa en solucionar los problemas relacionados con el recurso humano; no obstante, es importante resaltar este punto para poder asegurar que los procesos analizados funcionen debidamente y de esta manera cuando existan niveles altos de ausentismo pueda haber una brecha con la cual cubrir las consecuencias del tema del ausentismo. Esta, se considera una variable exógena y de difícil manejo, ya que lograr que no falten a laborar es complejo debido a las condiciones familiares y el contexto social.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

Dado que la organización está implementando un nuevo departamento comercial, es necesario asegurarse de que todos sus recursos sean usados debidamente. Por ende, es necesario un diagnóstico general de la distribución de la planta y de los procesos productivos, para poder dar una evaluación general de la situación

actual de la compañía y así proponer mejoras que permitan estabilizar la capacidad y poder conocer hasta que nivel de ventas se puede cumplir.

Desde el punto de vista de la Ingeniería Industrial el objetivo del diseño de los sistemas de manejo de materiales es minimizar los costos (Kay, 2012, p. 2). Con base en esto, es indispensable revisar:

- La distribución de planta de la organización.
- Los procesos productivos y su oportunidad de mejora.
- Mercado actual y mercado creciente.

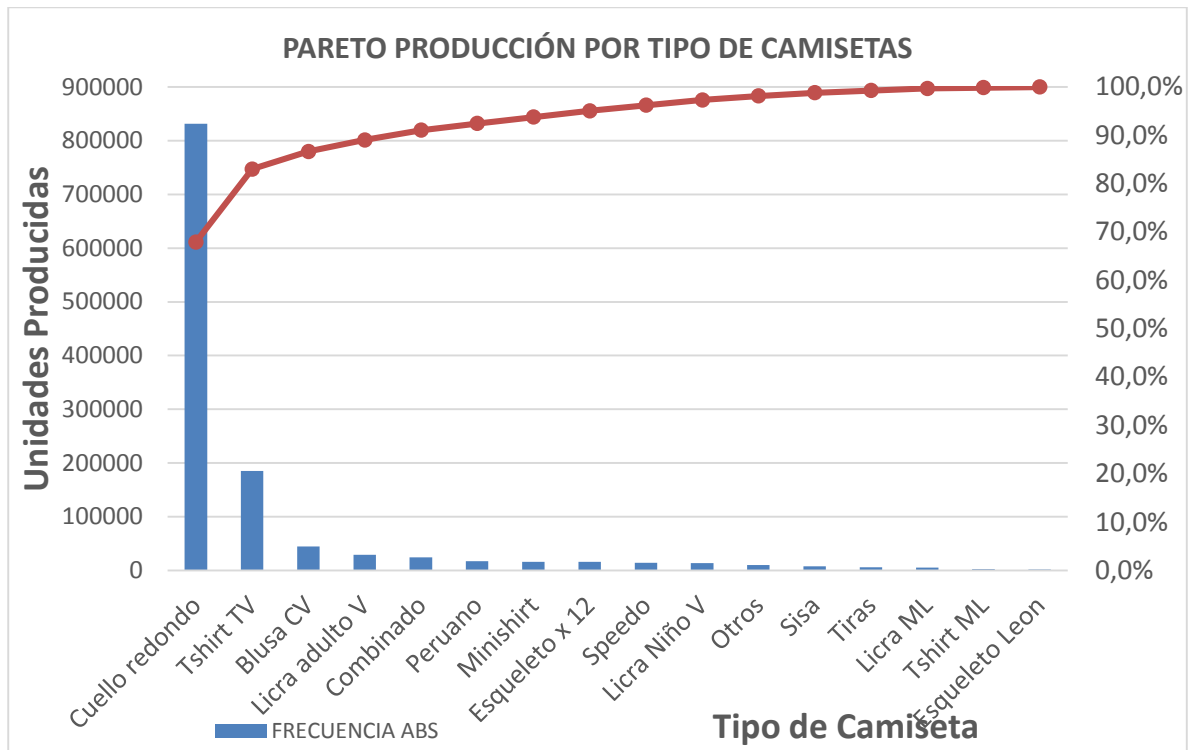
La empresa XYZ ha montado sus procesos productivos empíricamente; no tiene un procedimiento a seguir para cada operación. Por esto, es de suma importancia mejorar tanto los procesos de ensamble como su distribución física, para estar preparados para la creciente demanda.

### **1.3. DELIMITACIÓN Y ALCANCE**

#### **1.3.1 Descripción**

La empresa XYZ tiene un amplio portafolio de productos. Con el fin de delimitar el problema se tendrán en cuenta los procesos productivos que se relacionen con la camiseta cuello redondo. Como se puede ver en la figura 3, aproximadamente el 70% de la producción corresponde a la camiseta cuello redondo, el 30% restante a las demás referencias producidas, teniendo mayor relevancia entre estas la camiseta cuello en V, la cual tiene un proceso de producción similar a la camiseta cuello redondo. Este tipo de referencia (CR) es la más vendida, por lo cual es donde se identificó la necesidad de generar una propuesta de mejora en su

producción. Dicha propuesta solo se enfocará en los procesos internos de la empresa.



Fuente: Los autores con información de la empresa  
**Figura 3. Pareto Producción por tipo de camisetas**

### 1.3.2 Tiempo

El proyecto abarca los meses comprendidos entre el segundo semestre del periodo académico 2014 y el primer semestre del 2015.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Contribuir a mejorar los procesos de confección en las empresas del sector de la ciudad de Cali.

### **2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO**

Proponer mejoras a la línea de ensamble de camisetas a una empresa de confección de la ciudad de Cali.

### **2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diagnosticar la situación actual de la línea de confección camisetas.
- Analizar y definir las oportunidades de mejora de la línea de ensamble de camisetas.
- Proponer las mejoras a los procesos seleccionados de la línea de camisetas.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 MATRIZ DE MARCO LÓGICO

Objetivo General	Indicadores	Métodos de verificación	Supuestos
<b>Objetivo del proyecto:</b>			
<b>Objetivo específico 1.</b> Diagnosticar la situación actual de la línea de confección camisetas	Cantidad de datos recolectados.	Fecha límite para este primer objetivo.	Se pueden realizar las actividades 1, 2, 4 (relacionadas con este ítem) sin contratiempos.
<b>Actividades:</b>			
1. Realizar visitas a la planta	Visitas realizadas/ Visitas planeadas	Visitas realizadas. Videos y grabaciones de voz.	Se puede acceder a la planta cuando se requiera. No hay ninguna restricción en cuanto a las visitas.
2. Recolectar y/o elaborar documentos necesarios para el desarrollo del proyecto. (Diagramas de proceso, flujo de materiales en la compañía, indicadores, etc.)	Documentos obtenidos/ Cantidad total de documentos requeridos	Documentos entregados y elaborados.	La empresa brindará la información necesaria en una fecha acordada, siempre y cuando cuenten con ella.
3. Buscar información de autores reconocidos referente a los temas a tratar.	Duración inferior a tres semanas en este objetivo.	Referencias bibliográficas.	No hay restricción de acceso a ninguna referencia bibliográfica.

4. Reuniones semanales con el tutor.	Reuniones realizadas/ reuniones planeadas	Avances del proyecto.	Se cuenta con al menos una hora semanal de disponibilidad del tutor.
5. Reuniones de avances semanales.	Reuniones realizadas/ reuniones planeadas	Avances del proyecto.	Se cuenta con al menos una hora disponible en común para poder realizar los avances pertinentes.
<b>Objetivo específico 2.</b> Analizar y definir las oportunidades de mejora de la línea de ensamble de camisetas.	Actividades realizadas/Actividades planeadas	Identificar las oportunidades de mejora relacionadas con la línea de ensamble	Se cuenta con la información necesaria por parte de la organización para poder desarrollar el objetivo
<b>Actividades:</b>			
1. Tomar tiempos de procesamiento y productividades.	Muestras de tiempo tomadas/ Muestras de tiempo planeadas a tomar	Tablas en Excel con los tiempos tomados.	En la empresa no hay restricciones para las tomas de tiempo.
<b>Objetivo específico 3.</b> Proponer y definir las mejoras a los procesos seleccionados	Actividades realizadas/Actividades	Entregable con sustentación y análisis de la	

de la línea de camisetas.	planeadas	mejora.	
<b>Actividades:</b>			
1. Pactar por escrito una fecha donde se le presenta las propuestas a la empresa.		Aprobación por parte de la empresa.	La compañía tiene la intención de ver el proyecto.
2. Estimar los beneficios de la mejora a proponer	Duración inferior a dos semanas.	Experiencia del tutor en el campo textil. Punto de vista de la organización.	Existen los datos suficientes para poder hacer esta estimación.

**Tabla 1. Matriz de Marco Lógico**

### **3.2 RECURSOS DEL PROYECTO**

A continuación se enlistan los recursos con que se cuentan para la realización de este proyecto:

- **Humanos:** Se cuenta con la disponibilidad y entrega total de los dos autores del proyecto; pues son ellos los encargados de sacar adelante su proyecto de grado. Por otra parte se cuenta con el tutor metodológico y el tutor temático. En el caso de este proyecto, el profesor Jairo Guerrero es quien se desempeña como los dos tutores. Es el encargado de guiar a los autores a lo largo del desarrollo de esta propuesta, como también de revisar todo lo pertinente a la metodología de escritura del proyecto. Por último, se cuenta con el apoyo de los diferentes profesores de la facultad de ingeniería; ellos aunque no desarrollen el proyecto ni sean los tutores de este, siempre están abiertos para consultas.



- **Tecnológicos:** Para el debido desarrollo de este proyecto se deberá contar con 3 computadores con conexión a internet. Entre el software que dichos computadores deberán tener, se encuentran: Gama completa de Microsoft Office, Promodel, LayoutVT y Sketchup.
- **Académicos:** Se deberá contar con libros, artículos, revistas, experiencias y demás fuentes de información que puedan servir de ayuda para el desarrollo de este proyecto.

## 4. MARCO DE REFERENCIA

### 4.1 ANTECEDENTES

- **Proyecto de Grado: “Propuesta de redistribución de planta en una empresa del sector textil”**

Por: Danny Aurelio Barón Muñoz, Lina Mercedes Zapata Álvarez.  
Estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad ICESI (Santiago de Cali, 2012)

El objetivo de este proyecto de grado es la realización de propuestas para generar una redistribución de planta en la empresa de confección Nexxos Studio. Para el diseño de las propuestas utilizaron tres criterios. El primero de ellos fue el uso del software Layout Vt que es una herramienta desarrollada por el laboratorio de tecnologías de software la universidad Virginia Tech. El segundo es el software Facility Re-Layout que se caracteriza por generar distribuciones de planta basándose en los costos de esta. Por último, utilizaron sus criterios de ingenieros basándose en la congestión, las condiciones de trabajo y el aprovechamiento de los espacios para proponer unos cambios de posición de algunos departamentos de la compañía.

Utilizando el software Layout VT concluyeron que no era factible su utilización ya que por alguna razón desconocida el software no estaba teniendo en cuenta las dimensiones específicas de la distribución actual, generando intercambios ilógicos entre los departamentos. El Software Facility Re-Layout determino que no era necesario ningún movimiento entre departamentos porque cualquier cambio que se le hiciera a la distribución actual sería muy costoso. Los autores del citado proyecto de grado descubrieron que el software no estaba teniendo en cuenta los costos verticales de la redistribución, por dicha razón descartaron el uso de este software para poder proponer una redistribución de planta. En vista de que

ninguno de las herramientas computacionales sirvieron para dar conclusiones lógicas acerca de la redistribución de la planta, los autores del proyecto, optaron, basándose en los criterios anteriormente mencionados, por proponer cambios locativos concernientes con el posicionamiento de las maquinas, descongestionamiento de los pasillos y el almacenamiento del producto en proceso.

Tener en cuenta este tipo de proyectos facilita la realización del proyecto de grado en desarrollo, puesto que dan una visión más clara de la industria textil en Colombia y más específicamente en Santiago de Cali. Por otra parte, en caso tal de que el diagnóstico arroje problemas críticos relacionados con la distribución actual de la compañía XYZ, se contará con estos proyectos como punto de partida y el conocimiento de herramientas computacionales permitirán generar propuestas de redistribución de planta.

Para terminar, queda muy claro que el software y metodologías estudiadas sirven para generar mejoras, pero en realidad, depende de los autores del proyecto determinar unos criterios de aceptación que estén muy relacionados con la compañía y con los objetivos del proyecto.

- **Proyecto de Grado: “Mejorar el sistema productivo de una fábrica de confecciones en la ciudad de Cali aplicando herramientas Lean Manufacturing”**

Por: David Felipe Cabrea Martínez, Daniela Vargas Ocampo. Estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad ICESI (Santiago de Cali, 2011).

Este proyecto se enfoca en la mejora del sistema productivo de una compañía de la industria textil que lleva más de 21 años en el mercado basándose principalmente en el uso de herramientas Lean. Los autores identificaron que el problema principal de la compañía era la mala planeación de la producción que

generalmente traía como consecuencias incumplimiento en los pedidos y aumento del lead time.

Por otra parte, la compañía no solamente tenía clientes mayoristas sino que también tenían tiendas propias lo que complicaba el pronóstico de la demanda y por tanto había bastante incertidumbre en las ventas. Lo anteriormente mencionado afectaba seriamente el proceso productivo según lo expresaban los autores, puesto que no había una planificación anticipada de este.

Además de proponer el uso de herramientas Lean para la mejora del proceso, se enfocaron en la distribución de planta de la organización con el fin de plantear una mejora al flujo productivo de las prendas.

Este texto sirve como referencia para el proyecto a elaborar: “Propuesta de mejora a la línea de confección de camisetas de la empresa XYZ” ya que está basado en el mismo sector industrial, y trata de promover el progreso de este proponiendo acciones de mejora enfocadas en el aumento de la productividad por medio del diagnóstico de la distribución de planta, uno de los temas principales del proyecto a realizar, y la aplicación de diferentes herramientas Lean que permitan lograr el objetivo.

- **Proyecto de grado (Magister en Ingeniería Industrial): “Rediseño del sistema productivo utilizando técnicas de distribución de planta”**  
Por: Cesar Julio Collazos Valencia. Estudiante de la Maestría en Ingeniería Industrial de la universidad Nacional de Colombia, con sede en Manizales.  
(Valencia, 2013)

El objetivo del proyecto de grado es elaborar una propuesta de Rediseño de una planta procesadora de alimentos. Esto con el fin de minimizar el costo del producto

en factores como el transporte de materiales, productos y personas entre las diferentes áreas de la organización.

El autor del proyecto hace uso de dos técnicas para encontrar la propuesta de diseño para la planta. La primera de ellas es la utilización del método SLP (*systematic layout planning*), que es el método tradicional para el proceso de diseño de las instalaciones de manufactura de una planta. El método consiste, en la resolución de un conjunto de pasos, todo esto con el fin de minimizar la función objetivo. Para la realización de este algoritmo fue necesario que el autor del proyecto recolectara información como diagrama de procesos, diagrama de relaciones, diagrama de Pareto, áreas de los departamentos, distancias entre los departamentos, cantidad de materia prima y producto terminado a transportar, entre otros. La segunda técnica usada por el autor fue el diseño de un algoritmo genético (algoritmo de mejora), con el fin de encontrar la propuesta más viable para la organización. El algoritmo genético básicamente, hace varias corridas y con base en su función principal este hace diferentes cruces para la mejora continua del algoritmo. (Valencia, 2013)

A manera de conclusión, al final del proyecto se encuentra una propuesta que logra reducir el costo del transporte.

El proyecto de grado presentado por el señor Valencia presenta claramente cómo se debe hacer una recolección de datos organizada y minuciosa en la organización. Por otra parte, presenta gran cantidad de herramientas gráficas que facilitan el entendimiento del proyecto. Los elementos mencionados anteriormente son referencias importantes para los autores de "Propuesta de mejora a la línea de confección de camisetas de la empresa XYZ".

## **4.2 MARCO TEÓRICO**

### **4.2.1 Simulación estocástica**

La simulación es un “conjunto de relaciones lógicas probabilísticas y matemáticas que integran el comportamiento de un sistema bajo estudio cuando se presenta un evento determinado” (García Dunna, García Reyes, & Cárdenas Barrón, 2006, pág. 3). Al ejecutar un modelo de simulación se pretende evaluar y mejorar el desempeño de un sistema.

Estos modelos son de bastante importancia para la toma de decisiones ya que sirven como punto de experimentación de los diferentes factores que pueden ser controlables con el fin de verificar sus efectos en el sistema. Además, una de las ventajas de la simulación es que estos cambios pueden ser evaluados sin necesidad aplicarlos en la realidad, evitando bastantes costos que se podrían generar al llevarlos a cabo sin tener certeza de su éxito.

Para el desarrollo del proyecto “Propuesta de mejora a la empresa de confección de camisetas XYZ” es posible que se ejecute una simulación con ayuda de un software especializado llamado Promodel, este permitirá modificar diferentes elementos del sistema actual y contrastar sus efectos en este.

### **4.2.2 Múltiple**

Múltiple (MULTI-floor plant layout evaluation, Evaluación de disposición de plantas de varios pisos) es un algoritmo de mejoramiento de distribuciones de planta. Este se puede utilizar tanto para plantas con varios pisos como para plantas de un solo piso. Dicho algoritmo emplea una tabla de relaciones de los flujos de los departamentos y una función objetivo basada en distancias (medidas en forma rectilínea desde los centroides de los departamentos) para el mejoramiento de una disposición inicial. El algoritmo Múltiple básicamente evalúa por cada iteración cual es el intercambio de departamentos que tiene el impacto más grande en el

costo de la disposición. De esta manera, el algoritmo itera varias veces hasta encontrar el menor costo de la disposición de la planta. (Tompkins, 2008)

#### **4.2.3 Manejo de Materiales**

El manejo de materiales debe asegurar que las partes, materias primas, material en proceso, productos terminados y suministros se desplacen periódicamente de un lugar a otro. Cada operación del proceso requiere materiales y suministros a tiempo en un punto en particular, el eficaz manejo de materiales se asegura de que los materiales serán entregados en el momento y lugar adecuado, así como, la cantidad correcta.

Los riesgos de un manejo ineficiente de materiales se enuncian a continuación:

##### **Sobrestadía.**

La sobrestadía es una cantidad de pago exigido por una demora, esta sobrestadía es aplicada a las compañías si no cargan o descargan sus productos dentro de un periodo de tiempo determinado. (Anónimo, 2007).

##### **Desperdicio de tiempo de máquina.**

Una máquina gana dinero cuando está produciendo, no cuando está ociosa, si una maquina se mantiene ociosa debido a la falta de productos y suministros, habrá ineficiencia es decir no se cumple el objetivo en un tiempo predeterminado. (Anónimo, 2007).

##### **Lento movimiento de los materiales por la planta.**

Si los materiales que se encuentran en la empresa se mueven con lentitud, o si se encuentran provisionalmente almacenados durante mucho tiempo, pueden acumularse inventarios excesivos y esto lleva a un lento movimiento de materiales por la planta. (Anónimo, 2007).

### **Mala distribución de los materiales.**

Todos han perdido algo en un momento o en otro. Muchas veces en los sistemas de producción por lote de trabajo, pueden encontrarse mal colocados partes, productos e incluso las materias primas. Si esto ocurre, la producción se va a inmovilizar e incluso los productos que se han terminado no pueden encontrarse cuando así el cliente llegue a recogerlos. (Anónimo, 2007).

### **Mal sistema de Manejo de Materiales.**

Un mal sistema de Manejo de Materiales puede ser la causa de serios daños a partes y productos. Muchos de los materiales necesitan almacenarse en condiciones específicas (papel en un lugar cálido, leche y helados en lugares frescos y húmedos). El sistema debería proporcionar buenas condiciones, si ellas no fueran así y se da un mal manejo de materiales y no hay un cumplimiento de estas normas, el resultado que se dará será en grandes pérdidas, así como también pueden resultar daños por un manejo descuidado. (Anónimo, 2007).

### **Mal Manejo de Materiales.**

Un mal manejo de materiales puede dislocar seriamente los programas de producción. En los sistemas de producción en masa, si en una parte de la línea de montaje le faltaran materiales, se detiene toda la línea de producción debido al mal manejo de los materiales que lleva a entorpecer la producción de la línea haciendo así que el objetivo fijado no se llegue a cumplir por el manejo incorrecto de los materiales. (Anónimo, 2007).



### **Clientes Inconformes.**

Desde el punto de vista de la mercadotecnia, un mal manejo de materiales puede significar clientes inconformes. La mercadotecnia lo forma un conjunto de conocimientos donde está el aspecto de comercialización, proceso social y administrativo. (Anónimo, 2007).

Todo cliente es diferente y para poderlo satisfacer depende del desempeño percibido de un producto para proporcionar un valor en relación con las expectativas del consumidor. Puesto que el éxito de un negocio radica en satisfacer las necesidades de los clientes, es indispensable que haya un buen manejo de materiales para evitar las causas de las inconformidades. (Anónimo, 2007).

### **Inseguridad.**

Desde el punto de vista de las relaciones con los trabajadores se deben de eliminar las situaciones de peligro para el trabajador a través de un buen manejo de materiales, la seguridad del empleado debe de ser lo más importante para la empresa ya que ellos deben de sentir un ambiente laboral tranquilo, seguro y confiable libre de todo peligro. Puesto que si no hay seguridad en la empresa los trabajadores se arriesgarían por cada operación a realizar y un mal manejo de materiales hasta podría causar la muerte. (Anónimo, 2007).

El riesgo final un mal manejo de materiales, es su elevado costo. El manejo de materiales, representa un costo que no es recuperable. Si un producto es dañado en la producción, puede recuperarse algo de su valor volviéndolo hacer. Pero el dinero gastado en el manejo de materiales no puede ser recuperado. (Anónimo, 2007).

### **4.3 APORTE INTELECTUAL**

Como fue expresado anteriormente, la industria textil ha tenido un notable crecimiento en la ciudad de Cali en los últimos años. El sector de confecciones genera un alto porcentaje del empleo en la ciudad y esta es una de las razones por las que se considera importante trabajar y hacer aportes para el progreso de esta industria.

El hecho de hacer un enfoque a una empresa de este sector y realizar un diagnóstico evaluando muchos de los factores que desde el punto de vista de la Ingeniería Industrial podrían estar provocando que esta trabaje por debajo de su capacidad potencial y documentar una propuesta de mejora puede ser de gran ayuda para proyectos futuros que se deseen realizar en organizaciones similares. Además, dicha propuesta de mejora puede ser implementada en la compañía XYZ, después de evaluar si la inversión es rentable. También puede ser tomada como punto de referencia para otros proyectos dentro de esta, ya que los autores se están encargando de la documentación de algunos procesos, con los cuales la organización no cuenta.

## **5. DESARROLLO DEL PROYECTO**

### **5.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LOS PROCESO DE CONFECCIÓN**

El proceso de confección comienza con la recepción de los rollos de tela. Estos se reciben en el primer piso de la compañía XYZ. Una vez se han recibido todos los rollos, estos son llevados al cuarto piso por medio de un ascensor de carga de una tonelada de capacidad. Los operarios de la organización tienen la estricta orden de solo utilizar el elevador con el máximo de su capacidad. En ningún momento es permitido el uso del ascensor para el movimiento entre pisos de los operarios. Una vez los rollos se encuentran en la bodega de MP en el cuarto piso, estos son clasificados por colores. Seguidamente son almacenados en las estanterías del mismo piso.

Según los pedidos de los clientes, el planificador tiene en cuenta la capacidad de producción de la empresa y los tiempos prometidos para la entrega, con el fin de decidir que se va a producir diariamente. Esta información es manejada por el departamento de corte, quien diariamente tiene la labor de pedir el debido suministro de rollos o de tela tubular al comienzo de cada turno. La tela se encuentra almacenada en el cuarto piso y las mesas de corte en el tercero, es por esto que un operario es el encargado de retirar la tela de la estantería y bajarlo al tercer piso a la mesa de corte.

Hay dos mesas de corte, una de ellas es para extender y cortar licra prenda abierta. El proceso es totalmente manual, ya que la extendida de los rollos es hecha por los operarios. En esta mesa de corte se utiliza una cortadora vertical que se caracteriza por solo hacer cortes rectilíneos. La otra mesa es para cortar tela tubular, en esta mesa hay una maquina extendedora manual que facilita el proceso ya que le da mucha agilidad a la persona que la está utilizando. La cortadora vertical involucrada en este proceso si permite cortes no rectilíneos.

En las mesas de corte el rollo o la tela tubular son extendidos para luego ser cortados. Esta operación se repite sobre cada capa de tela, para al final obtener un grosor de capas determinado para ser cortado. Antes de ser cortadas las capas de tela, se sobreponen sobre la tela los moldes de las camisetas según las tallas de estas. Seguidamente, un operario con un marcador delinea el contorno de los moldes para tener unas líneas de guía marcadas en la tela y poder generar el corte más fácilmente.

A continuación, un operario con una cortadora vertical marca Eastman procede a cortar las telas según las líneas previamente marcadas. Después del proceso de corte hay un 2% de desperdicio; por lo general esto es empacado y entregado al cliente. Por último, el operario de corte lleva todas las partes de la camiseta cortadas a la zona de confección donde esta será ensamblada.

A continuación se explicara por medio de una tabla el proceso de conformación de la camiseta cuello redondo:

<b>Operación</b>	<b>Maquina(Cantidad)</b>	<b>Descripción</b>
Unión de hombros	Fileteadora (1)	Se realiza la conformación de los dos hombros tubulares.
Preparación del Cuello	Fileteadora (1)	El cuello pasa de ser una tira plana a ser una tira tubular (Forma circular).
Pegado del Cuello	Fileteadora (1)	Se pega el cuello a la parte posterior y a la parte frontal de la camiseta.
Randa	Collarín (1)	Se realiza la costura del borde del cuello.
Encintado	Encintadora (1)	Se cose una cinta que va en

		la parte posterior del cuello. Es la encargada de darle la forma.
Dobladillo de Mangas	Collarín (1)	Se le da el acabado a la manga.
Cerrado de mangas	Fileteadora (1)	Se finaliza el proceso de dobladillo.
Pegado de mangas	Fileteadora (2)	Se unen las dos mangas a la camiseta.
Dobladillo de Bajos	Collarín (1)	Se realiza el dobladillo de la parte inferior de la camiseta.

**Tabla 2. Descripción del proceso de conformación de una camiseta.**

A continuación, se presenta un diagrama de recorrido donde se puede ver todo el proceso anteriormente explicado. Los círculos de colores utilizados en este, son con el fin de moverse entre los pisos y definir los departamentos por los cuales se está pasando. Para efectos de interpretación, el recorrido comienza en el piso número uno y la idea es irse guiando por los círculos de colores.

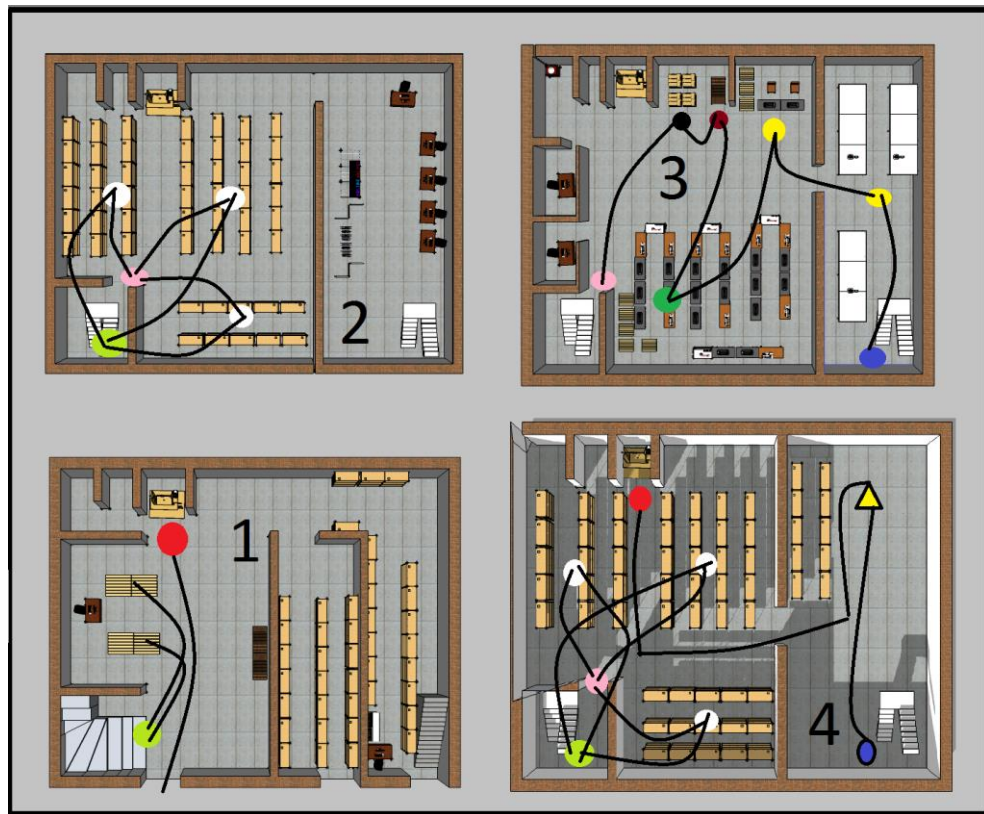


Figura 4. Diagrama de recorrido del proceso

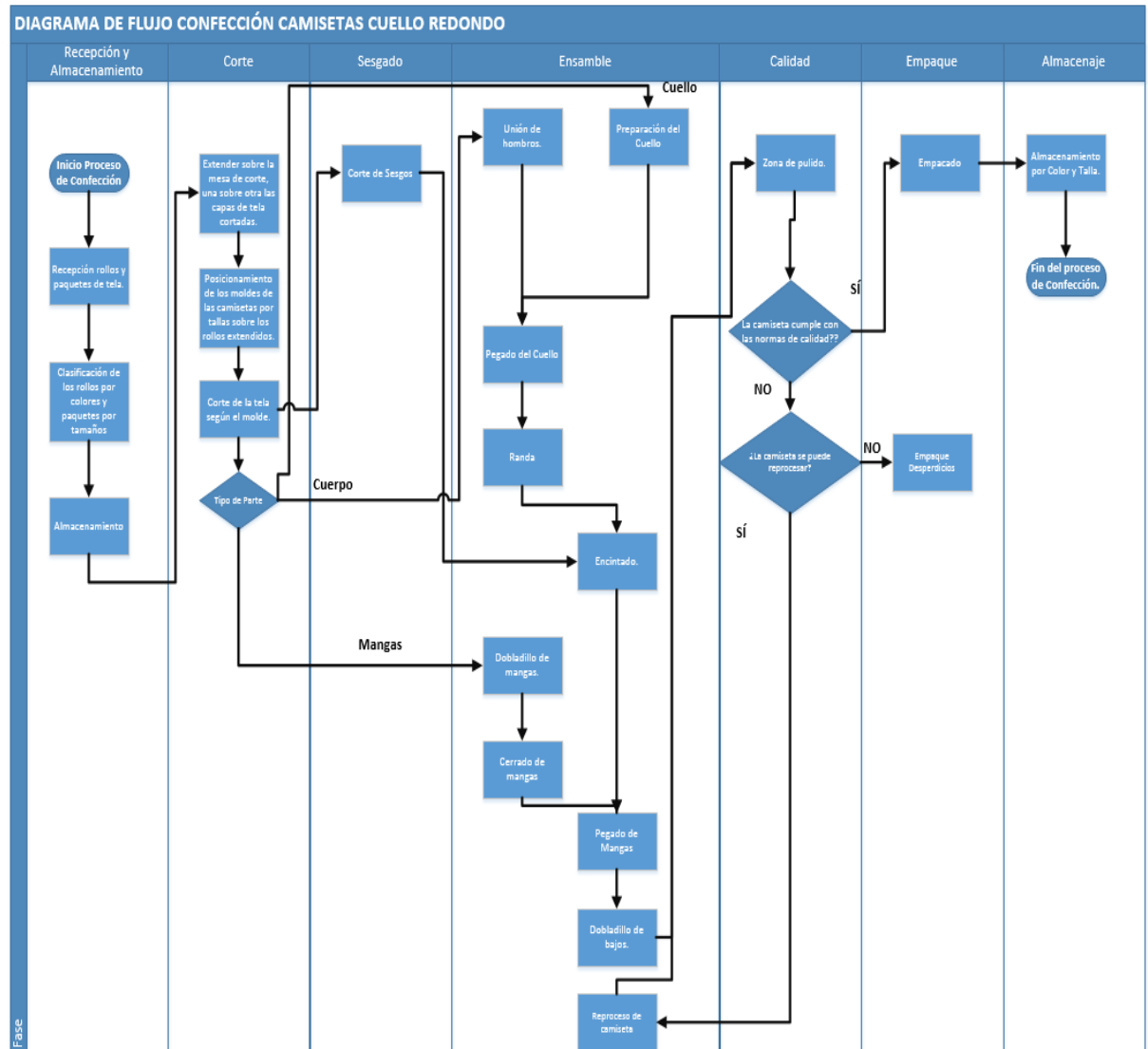
Una vez sale la camiseta conformada se procede a la revisión en la zona de calidad. En esta área revisan que la camiseta esté bien cosida, que el color de la tela no esté manchado ni tenga texturas rugosas. También, pulen la camiseta quitando imperfecciones superficiales y quitando todas las hebras de hilo que se le pegan a esta durante el proceso. Si la camiseta pasa la revisión, esta lista para ser empacada, de lo contrario la camiseta vuelve a entrar en el proceso de confección para ver si es posible reprocesarla.

En la zona de empaque, un operario empaca las camisetas según su talla y su color en bolsas plásticas. Cada bolsa contiene 12 camisetas.

Por último los paquetes con las camisetas son almacenados dependiendo de su clasificación. Si la camiseta es único fondo, es decir lisa, será almacenada en el

cuarto piso. Pero si la camiseta tiene algún diseño estampado, relieve, o es multicolor, esta se llevara al segundo piso.

A continuación se muestra el diagrama de flujo desde que los rollos de tela llegan a la compañía hasta que se almacena el producto terminado.



**Figura 5. Diagrama de flujo del proceso**  
Fuente: Los autores

## 5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO POR DEPARTAMENTO

### 5.2.1 Bodega de Materia Prima

La bodega de materia prima está ubicada en el cuarto piso de la planta. Allí llegan las materias primas, las cuales son:

- **Rollos de tela:** Estos son principalmente de material licrado, vienen en diferentes colores y algunos de ellos con líneas o cuadros. Algunos problemas de calidad que se presentan en esta materia prima es que llegue con hilos de otros colores, rotos y/o manchados.
- **Tela tubular:** Los paquetes de tela tubular vienen por tallas. Al igual que los rollos de tela, vienen en diferentes colores y los problemas de calidad que pueden presentarse son los mismos que en los rollos de tela. Por lo general, llegan en paquetes de 25 kg que son recibidos diariamente.

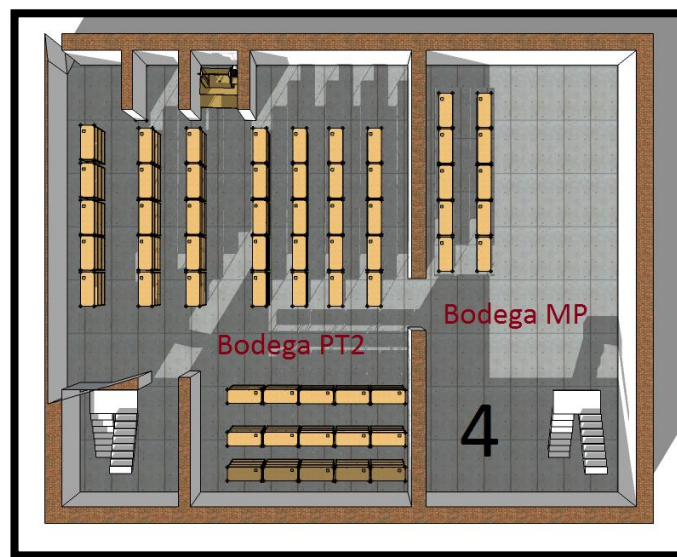


Figura 6. Layout actual cuarto piso

Cuando la tela llega con problemas de calidad, esta se devuelve al proveedor, sin embargo, actualmente no cuentan con un indicador de rechazo. Por otra parte, el



proceso nunca se detiene ya que siempre cuentan con suficiente inventario de materia prima para suplir las necesidades de la compañía.

En este departamento siempre se encuentra una persona que es la encargada de recibir los pedidos, ingresarlos al sistema y controlar todo el inventario. Las dimensiones de la bodega son de 20m de largo por 7,2m de ancho.

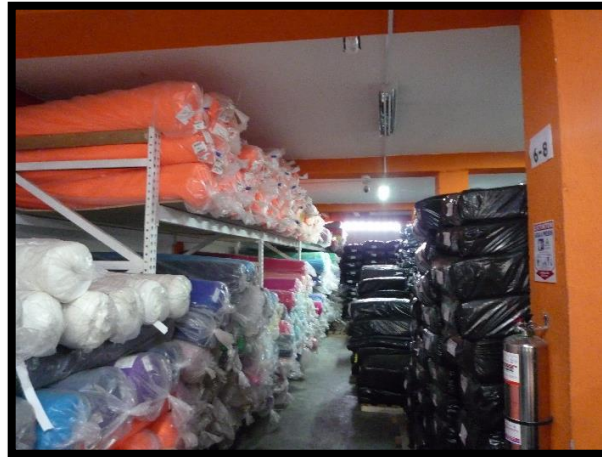


Figura 7. Bodega de materia prima

### 5.2.2 Corte

En este departamento trabajan siete personas y se cuenta con dos mesas de corte:

- **Mesa de corte tubular:** Las dimensiones de esta son de 19,5m de largo por 2,1m de ancho. Aquí se cuenta con una máquina que ayuda a estirar la tela y otra que permite cortarla.
- **Mesa de corte licra:** Las dimensiones de esta mesa son de 12,2m de largo por 2,1m de ancho. La operación en esta mesa es mucho más manual que en la anterior, para estirar la tela no cuentan con ningún tipo de máquina, y el corte lo realizan con una maquina similar a la que utilizan en la mesa de corte tubular.

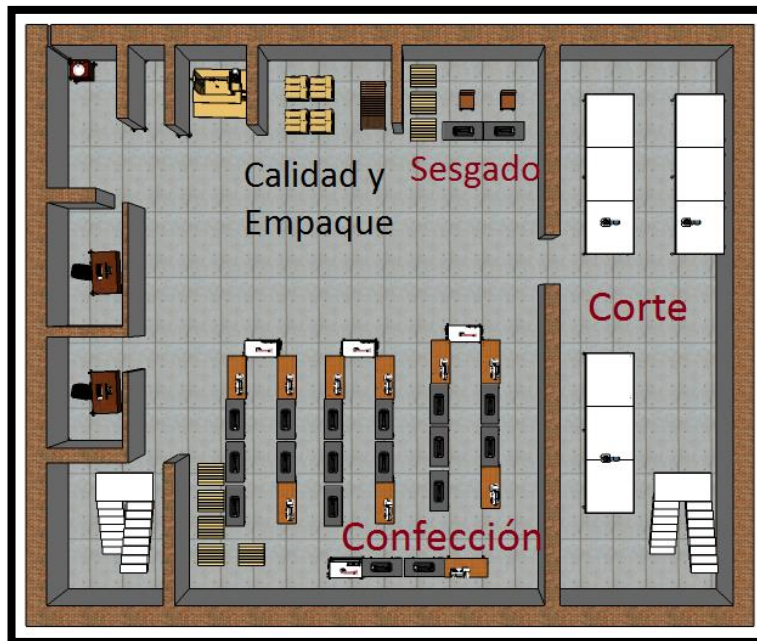
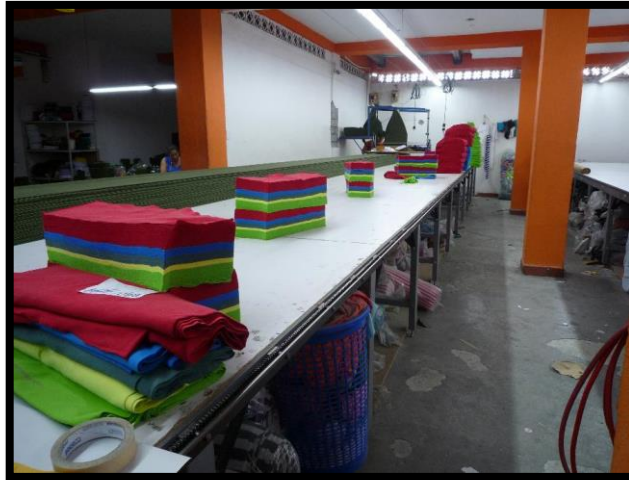


Figura 8. Layout actual tercer piso

Aquí también se encargan de revisar la calidad de la tela para evitar problemas relacionados con esto al final del proceso. Las dimensiones totales de esta área son de 20m de largo por 6,7m de ancho.

Según los reportes diarios del departamento de corte, la capacidad actual está en 2250 camisetas por hora; es decir, en un turno de 8 horas se cortan alrededor 18000 camisetas. En este departamento se convierte de kilos de tela a las partes de la camiseta (Cuerpo, mangas y sesgos). En promedio, de un kilo de tela se sacan 5 camisetas dependiendo de la talla que se vaya a cortar. Sin embargo, del kilo de tela también queden desperdicios realizados por los cortes. Estos desperdicios son reunidos en una bolsa, para posteriormente ser entregados al cliente que mando hacer las camisetas. Por lo general, estos desperdicios son vendidos a empresas productoras de dulce abrigos o pañuelos para múltiples usos.



**Figura 9. Área de corte**

### **5.2.3 Sesgado**

Este departamento está conformado por dos operarios que reciben la tela tubular proveniente de corte y la convierten en rollos de aproximadamente 5 cm de ancho, para posteriormente enviar el sesgo a la operación encintado. También, son los encargados de enviar sesgos para la línea de blusas y camisetitas tipo speedo; vale aclarar que esta línea de producción no es objeto de estudio del proyecto. Las dimensiones de este departamento son de 5,45m x 5,45m.



Figura 10. Área de sesgado

#### 5.2.4 Módulos de Confección

En esta área se encuentra cuatro módulos: dos de camisetas cuello redondo, compuestos por 12 personas cada uno, uno de camisetas cuello en V, compuesto por 17 personas debido a que el proceso es un poco más complejo y otro para camisetas sesgadas, compuesto por 6 personas. Las dimensiones totales del área donde se encuentran estos módulos son de 11,7m de largo por 11,4m de ancho.

En estos módulos, cada uno de los operarios se encarga de reprocesar o sacar a un lado las camisetas que presenten algún tipo de problema de calidad. Además, hay un patinador que está pendiente de todas las operaciones, reponer los hilos, llevar material de una estación a otra, etc. Como también una persona al final de la línea.

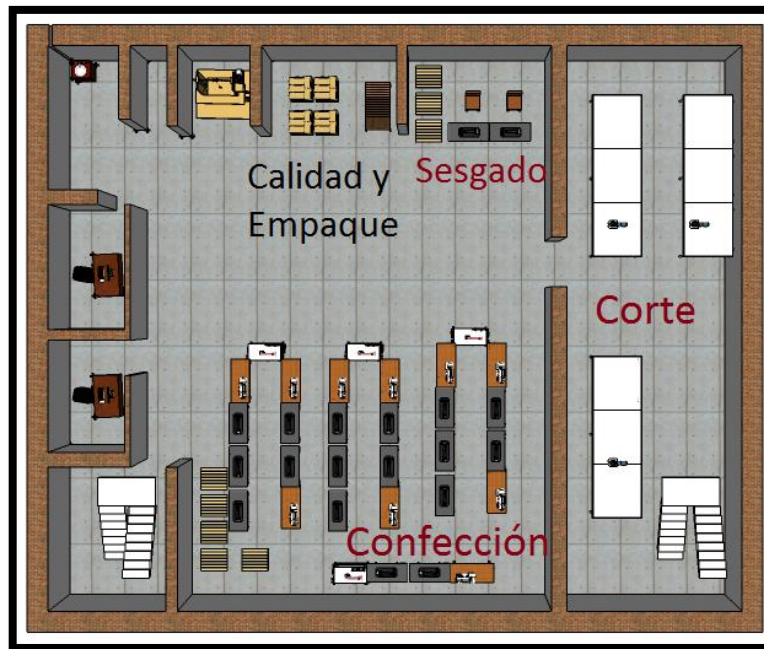


Figura 11. Layout actual tercer piso

A continuación se presenta un diagrama de precedencias para el proceso de confección de las camisetitas cuello redondo (módulos 1 y 2). Anteriormente, en la Tabla 2 fue explicado este proceso, sin embargo, aquí se hace más evidente la dependencia de unos procesos con otros y también se logra evidenciar como algunos de los procesos, como el de dobladillo y cierre de manga, no dependen de los anteriores sino de lo que les llegue desde el área de corte. El tamaño de lote de transferencia en los módulos es variable. Es decir, no existe una política de lote de transferencia para cada operación de la confección.





Figura 12. Módulos de confección

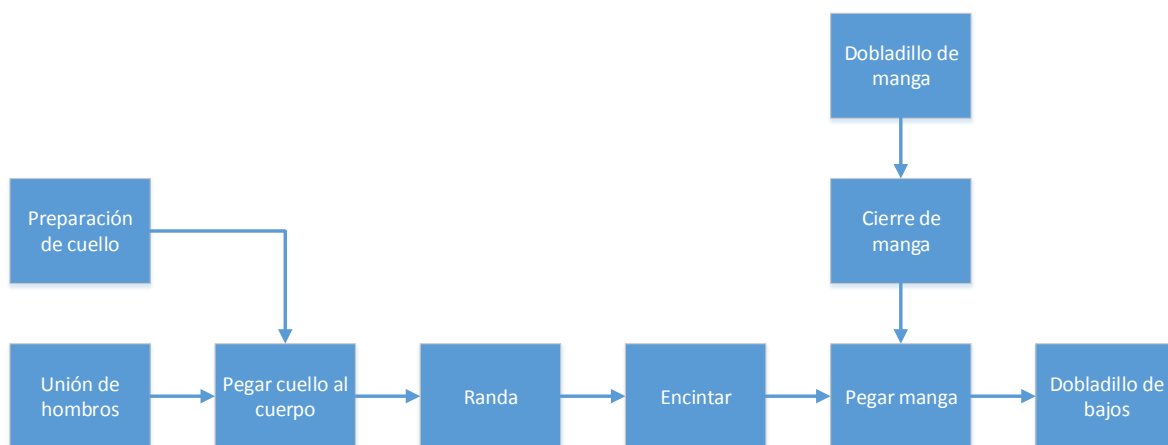


Figura 13. Diagrama de precedencias módulo cuello redondo.

### 5.2.5 Calidad

A este departamento llegan todas las camisetas producidas en los módulos de confección, allí son revisadas, para evaluar si son aceptadas o rechazadas. Los criterios para realizar esta evaluación son las especificaciones del cliente. No deben de estar rotas, descosidas, manchadas o con saltos en la puntada. El porcentaje de rechazos es del 2%. Además de esta evaluación, también limpian superficialmente la camiseta y le quitan los hilos que se le pegan durante el proceso. Esta área está compuesta por 4 personas y sus dimensiones son 6,3m de largo por 5,45m de ancho.

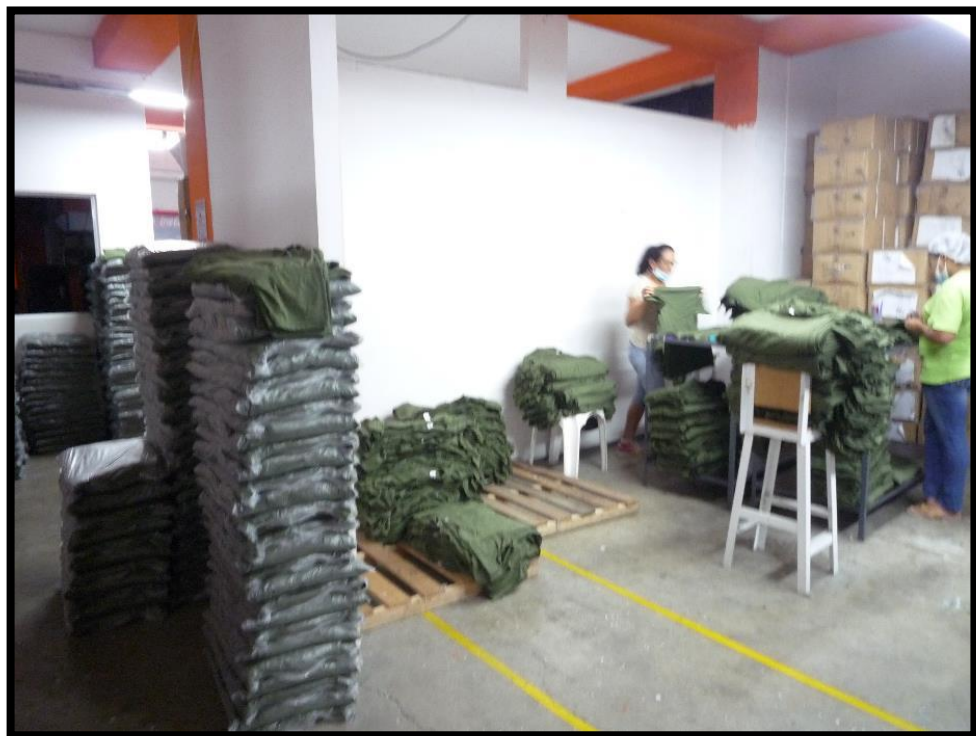


Figura 14. Área calidad

### 5.2.6 Empaque

Es el área donde se encargan de almacenar las camisetas en paquetes de 12. Está compuesto por una persona y una mesa larga de 4,1m de largo por 0,85m de ancho. De allí las camisetas son enviadas a las bodegas de producto terminado ubicadas en el cuarto y segundo piso de la planta.



Figura 15. Área de empaque

### 5.2.7 Bodega Producto Terminado

Esta bodega se encuentra dividida en dos pisos:

- **Bodega Producto Terminado Cuarto Piso:** Es aquí donde se almacenan las camisetas lisas. En esta bodega se cuenta con dos tipos de estanterías, las grandes que tienen unas dimensiones de 15,6m de largo por 1,50m de ancho y 5 espacios de 0,7m de altura. Y las pequeñas de 6,10m de largo por 0,7m y 5 espacios de 0,7m de altura. Los pasillos son de 1m de ancho. Las dimensiones totales de esta área son de 20m de largo por 17,9m de ancho.
- **Bodega Producto Terminado Segundo Piso:** A diferencia de la bodega anterior, en esta bodega se almacenan camisetas con estampados, relieves



o que sean multicolores. Estas camisetas generalmente llegan desde la tintorería y talleres satélites. En esta área se utilizan las mismas estanterías de la bodega del cuarto piso y las dimensiones totales son de 20m de largo por 13m de ancho.

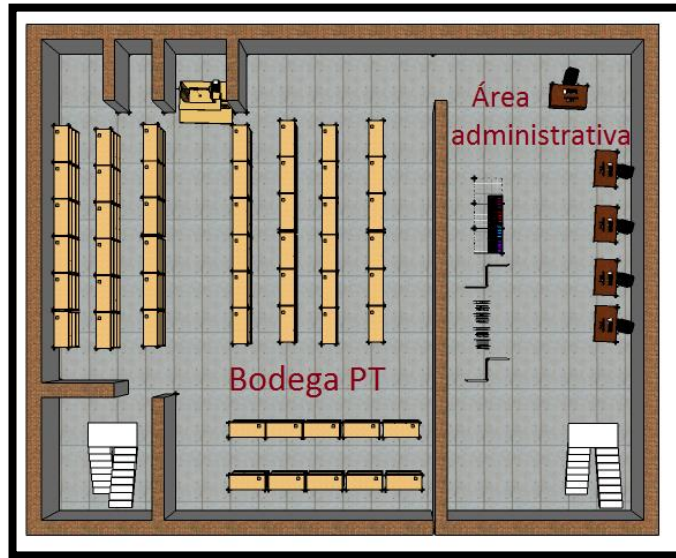


Figura 16. Layout actual Segundo piso



Figura 17. Bodega Producto Terminado

### 5.2.8 Recepción y Despacho

El departamento de recepción y despacho se encuentra ubicado en el primer piso de la planta. En esta área se reciben los rollos de tela y también es desde donde se facturan y envían los productos a los diferentes clientes. Las dimensiones de este departamento son de 20m de largo por 6,2m de ancho.



Figura 18. Layout actual primer piso



Figura 19. Recepción y Despacho

### **5.2.9 Área Administrativa**

Es donde se encuentran las personas encargadas de todas las labores relacionadas con la administración de la compañía. Las dimensiones de esta área son 20m de largo por 12m de ancho.

## **5.3 DISTRIBUCIÓN DE PLANTA Y MANEJO DE MATERIALES**

El objetivo del proyecto en desarrollo se enfoca en proponer mejoras para la línea de ensamble, sin embargo es importante diagnosticar la logística interna relacionada con este proceso; es decir, revisar cómo llegan los materiales al departamento de confección, y como salen los productos terminados del mismo departamento. Asegurar la disposición de producto oportunamente, permite que las actividades de ensamble se lleven a cabo sin ningún contratiempo.

### **5.4.1 Entrada de datos al software Layout Vt**

Para el estudio a desarrollarse se requieren indicadores de la distribución actual de la planta; es por esta razón que se utilizará el software Layout VT. Además, por medio de este se podrán generar distribuciones alternas y comparar sus resultados con la actual. Para el uso del software es necesario: dimensiones de los departamentos, frecuencias y relaciones entre departamentos. Para usos prácticos del programa, se va a considerar que el costo de un movimiento rectilíneo de 1m será de \$1 y el costo del movimiento entre pisos por medio del ascensor de carga será de \$2 por 3m. Esta diferenciación se hace debido a que en la realidad sale más costoso el movimiento de carga vertical que se realiza por medio del ascensor, debido a que este tiene unos costos asociados de mantenimiento y funcionamiento, que el movimiento rectilíneo realizado por el personal donde solo se ve involucrado el salario de estas personas.

**5.4.1.1 Dimensiones de los departamentos:** En vista de que la organización no tenía las dimensiones documentadas, se destinó una visita para la recolección de estos datos. En la siguiente tabla se podrá encontrar el resumen de estas dimensiones.

<b>DIMENSIONES DEPARTAMENTOS</b>							
<b>#</b>	<b>Departamento</b>	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Área (metros cuadrados)</b>	<b>Cuadrícula 1</b>	<b>Cuadrícula 2</b>	<b>Tipo</b>
1	Corte	20,3	6,7	136,01	34	23	Libre
2	Módulos	11,7	11,4	133,38	33	23	Libre
3	Calidad	6,3	5,45	34,335	9	6	Libre
4	Sesgado	5,45	5,45	29,7025	7	5	Libre
5	Empaque	4,1	0,85	3,485	1	1	Libre
6	Bodega MP	20	7,2	144	36	24	Libre
7	Bodega PT	20	13	260	65	44	Libre
8	Despacho	20	6,2	124	31	21	Fijo
9	Bodega PT 4 piso	20	17,9	358	90	60	Libre
Obstáculos	Área Administrativa	<b>20</b>	<b>12</b>	<b>240</b>	60	40	-
Obstáculos	Oficinas	<b>5,1</b>	<b>2,6</b>	<b>13,26</b>	3	3	-
Obstáculos	Oficina Primer piso	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>380</b>	95	64	-
Obstáculos	Escalera	<b>7,1</b>	<b>3</b>	<b>21,3</b>	5	4	-

**Tabla 3. Resumen dimensiones departamentos**  
Fuente: Los autores

**5.4.1.2 Frecuencias entre departamentos:** Las frecuencias de los materiales movidos por la organización se registraron a continuación:

FRECUENCIAS ENTRE DEPARTAMENTOS			
DESDE	HACIA	VIAJES/ TURNO	UNIDAD DE CARGA/OBSERVACIONES
CORTE	MODULOS	80	120 UNIDADES POR VIAJE
	SESGADO	5	
MODULOS	CALIDAD	53	6 Paquetes / Viaje Cada paquete contiene 25 unidades.
SESGADO	MODULOS	5	Cada viaje es de 5 rollos. Cada rollo alcanza para 200 camisetas
CALIDAD	EMPAQUE	60	Cada viaje lleva aproximadamente 11 paquetes de 12 unidades cada uno.
BMP	CORTE	30	18000 camisetas= 3600 kilos 3600kg/25 =144 paquetes En cada viaje se bajan aproximadamente 5 paquetes de 25 kg. (Con ayuda de la gravedad)
BPT	DESPACHO	3	Se tienen que bajar en el día aproximadamente 750 paquetes, cada paquete con una docena de camisetas
BPT2	DESPACHO	7	
EMPAQUE	BPT	10	Cada viaje se hace con aproximadamente 13 paquetes (Dependiendo de la capacidad del operario) Cada paquete contiene 12 camisetas
	BPT2	40	

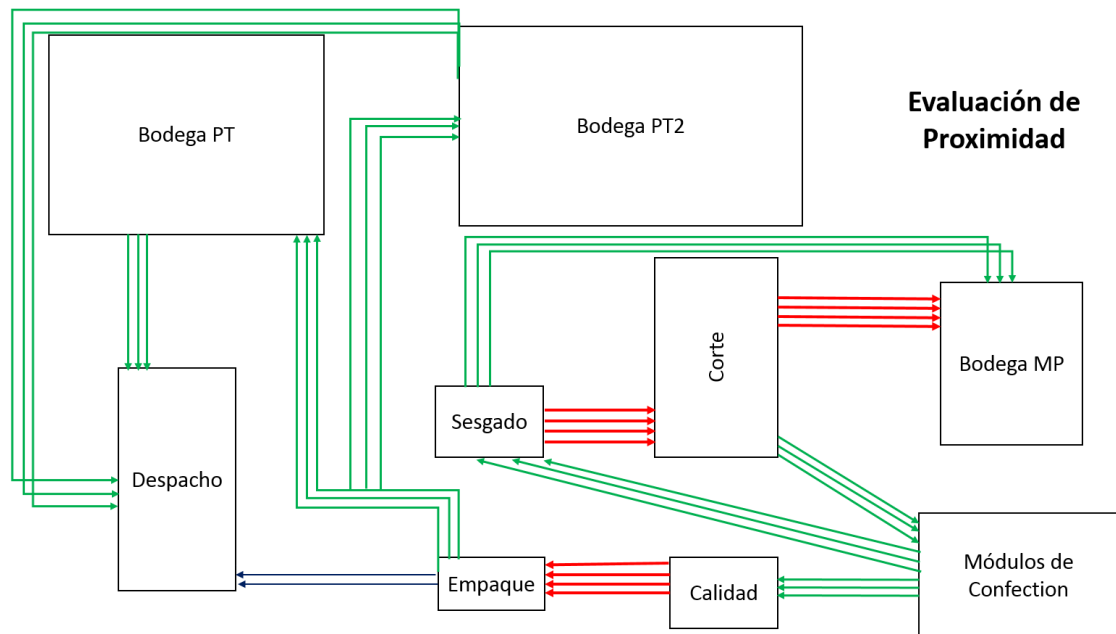
**Tabla 4. Frecuencias entre departamentos**  
Fuente: Los autores

**5.4.1.3 Relaciones entre departamentos:** Como requerimiento del software es necesario ingresar las importancias de adyacencias entre departamentos. Para

esta solicitud se entrevistó al encargado del área de producción con el fin de corroborar un trabajo previo realizado por los autores. Toda la información referente a esto se encuentra a continuación:

RELACIONES ENTRE DEPARTAMENTOS									
Departamentos/Relaciones	Corte	Módulos	Calidad	Sesgado	Empaque	BMP	BPT	Despacho	BPT2
Corte	-	E	U	A	U	A	U	U	U
Módulos	-	-	E	E	U	U	U	U	U
Calidad	-	-	-	U	A	U	U	U	U
Sesgado	-	-	-	-	U	E	U	U	U
Empaque	-	-	-	-	-	U	E	O	E
BMP	-	-	-	-	-	-	U	U	U
BPT	-	-	-	-	-	-	-	E	U
Despacho	-	-	-	-	-	-	-	-	E
BPT2	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 5. Relaciones entre departamentos  
Fuente: Los autores



**Figura 20. Diagrama de evaluación de proximidad entre departamentos**  
Fuente: Los autores

Valor	Evaluación Proximidad	Número de Líneas	Color
A	Absolutamente Necesario	4 líneas	Rojo
E	Específicamente importante	3 Líneas	Verde
I	Importante	n/a	n/a
O	Proximidad Normal	2 Líneas	Azul oscuro
U	No necesaria	n/a	n/a

**Tabla 6. Referencias diagrama de evaluación de proximidad**  
Fuente: Los autores

### 5.4.2 Layout VT

A continuación se describe el proceso para la creación del modelo de la planta en el software Layout VT.

Se comienza determinando el área de la cuadrícula. Este dato se saca experimentando áreas que permitan una buena ilustración de la planta en el software; es decir, se debe escoger la cantidad adecuada de cuadros para que se

pueda representar cada departamento de la organización en el software. Posteriormente se ingresa la cantidad de filas y de columnas que va a tener la representación de la planta. Se ingresa el número de pisos de la planta y la altura entre estos.

Una vez representada la planta en una cuadrícula, el primer paso es definir la ubicación de los ascensores. Posteriormente, se debe ingresar las características de cada departamento. A cada uno, se le debe asignar un número, un nombre, una cantidad de cuadrículas y se debe escoger si el departamento es libre o fijo. En este proyecto el único departamento fijo es el de Despacho, ya que al ser la planta de 4 pisos, el único piso apto para recibir y despachar mercancía es el primero. Un departamento libre es aquel que el software puede mover y posicionar dentro de la planta.

Una vez todos los departamentos hayan sido caracterizado, se prosigue a definir los obstáculos. Para el programa, un obstáculo es un espacio fijo que no interviene en el proceso del producto. Los obstáculos del proyecto fueron las oficinas administrativas ubicadas en el piso uno, dos y tres de la organización. Ubicados los obstáculos en la cuadrícula, se determinó la ubicación de los departamentos fijos. En este caso solo el departamento de despacho. Para poder ingresar los departamentos libres es necesario indicarle al programa como hacerlos. Esto se hace por medio del dibujo en la cuadrícula de una curva de llenado de espacio (SFC); en pocas palabras, hay que decirle al programa exactamente porque cuadrícula pasar para ir llenando cada piso. La curva debe ser dibujada según el proceso del producto; esto, para que los departamento sigan una lógica secuencial de cómo se desarrolla el proceso de confección actualmente. El orden de entrada determina qué departamento debe ir primero en la curva de llenado de cada piso.

Subsiguientemente se prosigue a ingresar los datos de entrada especificados en



el literal anterior. Con todos los datos completos, se puede sacar las estadísticas iniciales de la distribución y también generar las propuestas de mejora.

### 5.4.3 Resultados planta actual

Los resultados basados en adyacencias son el resultado del producto entre las distancias entre departamentos y los pesos de las relaciones establecidas. Por otra parte, los resultados basados en las frecuencias se obtienen multiplicando la distancia entre los departamentos y la cantidad de flujos o frecuencias que hay entre ellos.

PLANTA ACTUAL		
Indicadores	Basado en adyacencias (REL)	Basado en Distancias
% de efectividad	54,83	75,6
Costo	7065,6	5677,27

Tabla 7. Resultados Layout VT Planta Actual

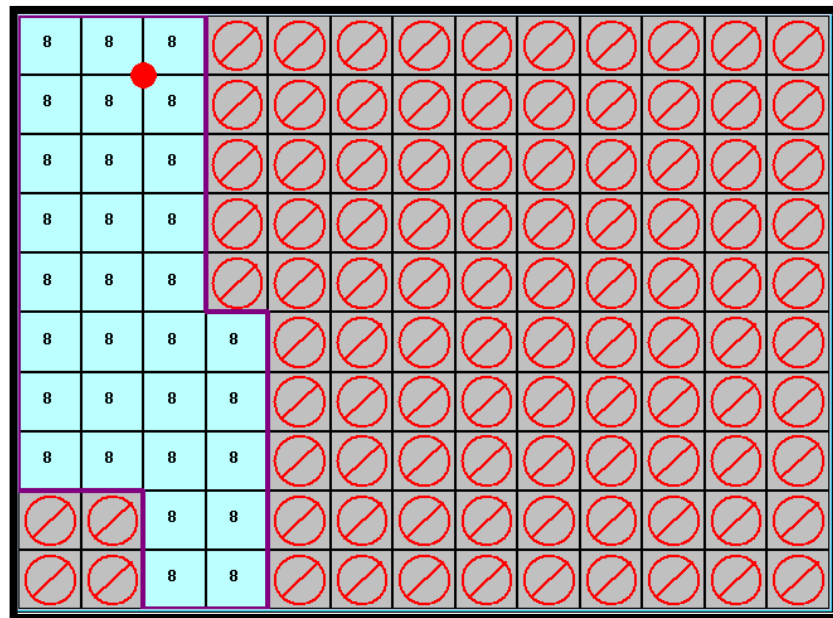


Figura 21. Piso 1 Planta Actual

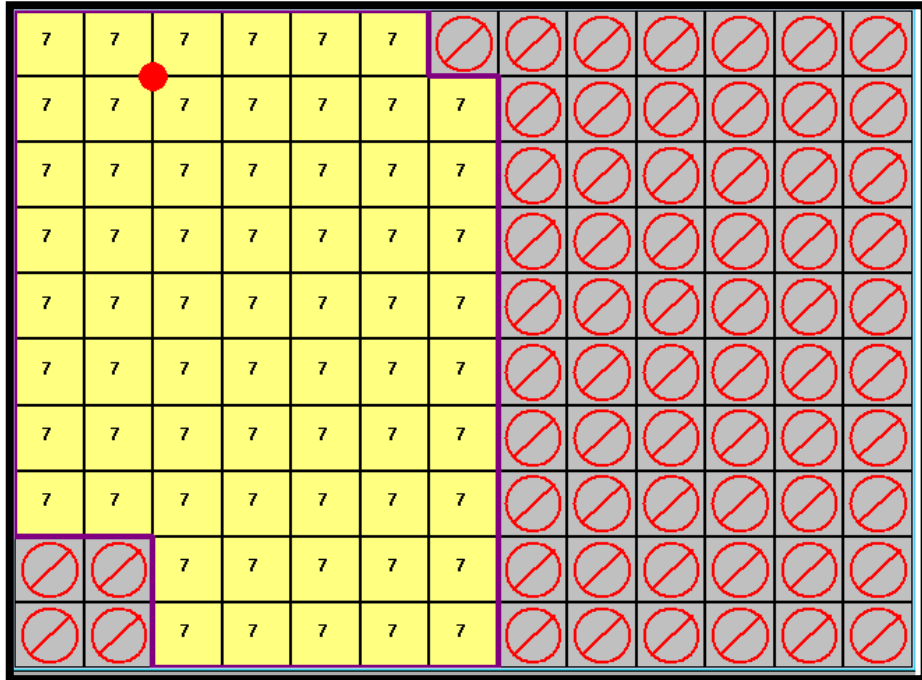


Figura 22. Piso 2 Planta Actual

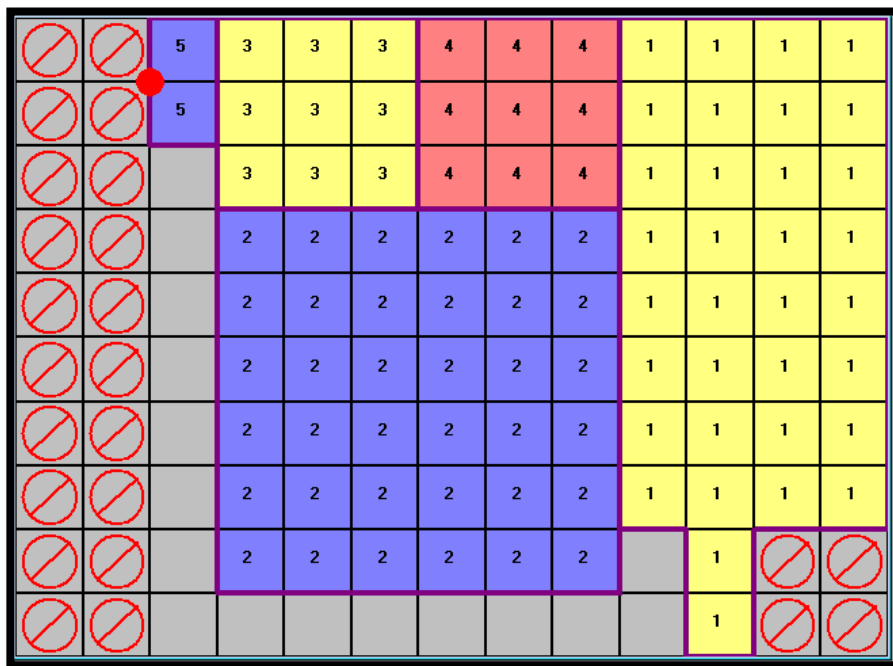


Figura 23. Piso 3 Planta Actual

9	9	9	9	9	9	9	9	9	6	6	6	6
9	9	●	9	9	9	9	9	9	6	6	6	6
9	9	9	9	9	9	9	9	9	6	6	6	6
9	9	9	9	9	9	9	9	9	6	6	6	6
9	9	9	9	9	9	9	9	9	6	6	6	6
9	9	9	9	9	9	9	9	9	6	6	6	6
9	9	9	9	9	9	9	9	9	6	6	6	6
9	9	9	9	9	9	9	9	9	6	6	6	6
X	X	9	9	9	9	9	9	9	6	6	X	X
X	X	9	9	9	9	9	9	9	6	6	X	X

Figura 24. Piso 4 Planta Actual

Las imágenes mostradas anteriormente representan la distribución actual de la planta. Como se puede ver en la tabla No. 7 el porcentaje de efectividad actual de la distribución de la planta es del 54.83%. Este porcentaje de efectividad se da gracias a que hay departamentos que deberían estar juntos por su grado de relación, pero no lo están; por ejemplo, el Departamento 1 (Corte) tiene que estar contiguo del departamento 6 ( Bodega Mp), por motivos de la distribución actual el departamento de corte se encuentra en el piso 3 y la Bodega de materia prima se encuentra en el 4. De esta misma manera, es necesario que los siguientes departamentos estén juntos, pero por la limitación generada por los pisos estos no están: Sesgado y bodega de materia prima, empaque y bodega de producto terminado, empaque y bodega de producto terminado dos, bodega de producto terminado y despacho, despacho y bodega de producto terminado 2. Por otra parte, el costo que genera esta distribución es de 7065,6.

Las interpretaciones hechas fueron con los resultados basados en adyacencias;

los datos basados en distancias servirán de utilidad para posteriores evaluaciones, es por esto que se encuentran presentes.

## **5.4 CONFECCIÓN EN LINEA DE CAMISETAS**

Como se ha mencionado a lo largo del proyecto el diagnóstico de la línea de ensamble es de vital importancia para poder analizar sus resultados, y con base en esto poder identificar oportunidades de mejora y de esta manera sugerir propuestas.

### **5.5.1 Entrada de datos al software de simulación Promodel**

Uno de los objetivos de este estudio es la evaluación de la situación actual del micro-proceso más relevante de la compañía. Para esto, es importante analizar los módulos de confección que es uno de los procesos más representativos y variables. Es por tal razón, que se escogió el primer módulo de cuello redondo como objeto de estudio y los resultados de este se podrán extender a los otros tres módulos. Para poder utilizar el software de simulación se recogió una muestra de los tiempos de procesamiento de cada una de las estaciones del módulo y se le buscó un ajuste de distribución a cada una. El resumen de estos tiempos se registra en la tabla encontrada posteriormente. También fue importante reconocer la distribución actual de los módulos con el fin de entender el flujo del producto; a continuación se puede ver un diagrama de flujo de la línea de ensamble de camisetetas.



Figura 25. Diagrama Microproceso (Confeccion camiseta cuello redondo)

Tabla de distribuciones y coeficientes de los procesos de confección		
Proceso	Coficiente %	Distribución
Dobladillo de bajos	20,23	Log Normal
Encintar	16,89	Log Normal
Randa	15,63	Weibull
Cerrar Manga	14,04	Log Normal
Pegar Cuello	13,1	Log Normal
Pegar Manga	12,99	Log Normal
Preparar Cuello	7,18	Pearson 5
Dobladillo de mangas	5,81	Pearson 6
Unir Hombros	5,65	Pearson 6

Tabla 8. Distribuciones y coeficientes de variación estaciones de confección  
Fuente: Los autores

### 5.5.1.1 Estimación de tiempos normales

Se realizó una vista a la planta con el fin de tomar los tiempos en el departamento de confección. Previamente se realizaron los cálculos para saber el número de tiempos necesarios para tener una muestra representativa. Se tomó un porcentaje de error del 10% y una efectividad por parte de los trabajadores de 75%/25%; es

decir el 75% del tiempo de trabajo, ellos realizan su labor. El otro 25%, por cuestiones inherentes al ser humano, los trabajadores realizaban una labor diferente a la de su trabajo (corregir postura, tomar agua, esperar prendas). El resultado del cálculo arrojó que era necesario tomar 30 tiempos por cada máquina para obtener una confiabilidad del 90%.

Los tiempos se tomaron de manera continua, es decir, el reloj no fue reiniciado cada que se culminaba una operación, sino que se dejó que el tiempo fluyera y se iban sacando las duraciones parciales de las operaciones.

Vale aclarar que este proyecto se centra en la línea de confección de camisetitas cuello redondo, la cual como se explicó anteriormente con el Pareto es la que representa un nivel de producción mayor a las demás, es por esta razón que los operarios de esta línea cuentan con una experticia superior a los demás, lo cual asegura un ritmo de producción alto a lo largo de la línea de confección. Los tiempos fueron tomados a los operarios mencionados anteriormente ya que el objetivo principal de este proyecto se centra en la línea en donde ellos trabajan.

### **5.5.2 Promodel**

El software de simulación utilizado fue Promodel. El proceso para realizar el modelo de simulación será descrito a continuación:

Primero, se deben crear las entidades, que serían el cuerpo, las mangas, el cuello y la camiseta terminada. Posteriormente, se deben definir las locaciones que serían las nueve estaciones de trabajo y los lugares de producto en proceso. Además se deben especificar las cantidades de producto que llegan al sistema desde afuera (Área de corte), la locación a la que llegan y la frecuencia con que lo hacen. Finalmente se debe especificar el flujo de materiales y el tiempo que estos van a ser procesados en cada estación de trabajo. Para efectos prácticos de

simulación todas las llegadas externas del producto fueron simuladas con el comando ORDER de Promodel. Este comando se encarga de ordenar más producto en la medida que la estación termine de procesar el lote que previamente ha entrado.

De acuerdo a lo evidenciado en las visitas a la empresa, no existe un tamaño de lote establecido para circular entre las estaciones de trabajo. Los operarios son los encargados de decidir cuánto producto en proceso acumular antes de pasarlo a la siguiente operación. Con el fin de representar esta situación en la simulación, los autores del proyecto decidieron manejar lotes variables. Estos lotes están comprendidos entre 1 y 25 productos en proceso, de acuerdo a lo evidenciado en la compañía. Para no sesgar la probabilidad de ocurrencia de un tamaño de lote, a cada uno se le asignó la misma probabilidad debido a que en la realidad estos lotes de transferencia son totalmente aleatorios y no tienen ningún patrón de comportamiento, depende totalmente de las decisiones de los operarios de la línea y las necesidades de esta.

Por restricción del programa, debieron usarse cinco entidades que serán explicadas a continuación:

La primera entidad es llamada cuerpo, la cual representa al material que llega a unión de hombros, la segunda es cuello que es aquella parte que llega a la estación preparar cuello. Otra de las entidades es Cuerpo\_Cuello que es aquella que se forma en pegar cuello donde se unen el cuerpo y el cuello. Además, había una entidad llamada mangas que era aquella que llegaba a dobladillo de mangas y pasaba por la estación pegar mangas hasta pegar cuello. En pegar cuello se unían Cuerpo\_Cuello y dos mangas para formar una camiseta. En la parte inferior de este párrafo se encuentra un diagrama donde se puede ver gráficamente por qué estaciones pasa cada entidad y las distribuciones de cada una de las estaciones.

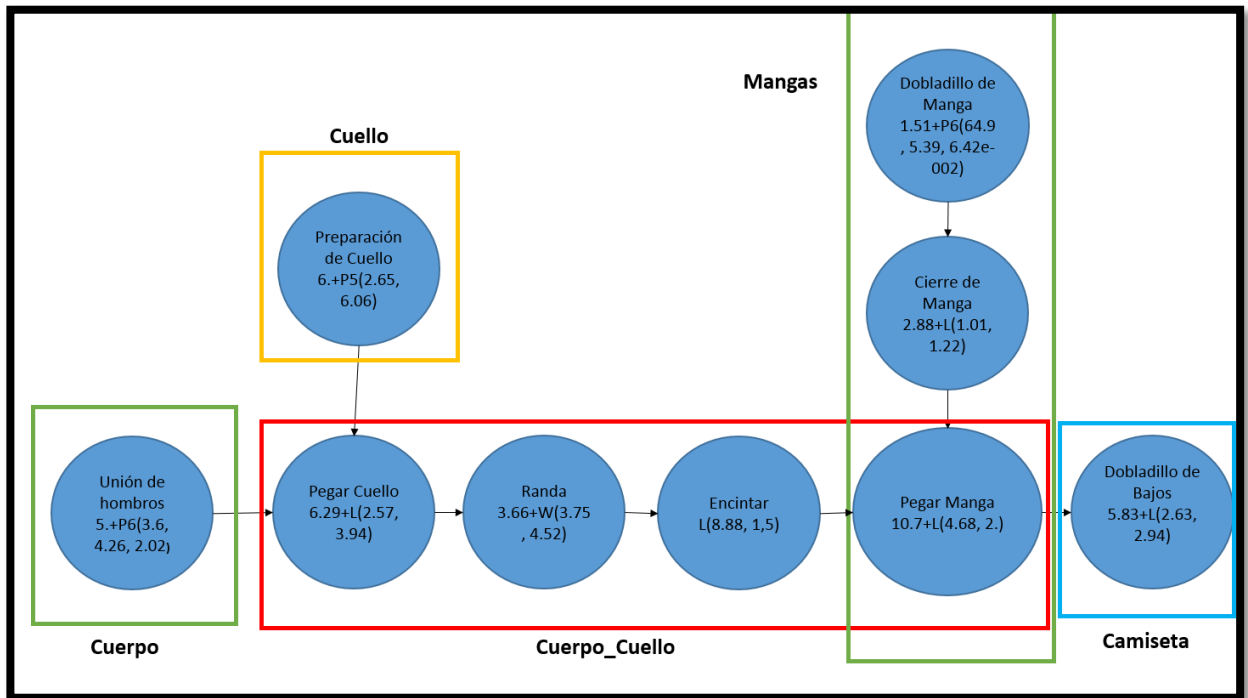


Figura 26. Diagrama del proceso (Distribuciones por estación y especificación de entidades)  
Fuente: Los autores

Después de correr la simulación con 30 réplicas, un tiempo de calentamiento de dos horas y un tiempo de corrida igual al turno diario (8 horas), el programa lanza unas estadísticas que serán evaluadas posteriormente.

Los parámetros de cada una de las distribuciones utilizadas fueron los siguientes:

Distribución de probabilidad	Codificación en Promodel	Parámetros
Lognormal	$L(\mu, \sigma^2)$	$\mu$ = Media $\sigma^2$ =Varianza
Normal	$N(\mu, \sigma)$	$\mu$ = Media $\sigma$ =Desviación
Pearson V	$P5(1, \alpha, \beta)$	$\alpha$ =Forma $\beta$ =Escala
Pearson VI	$P6(1, \alpha_1, \alpha_2, \beta)$	$\alpha_1$ =Forma $\alpha_2$ =Forma $\beta$ =Escala
Weibull	$W(\alpha, \beta)$	$\alpha$ =Forma $\beta$ =Escala

Fuente: (García Dunna, García Reyes, & Cárdenas Barrón, 2006)

### 5.5.3 Resultados de la simulación en la línea actual de camisetas



Luego de correr el modelo de simulación, se llegaron a las siguientes conclusiones:

Con un intervalo de confianza del 95 % al final del día deberían haberse hecho entre 2379,14 y 2409,79 camisetas. La simulación representa el estado actual del proceso, pues diariamente se están produciendo entre 2380 y 2480 camisetas. El tiempo promedio en el sistema de cada prenda es de aproximadamente 336 minutos. **La mayor parte de este tiempo el producto se encuentra en cola para ser procesado en alguna de las estaciones;** pues el tiempo en operación promedio es de 0,97 min. En la figura 27 se pueden ver los porcentajes de tiempo en espera, operación y bloqueados de las entidades que se mueven a lo largo del módulo. La franja amarilla representa el porcentaje de tiempo en espera de la entidad, la franja verde es el porcentaje de tiempo en operación de la entidad y la franja rosada indica el porcentaje de tiempo que la entidad debe esperar mientras se acumulan los lotes.

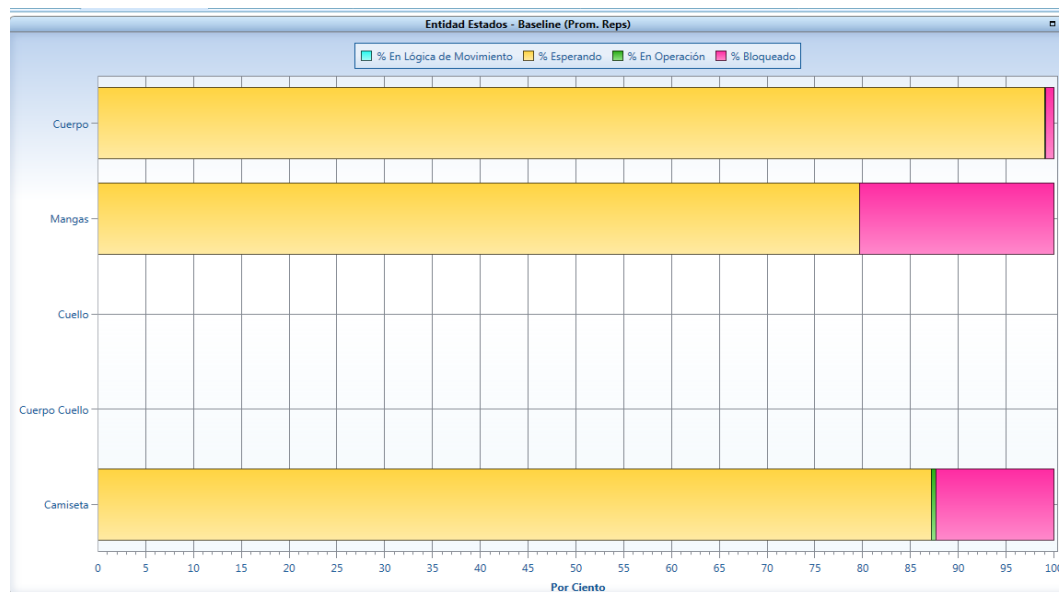


Figura 27. Porcentajes de tiempos

Por otra parte, al evaluar los porcentajes de utilización se encontró que aquellas estaciones que recibían materia prima desde afuera: Mangas en dobladillo de

mangas, cuellos en Preparación de cuello y cuerpo en Unión de hombros tenían un porcentaje de utilización del 100%. Esto se dio debido a que estas estaciones siempre contaban con producto disponible para trabajar, ya que cada que se les acababa el producto les llegaba un nuevo lote. También, la operación cerrar manga tiene un porcentaje de utilización del 100% debido a que la operación anterior (Doblado de mangas) tiene un tiempo de operación bastante bajo comparado con el suyo, por lo que el producto se va acumulando y también tiene siempre material disponible para procesar.

**Otra de las estaciones con un porcentaje de utilización bastante representativo es la operación de encintar, con un promedio de 95,73%.** Esta operación podría ser considerada como el cuello de botella debido a que se encuentra en la mitad del proceso y hay muchas operaciones que dependen de ella por lo que se podría ver afectado el flujo del proceso.

En la tabla 9 se puede ver la el resumen de los porcentajes de utilización de todas las locaciones utilizadas en el modelo de simulación.

<b>ESTACIÓN</b>	<b>% DE UTILIZACIÓN</b>
Unir Hombros	100%
Espera Unir Hombros	100%
Pegar Cuello	81%
Randa	83%
Encintar	97%
Doblado de Manga	100%
Cierre de Manga	100%
Pegar Mangas	72%
Doblado de Bajos	76%

**Tabla 9. Porcentajes de utilización situación actual**

## **5.5 ANALIZAR Y DEFINIR OPORTUNIDADES DE MEJORA**

- **ÁREA DE CORTE:** Como se mencionó en la descripción del proceso por departamentos, esta área corta el doble de camisetas que se pueden confeccionar en los módulos de confección, razón por la cual, la mitad de las prendas cortadas en la organización son enviadas para ser confeccionadas en talleres satélites (outsourcing del proceso de confección). Si se lograra aumentar la capacidad de producción de la línea de ensamble de camisetas cuello redondo, habría una notable reducción en los costos ya que no se requeriría la producción en talleres externos puesto que el costo de producción de una camiseta dentro de la compañía es de \$450 mientras que en un taller satelital es de \$600. La capacidad actual de corte no representa un factor determinante para poder mejorar los procesos de confección en la línea de ensamble. Es por esta razón que los autores del proyecto no consideran proponer oportunidades de mejora para esta área.
- **SESGADO:** En este departamento la operación es bastante sencilla. Para poder confeccionar las camisetas es necesaria esta operación; en el análisis realizado los autores vieron que en ningún momento existe desabastecimiento de sesgos para comenzar el proceso en la línea; también se le pregunto al encargado de controlar la operación de confección y confirmó lo explicado anteriormente. Por tal razón, no hay indicios de que haya alguna problemática a la cual se le pueda buscar una solución.
- **MÓDULOS DE CONFECCIÓN:** Actualmente la producción máxima en los módulos cuello redondo es de 2480 camisetas diarias en cada uno. Esto es inferior a la capacidad de corte mencionada anteriormente, por esta razón, se puede decir que al aumentar la tasa de producción en los módulos de confección, se podría estudiar como una mejora para la línea de ensamble y de esta manera no incurrir en los costos y riesgos de los talleres satélites que afectan los tiempos de entrega y movimientos de materia prima cortada y el regreso de producto final. Como se pudo ver en el diagnóstico actual de la

línea de camisetas, la mayor parte del tiempo que el producto pasa en el sistema, este se encuentra en espera para ser procesado. Los autores consideran que esto se debe gracias a que en la organización no existe un lote de transferencia establecido y la gran mayoría de veces se acumula mucho producto antes y después de ser procesado. Esta situación será objeto de estudio para las propuestas planteadas en el tercer objetivo específico de este proyecto.

Por otra parte, el análisis también arrojó que el porcentaje de utilización más representativo de la línea de confección de camisetas, es encintar (95.73 % de utilización). Por esta razón se consideró como el cuello de botella de la organización. El escenario anteriormente planteado también será centro de atención para la realización de las propuestas de la línea de ensamble.

- **CALIDAD:** Actualmente, el departamento de calidad cuenta con un porcentaje de rechazo del 2%. Al comparar este valor con una publicación acerca del tema, se encontró que el Acceptable Quality Level para este tipo de industrias puede basarse en la siguiente tabla:

FACTOR AQL	
TIPO DE DEFECTOS	PORCENTAJE (%)
Defectos Críticos	0%
Defectos Mayores	2,5%
Defectos Menores	4%

Fuente: (Raaz, 2013)

Los defectos críticos son todos aquellos que podrían ser peligrosos o inseguros. Esta es la razón por la que el AQL en esta industria es del 0% ya que las prendas son totalmente seguras. Los defectos mayores son aquellos que podrían hacer fallar el producto en su propósito principal, por ejemplo, que la prenda esté rota o que haya discrepancias en el tamaño con respecto a su

talla. Finalmente, los defectos menores son aquellos que no afectan la usabilidad de la prenda, un ejemplo de esto son las malas costuras.

De acuerdo con lo anterior, la empresa presenta un porcentaje de rechazos aceptable ya que a pesar de que dentro de esta no se diferencien entre defectos mayores y menores, el porcentaje total de defectos es del 2% valor que se encuentra por debajo de ambos tipos de defectos, por lo que se puede afirmar que este valor no es lo suficientemente crítico.

Además, hasta el momento los clientes no han presentado ningún tipo de quejas relacionadas al tema. Primero se requiere analizar otras áreas, como los módulos, que afectan mucho más la productividad actual de la compañía.

- **EMPAQUE:** En el área de empaque el proceso es bastante simple, no requiere ninguna operación compleja que pueda ser analizada. La persona encargada de esta área empaqueta los paquetes de 12 camisetas en aproximadamente 15 segundos cada uno. De acuerdo con esto, se demora cerca de 30 minutos empaquetando las camisetas entregadas desde calidad, las cuales provienen de todos los módulos de confección. El resto del tiempo lo utiliza para el almacenamiento de estas camisetas. Esta operación puede continuarse realizando como hasta ahora lo han hecho ya que no afecta en la productividad actual de la organización.
- **DISTRIBUCIÓN DE PLANTA Y MANEJO DE MATERIALES:** Debido a que la planta consta de cuatro pisos, la distribución de planta y el manejo de materiales pueden significar grandes costos en tiempo y dinero para esta. Si bien el objetivo de estudio del proyecto es la línea de confección de camisetas, es importante corroborar la logística de llegada y salida de la línea de ensamble. En el análisis se puede observar un porcentaje de efectividad de la distribución física, igual a 54%. El complemento de este valor es la mejora

potencial a la cual se podría llegar. Por dicha razón, el presente proyecto considera la distribución física de la organización dentro de sus propuestas de mejora. Por otra parte, se pudo analizar que el departamento donde se encuentra la línea de confección está bien ubicado respecto a las relaciones con departamentos predecesores y posteriores en el diagrama de flujo.

## 6. ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE PROPUESTAS

### 6.1 PROPUESTAS PARA PROCESOS MACRO

#### 6.1.1 Mejora de Layout Vt

Una vez el software Layout Vt tiene la distribución actual, se ingresó una Space filling curve común para este tipo de proyectos la cual es recomendada en el libro de (Tompkins, 2008). El método de mejoramiento del software se enfoca, basándose en la Space filling curve ingresada por el usuario, en recomendar el mejor orden de entrada de los departamentos, con el fin de lograr la mayor cantidad de adyacencias posibles y de esta manera mejorar la efectividad de la distribución de planta actual. Se corrió el método de mejoramiento del software y a continuación se presentan los resultados.

MEJORA DE LAYOUTVT	
Indicadores	Basado en adyacencias (REL)
% de efectividad	54,83
Costo	6418,74
Mejoramiento del % de efectividad (%)	0
Mejoramiento del costo sobre la situación real (%)	9,16

Tabla 10. Resultados mejora Layout VT y comparación con la situación actual

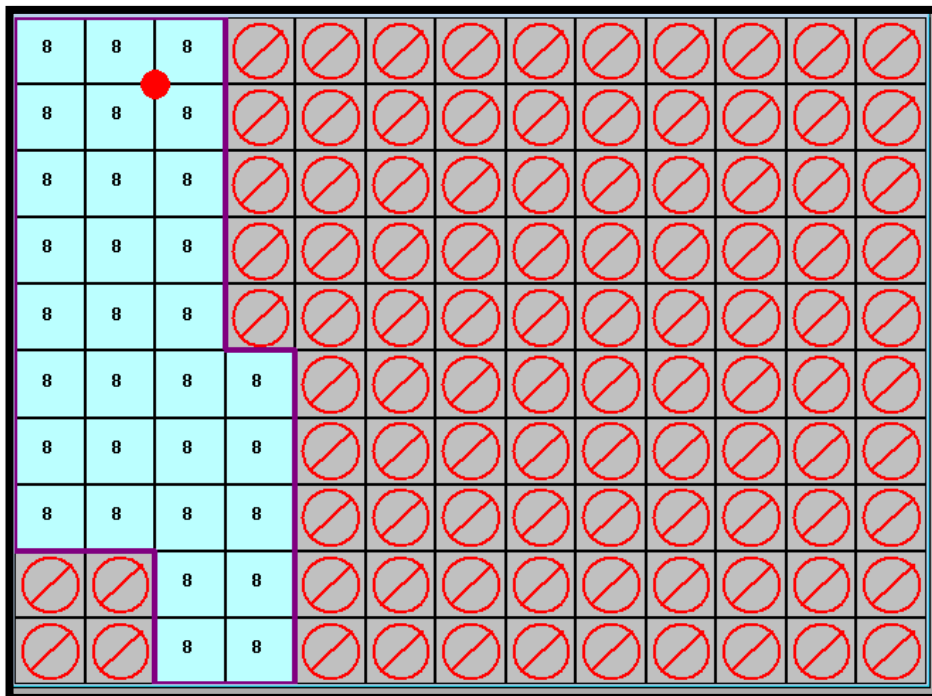


Figura 28. Piso 1 Mejora Layout

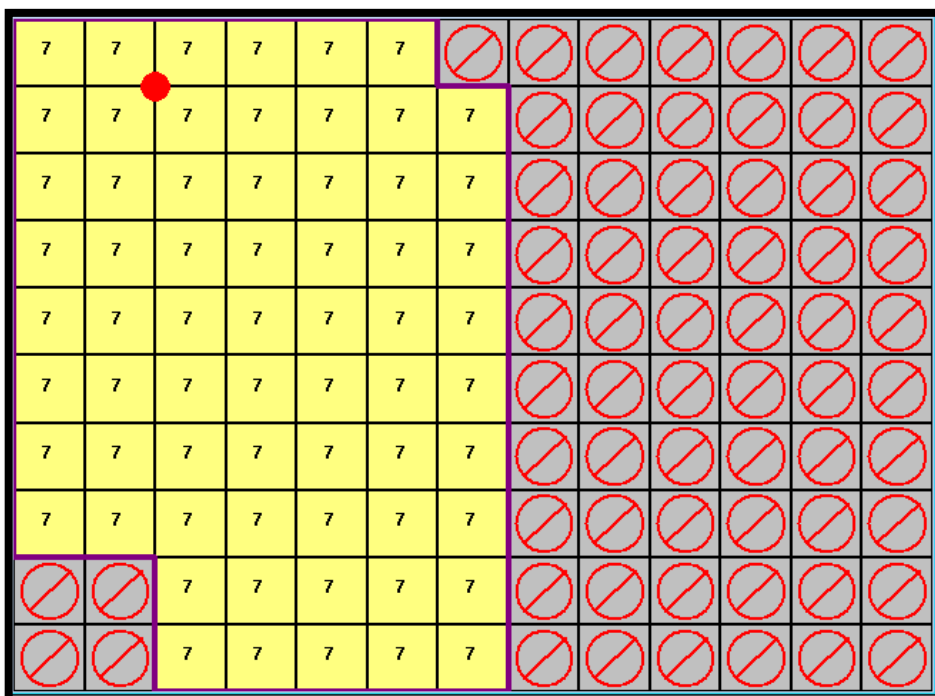


Figura 29. Piso 2 Mejora Layout



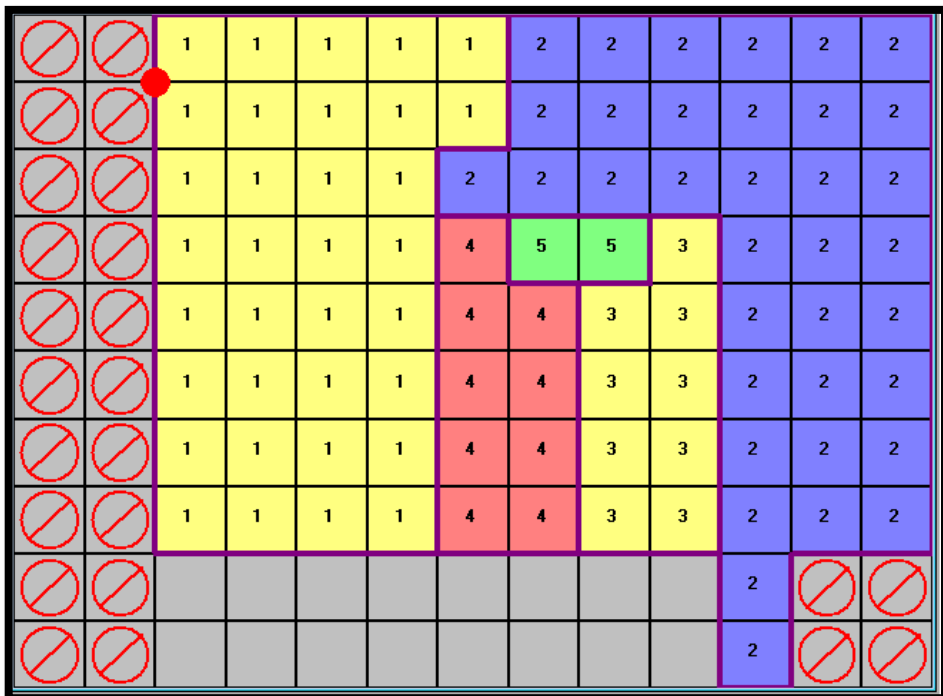


Figura 30. Piso 3 Mejora Layout

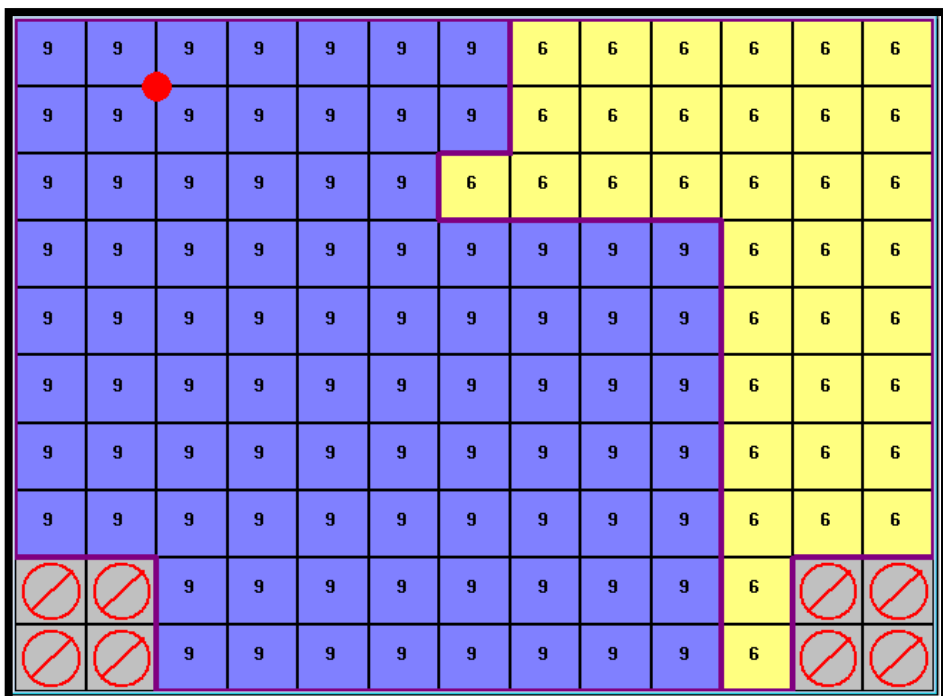


Figura 31. Piso 4 Mejora Layout

La mejora propuesta por el software presenta el mismo porcentaje de efectividad que la situación real. En cuanto los costos de la nueva distribución, si se puede ver una mejora del 9.16%.

En las imágenes se pueden ver como quedarían acomodados los departamentos según el software. Los pisos 1,2 y 4 no presentan cambios significativos ya que en estos pisos solo hay a lo sumo 2 departamentos. Donde sí hay un cambio grande de distribución es en el piso 3; si bien, la reacomodación de los departamentos no obtiene una mejora en la efectividad, la nueva distribución trae otro tipo de mejoras. Por ejemplo, los departamentos más grandes y de más importancia son acomodados a los costados de la planta; dejando en el medio, las operaciones posteriores a cada uno de estos departamentos grandes. Dejarlos en el medio de estos implica que el transporte sea más efectivo a estos departamentos. Es de esta manera que el costo de la distribución nueva mejora frente al costo de la distribución actual.

### **6.1.2 Planta de un solo piso**

En vista de que es más común encontrar industrias ubicadas en plantas de un solo piso, se tomó la decisión de correr un modelo simulando la misma área de la planta de 4 pisos pero en una gran planta de un solo piso rectangular. El análisis de los resultados arrojó que es la mejor propuesta en cuanto a eficiencia de la utilización del espacio de la planta. Esta eficiencia se traduce en departamentos más adyacentes y a su vez menos distancias recorridas entre ellos. Los resultados se pueden ver en la siguiente tabla.

PLANTA DE UN SOLO PISO	
Indicadores	Basado en adyacencias (REL)
% de efectividad	79,75
Costo	4278.03
Mejoramamiento del % de efectividad (%)	45,44
Mejoramamiento del costo sobre la situación real (%)	39.44

Tabla 11. Resultados Planta de un piso y mejora respecto a la situación actual

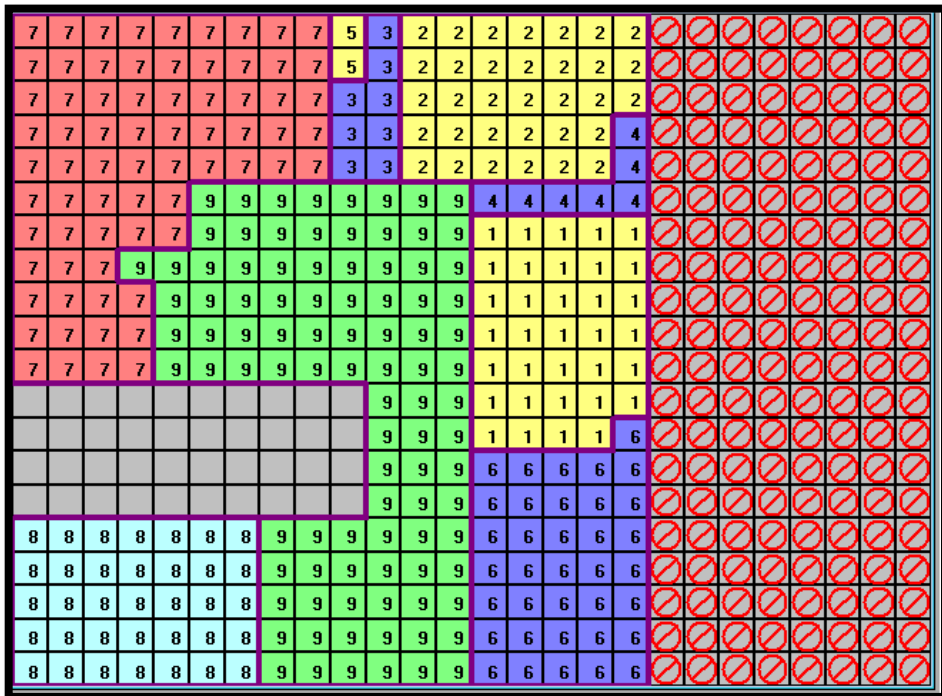


Figura 32. Propuesta Layout (Planta de un solo piso)

El mejoramiento de la efectividad y los costos son porcentajes muy alentadores. Como se puede ver en la imagen, el software organizo los departamentos según el flujo de los materiales en todo el proceso de confección; es decir, primero ubico la bodega de materia prima, seguidamente corte, sesgado, módulos de confección, calidad, empaque, bodega producto terminado 1 y por último la bodega # 2. Esta es la secuencia en la que se mueven los materiales y las camisetas a lo largo de todo el proceso de confección.

### 6.1.3 Intercambio pisos y departamentos

Analizando las propuestas anteriores los autores se dieron cuenta que el porcentaje de efectividad actual no era tan bueno ya que las relaciones de mayor jerarquía que hay entre los departamentos no se están cumpliendo. La mayor de estas, es la necesidad de tener el departamento de Materia prima contiguo al departamento de corte; esto, debido a que en corte es donde se procesa toda la materia prima que llega a la compañía. Por esta razón se decidieron mover unos departamentos entre el piso tres y cuatro. En el piso cuatro, donde se encontraba la bodega de producto terminado dos y la bodega de materia prima, solo se conservó la bodega de materia prima. En el piso tres donde se encuentran los departamentos de corte, sesgado, módulos de confección, calidad y empaque solo se conservaron los dos departamentos últimamente mencionados. De esta manera la nueva distribución en los pisos tres y cuatro queda de la siguiente forma:

NUEVA DISTRIBUCIÓN	
Piso	Departamento
4	Bodega Materia prima
4	Corte
4	Sesgado
4	Módulos de Confección
3	Bodega Producto terminado 2
3	Calidad
3	Empaque

Tabla 12. Distribución de departamentos propuesta intercambio entre pisos

Los resultados arrojados por el software fueron los siguientes:

INTERCAMBIANDO PISOS		
Indicadores	Basado en adyacencias (REL)	Basado en distancias
% de efectividad	74,53	78,4
Costo	4767,65	6600,35
Mejoramiento del % de efectividad (%)	35,92	0,03
Mejoramiento del costo sobre la situación real (%)	32,52	-16,62

Tabla 13. Resultado intercambio de pisos y comparación con la situación actual

Contrastando los resultados con la distribución actual, se pueden ver mejoras muy significativas en la distribución en cuanto a los resultados basados en adyacencias. Las mejoras son el reflejo de tener todos los departamentos con importancia de adyacencia alta, juntos.

Se presentan las imágenes de los pisos tres y cuatro que es donde se realizaron cambios:

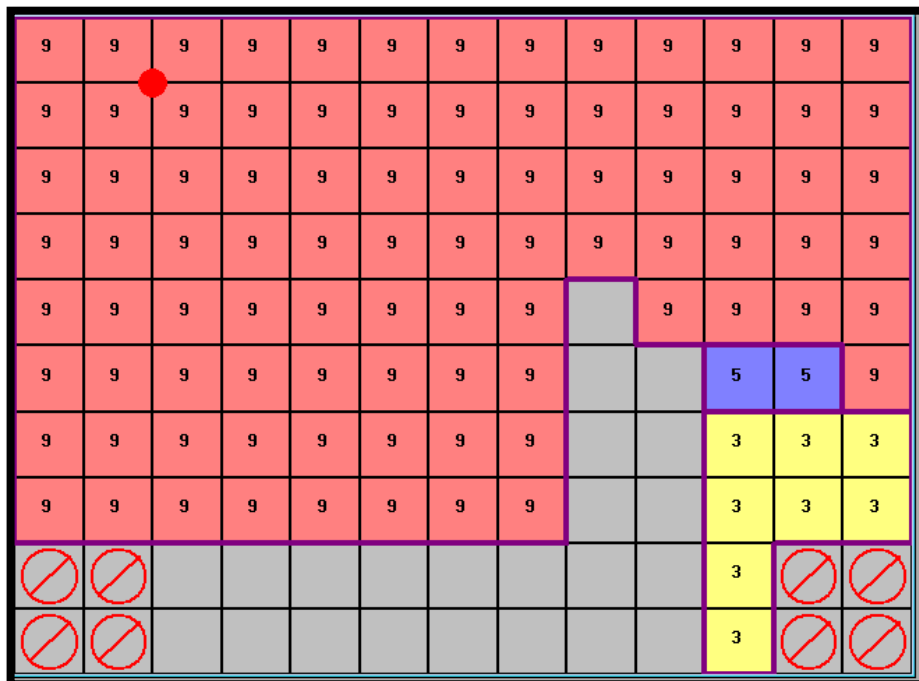


Figura 33. Piso 3 Propuesta Intercambio de Pisos (Layout)

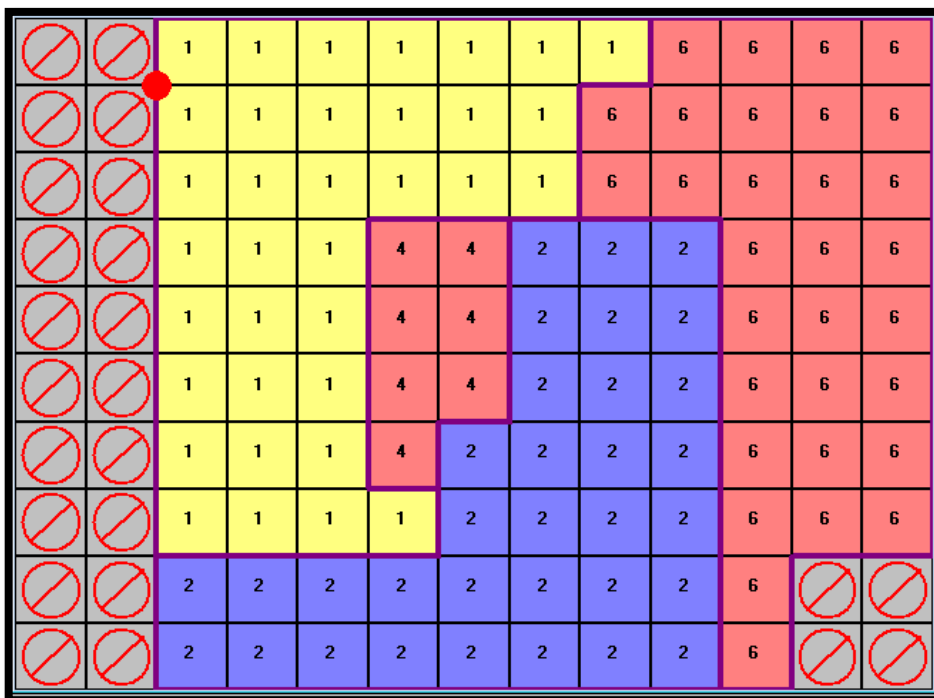


Figura 34. Piso 3 Propuesta Intercambio de Pisos (Layout)

Vale aclarar que para que la propuesta plateada fuera viable fue necesario disminuir el tamaño del departamento de materia prima en un 11%. De lo contrario este departamento no hubiera tenido cabida en el piso cuatro.

Revisando los datos de los resultados basados en distancias, se puede ver que el costo de la distribución sube ya que esta nueva propuesta si bien tiene departamentos más adyacentes, también genera más distancias que deben ser recorridas, y este aumento se traduce en un incremento del costo.

#### 6.1.4 Ducto entre pisos

El sistema de manejo de materiales de la organización es efectivo. Sin embargo, los autores consideran que dadas las características de manejar departamentos a lo largo de una planta de cuatro pisos, la organización debería aprovechar más la gravedad de los cuerpos en circulación. Actualmente cuando la camiseta es

empacada, es llevada a los pisos inferiores y superiores a su respectivo almacenaje.

Lo que se busca con esta propuesta es la implementación de unos ductos entre pisos, mediante los cuales las prendas se puedan transportar fácilmente a los pisos inferiores. Para hacer una analogía, se puede pensar en los vertederos de ropa sucia que hay en las lavanderías de los hoteles, o también, en los sistemas de recolección de basuras que hay en los conjuntos residenciales. A continuación se presenta una definición de sistema de conductos de ropa: *“La estructura y el principio del trabajo de los conductos de ropa es parecido al funcionamiento de los vertederos de basura. La única diferencia principal consiste en el diámetro grande de la columna. El conducto de ropa está destinado para la entrega de la ropa a la lavandería en los hoteles, balnearios, hospitales, centros preescolares infantiles con las plantas. El conducto de ropa está hecho de acero inoxidable de 1,5 mm de espesor de hoja. En la parte inferior del conducto de ropa se encuentra el receptor de ropa.”* (Design).

La propuesta se considera viable, ya que al tener un conjunto de ductos por donde las camisetas se muevan, ya no será necesaria el movimiento de trabajadores entre pisos; de esta manera se incurriría en ahorros en el sistema de manejo de materiales ya que la camiseta está siendo menos manipulada. Para evaluar dicha propuesta en los modelos simulados en el software de distribución, se disminuirán las frecuencias entre los departamentos pertinentes para ver cuál es el alcance. Los autores consideran que la disminución de frecuencias es de un 25 %, pues con el nuevo sistema aún se requiere una logística de manejo de materiales. La disminución de frecuencias se evaluara en el modelo de la planta actual y en el modelo de la propuesta **Intercambio pisos y departamentos**. En el modelo de la planta actual la propuesta solo serviría para mover los materiales del piso 3 al 2, pero en el modelo propuesto en el apartado **6.1.3** se podría utilizar para mover

camisetas del piso cuatro al tres y del tres al dos, utilizando la gravedad para mover el producto terminado. A continuación se presentan los análisis.

DUCTOS PLANTA ACTUAL	
Indicadores	Basado en distancias
Costo	5077,57
Mejoramiento del costo sobre la situación real (%)	10,56

Tabla 14. Resultados Implementación de ductos en planta actual

DUCTOS INTERCAMBIANDO PISOS Y DEPARTAMENTOS	
Indicadores	Basado en distancias
Costo	5530,69
Mejoramiento del costo sobre la situación real (%)	0,025

Tabla 15. Resultados implementación de ductos luego de intercambiar departamentos.

Implementando el sistema de ductos propuestos, y por consiguiente disminuyendo un 25% las frecuencias se obtiene un 10 % de mejoramiento del costo sobre el mismo indicador en la planta actual. Por otra parte probando el sistema de ductos en la propuesta de intercambio de pisos y departamentos, esta no es muy atractiva ya que esta distribución sin el sistema de ductos presenta un costo más elevado que el de la planta actual. Sin embargo, se puede ver un mejoramiento de aproximadamente del 2% sobre la planta.

## 6.2 PROPUESTAS PARA PROCESOS MICRO

### 6.2.1 Tamaño de lote de transferencia fijo

En vista de que la organización no tiene un tamaño de lote de transferencia específico y los empleados de las máquinas son los encargados de determinar qué cantidad de material acumular y pasar a la siguiente operación, se decidió simular el proceso utilizando una macro en Promodel que experimente que



pasaría con la producción y los diferentes indicadores del modelo, si los lotes fueron fijos. La evaluación se hizo por medio de la herramienta SimRunner que es un complemento de Promodel que facilita la experimentación y comparación de diferentes escenarios. Se probaron tamaños de lotes fijos desde 1 hasta 25. A continuación se presentan los resultados gráficos:

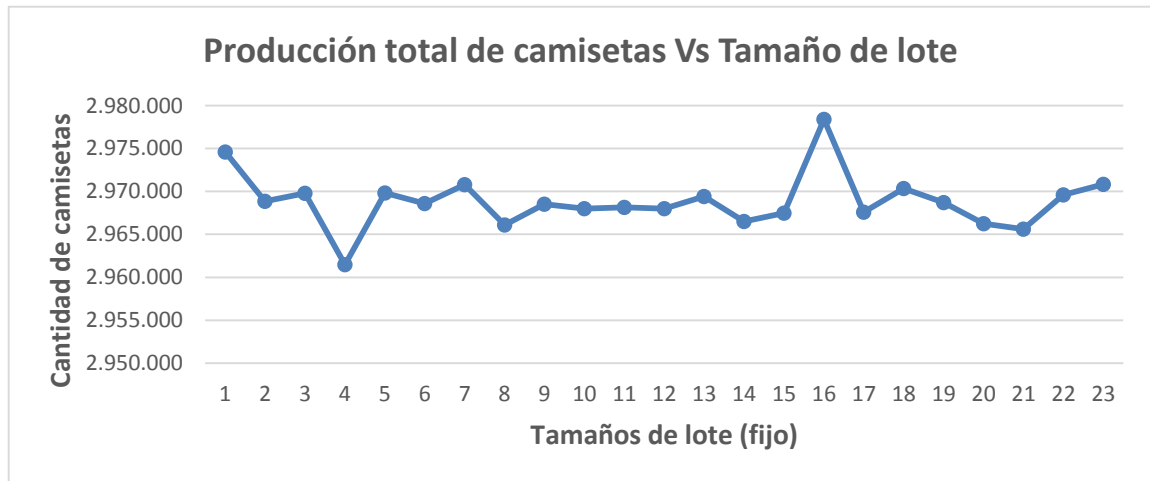
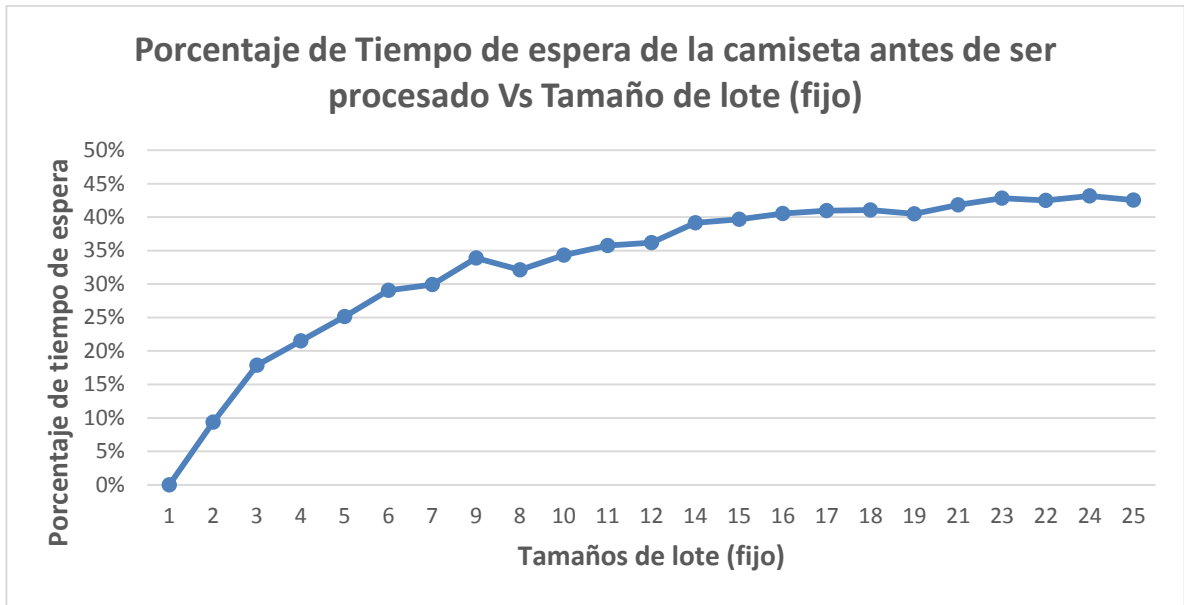


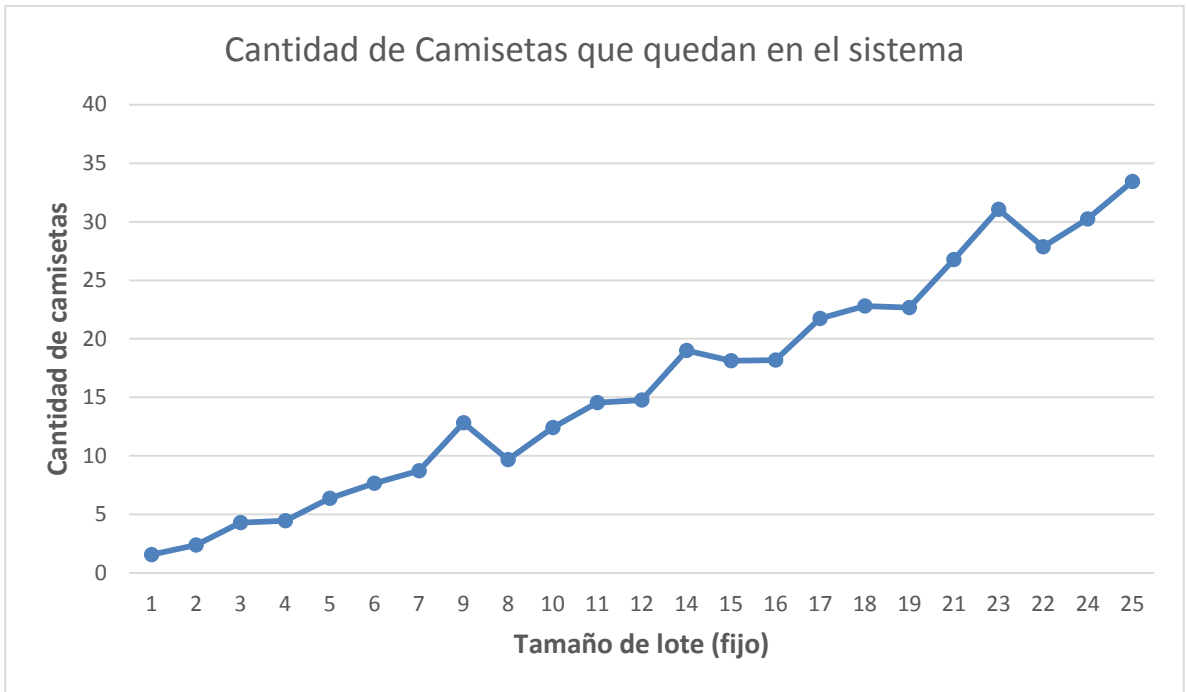
Figura 35 Producción total de camisetas Vs Tamaño de lote

Como se puede observar en la gráfica anterior manejando tamaños de lote fijos la producción aumenta frente al manejo de tamaños de lotes variables, cuyos resultados fueron expuestos en el capítulo 5.5.3. Aunque no se presenta ninguna tendencia en el aumento de la cantidad de camisetas producidas, su promedio es mayor en un 24% aproximadamente, frente a la situación actual. Sin importar cuál sea el tamaño de lote fijo establecido, este va a generar una mayor producción contrastándolo con la situación presente de lotes variables y no establecidos.

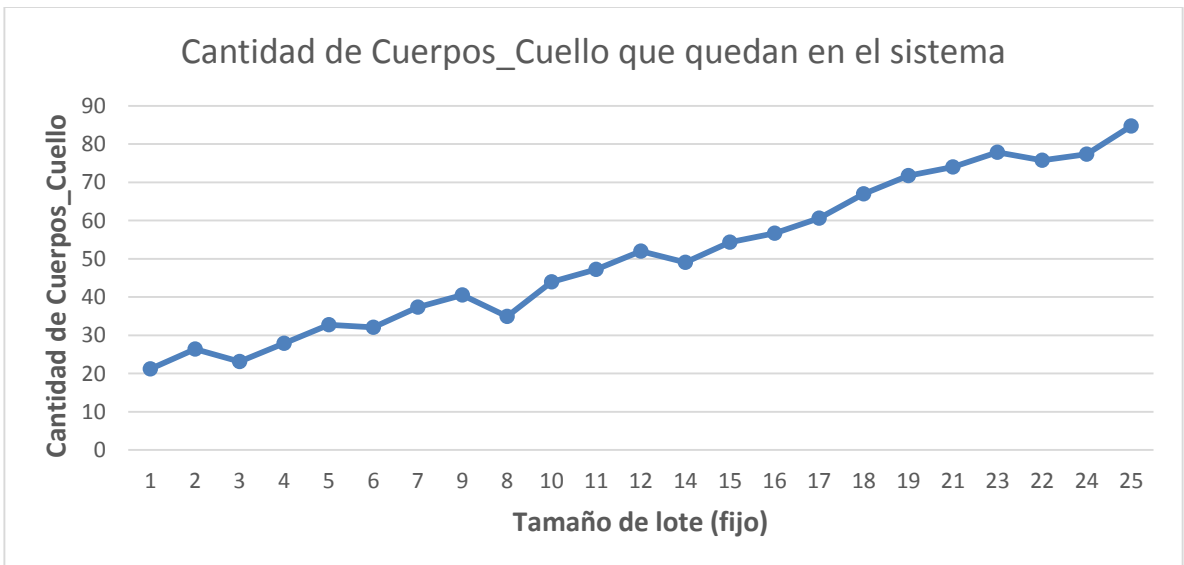


**Figura 36** Porcentaje de tiempo de espera de la camiseta antes de ser procesada Vs tamaño de lote (fijo)

En la figura 36 se puede observar como a medida que se aumenta el tamaño de lote, el tiempo que la unidad pasa en el sistema esperando aumenta logarítmicamente. Es evidente que con tamaño de lote mayor se tenga que esperar más tiempo mientras se procesan las unidades que se encuentran adelante; situación que no se presenta con lotes de tamaños inferiores.



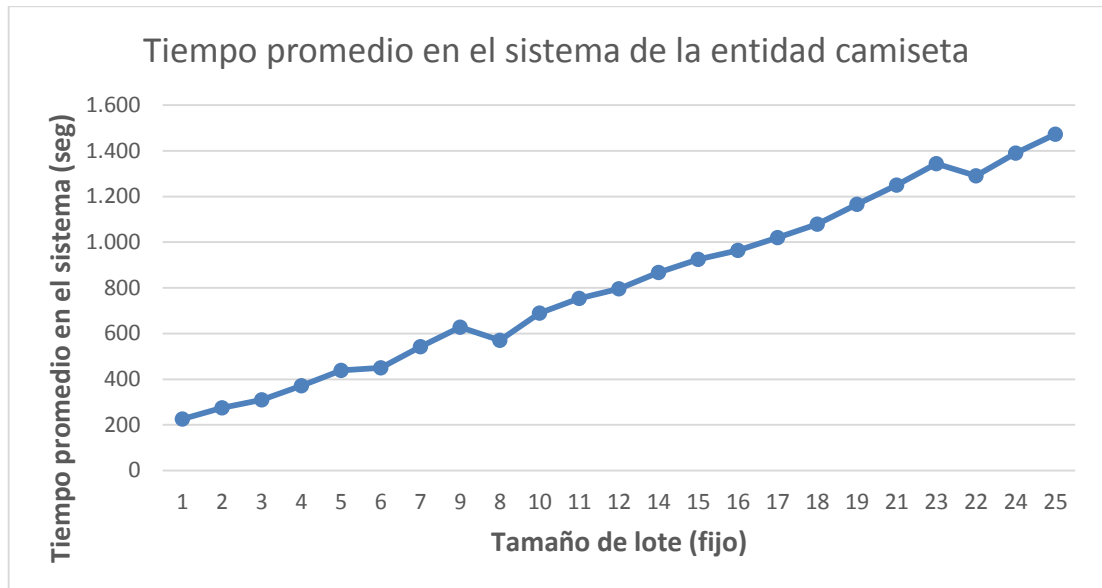
**Figura 37 Cantidad de camisetas que quedan en el sistema**



**Figura 38 Cantidad de Cuerpo\_Cuellos que quedan en el sistema**

Como se puede observar, tanto en la figura 37 como en la 38, la cantidad de camisetas y de cuerpos aumenta en la medida que se incrementa el tamaño de lote. Al comparar ambas graficas se puede observar que quedan en el sistema más cuerpo\_cuellos que camisetas; esto se da, debido a que la camiseta es la

entidad que se forma al final de proceso y se conforma por medio de menos estaciones de trabajo. Por otra parte, el cuerpo\_cuello quien está al inicio del proceso, requiere de más pasos para su procesamiento y por ende se quedara una cantidad mayor de cuerpos en el sistema.



**Figura 39 Tiempo promedio en el sistema de la entidad camiseta**

Finalmente, la figura 39 muestra una tendencia creciente del tiempo promedio en el sistema de la entidad camiseta, en la medida que se aumenta el tamaño de lote. En los anexos No. 1 y 2 se podrán ver la demás graficas de los tiempos promedio en el sistema de las otras entidades.

Por otra parte, se analizó el tiempo de ciclo total y la producción total del sistema y se contrastó contra la situación actual; a continuación se presentan los resultados:

<b>EVALUACIÓN TAMAÑO DE LOTE FIJO</b>		
	<b>Situación Actual</b>	<b>Tamaño de Lote fijo</b>
Tiempo de Ciclo (Min)	336,38	204
Producción Total	2404	2967

**Tabla 16. Comparación situación actual con propuesta de tamaño de lote fijo**

$$\% \text{ Reducción Tiempo de Ciclo} = \frac{336,38 - 204}{336,38} * 100 = 39,35 \%$$

$$\% \text{ Aumento Producción de Camisetas} = \frac{2404 - 2967}{2404} * 100 = 23,42\%$$

La propuesta de tamaño de transferencia fijo presenta unos indicadores positivos ya que como se pudo ver, sea cual sea el tamaño de lote establecido la producción mejora notablemente. Por otra parte, los indicadores como tiempo promedio en el sistema, porcentaje de tiempo promedio en espera y cantidad de entidades que quedan en el sistema mejoran en la medida que el lote de transferencia disminuye. Además, la reducción porcentual del tiempo de ciclo y el aumento de la producción son de 39,35% y 23,42% respectivamente.

### **6.2.2 Tamaño de lote de transferencia uno**

En vista de los alentadores resultados de la propuesta con lotes fijos, los autores decidieron simular el proceso de confección con lote de transferencia uno. Esto, con el fin de contrastar los resultados e indicadores con la situación actual del proceso.

Los resultados de la simulación con este tamaño de lote muestran que con una confianza del 95%, la producción durante cada turno está entre 2964,92 y 2984,28. Por otra parte, el tiempo promedio en el sistema de cada camiseta baja llega a un valor dentro del intervalo de 3,31 – 4,23 minutos. Esto se debe a que la entidad no debe esperar en cola mientras se procesan las entidades anteriores puesto que el tamaño de transferencia es 1. A continuación se presenta la gráfica donde se pueden ver los porcentajes de tiempos promedios en operación, espera y bloqueos. A diferencia de los lotes variables, el porcentaje de tiempo de operación de la camiseta aumenta considerablemente, pero, hay una mayor fracción de tiempo que la entidad se encuentra bloqueada. A manera de ejemplo, para que la camiseta sea formada es necesaria las mangas y el cuerpo\_cuello; en

la medida que se quiere formar una camiseta y no hay mangas se genera el bloqueo.

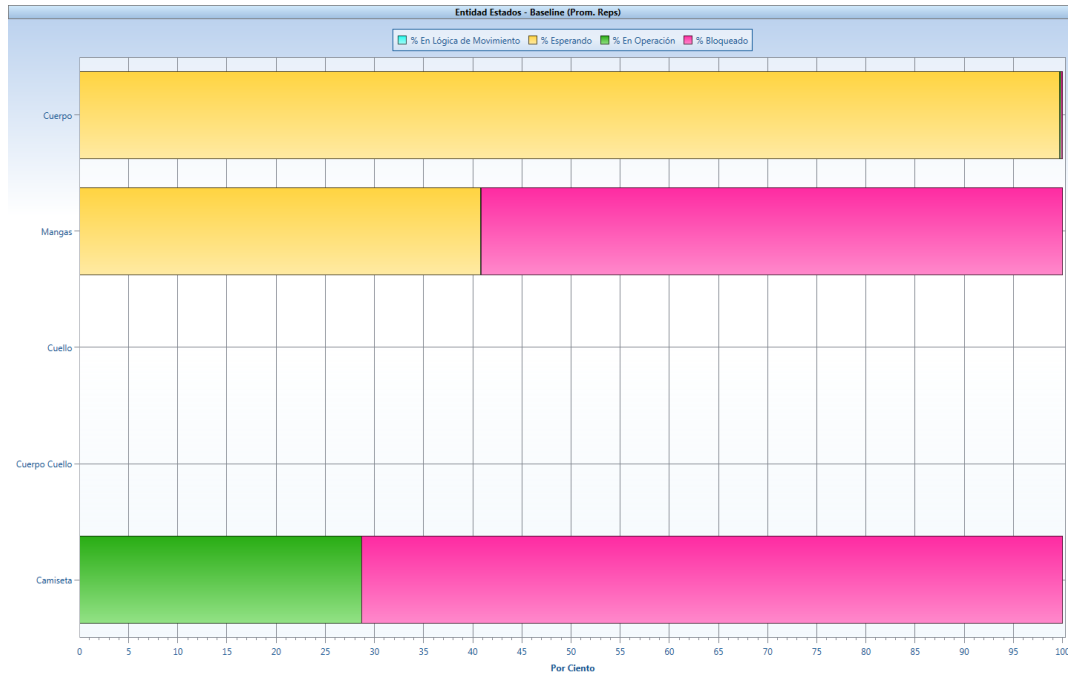


Figura 40. Porcentajes de tiempos, Tamaño de lote 1

En las tablas 17, se pueden ver los porcentajes de utilización y cantidad de entidades que quedan en el sistema; los cuales son muy similares en aquellas estaciones que, como se dijo anteriormente tienen producto a la mano para ser procesado constantemente.

ESTACIÓN	% DE UTILIZACIÓN
Unir Hombros	100%
Espera Unir Hombros	100%
Pegar Cuello	92%
Randa	80%
Encintar	98%
Dobladillo de Manga	100%
Cierre de Manga	100%
Pegar Mangas	79%
Dobladillo de Bajos	44%

Tabla 17a. Resumen porcentajes de utilización, lote 1

<b>CONTENIDO PROMEDIO ESTACIONES</b>		
<b>Proceso</b>	<b>Nombre</b>	<b>Contenido Promedio</b>
<b>Unión de hombros</b>	Espera Unir Hombros	1,00
	Unir Hombros	1,00
	Salida Unir Hombros	0,00
<b>Preparar cuello</b>	Espera Preparar Cuello	1,00
	Preparar Cuello	1,00
	Salida Preparar Cuello	0,00
<b>Pegar cuello</b>	Espera Pegar Cuello Cuerpos	758,94
	Espera Pegar Cuello Cuellos	1,34
	Pegar Cuello	0,91
	Salida Pegar Cuello	0,00
<b>Randa</b>	Espera Randa	0,13
	Randa	0,80
	Salida Randa	0,00
<b>Encintar</b>	Espera Encintar	0,73
	Encintar	0,91
	Salida Encintar	0,00
<b>Dobladillo de manga</b>	Espera Dobladillo de Manga	1,00
	Dobladillo de Manga	1,00
	Salida Dobladillo de Manga	0,00
<b>Cerrar manga</b>	Espera Cierre de Manga	3232,73
	Cierre de manga	1,00
	Salida Cierre de Manga	0,00
<b>Pegar mangas</b>	Espera Pegar Mangas Mangas	1101,54
	Espera Pegar Mangas CuerpoC	0,04
	Pegar Mangas	1,59
	Salida Pegar Mangas	0,00
<b>Dobladillo de bajos</b>	Espera Dobladillo de Bajos	0,62
	Dobladillo de bajos	0,87
	Salida Dobladillo de Bajos	0,00

Tabla 17b. Resumen porcentajes de utilización, lote 1

EVALUACIÓN TAMAÑO DE LOTE 1		
	Situación Actual	Tamaño de Lote 1
Tiempo de Ciclo	336,38	179,05
Producción Total	2404	2981

Tabla 18. Comparación situación actual- Tamaño de lote 1

$$\% \text{ Reducción Tiempo de Ciclo} = \frac{336,38 - 179,05}{336,38} * 100 = 46,77 \%$$

$$\% \text{ Aumento Tiempo Promedio Sistema Camiseta} = \frac{2404 - 2981}{2404} * 100 = 24\%$$

En conclusión, en esta propuesta se logra ratificar que con un lote de producción fijo con tamaño igual a uno, los porcentajes de los tiempos en que se agrega valor al producto son los mejores entre todos los tamaños de lote fijos presentados en la propuesta anterior. Igualmente, se logra ver que la reducción del tiempo de ciclo y el aumento de la producción total de camisetas fue de 46,77% y 24% respectivamente.

### 6.2.3 Agregarle una Encintadora al proceso, con tamaño de lote uno

Como se ha podido evidenciar a lo largo del proyecto, la operación de encintado tiene un porcentaje de utilización bastante alto, superando el 95%; por lo tanto, se ha llegado a pensar que dicha operación es el cuello de botella del sistema. En esta propuesta, se busca aumentar la capacidad del proceso de encintado para ver qué beneficios trae esto al proceso.

Después de correr la simulación, aumentando la capacidad de la encintadora a dos, se llegó a los siguientes resultados:

La producción total de camisetas, con esta nueva propuesta está entre 2966,10 y 2982,7. Estos valores son prácticamente los mismos que en la propuesta anterior,



indicando que no hay un aumento en la productividad. Además, al analizar el porcentaje de utilización de esta máquina, mostrado en la figura 41, se evidencia que el porcentaje del tiempo que se están utilizando las dos encintadoras es muy bajo. Para poder entender mejor esta figura hay que tener en cuenta que la franja azul oscura representa el porcentaje del tiempo que la locación permanece sin producto, la franja azul clara representa el porcentaje del tiempo que la estación tiene solo una parte ocupada, es decir, en el caso de la encintadora que solo se está utilizando una de ellas. Finalmente, la franja amarilla representa el porcentaje del tiempo que la estación está totalmente llena, franja que para el caso de la encintadora es bastante pequeña y representa tan solo el 9,7% del total. El resumen de los porcentajes de utilización para la encintadora puede verse en la tabla No. 19.

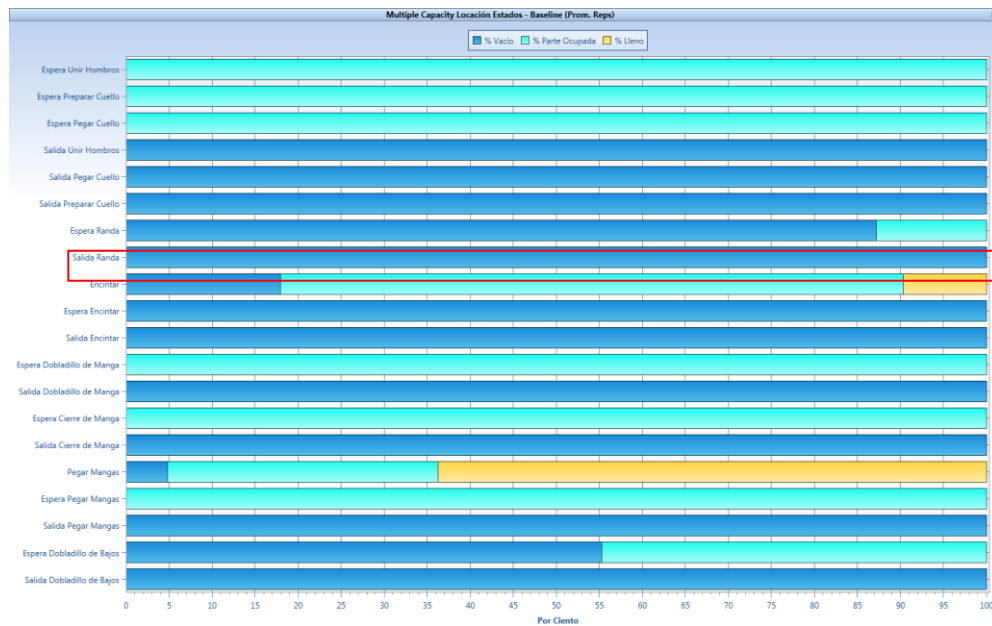


Figura 41. Porcentaje de utilización para las locaciones con capacidad múltiple.

UTILIZACIÓN ENCINTAR	
% Vacío	18%
% Parte Ocupada	72,3%
% Llento	9,7%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

Tabla 19. Resumen porcentajes de tiempos de utilización estación de encintado

EVALUACIÓN PROPUESTA DOS ENCITANDORAS		
	Situación Actual	Tamaño de Lote 1
Tiempo de Ciclo	336,38	178,11
Producción Total	2404	2982

Tabla 20. Comparación situación actual- Tamaño de lote 1

$$\% \text{ Reducción Tiempo de Ciclo} = \frac{336,38 - 178,11}{336,38} * 100 = 47,06 \%$$

$$\% \text{ Aumento Tiempo Promedio Sistema Camiseta} = \frac{2404 - 2982}{2404} * 100 = 24\%$$

Como se puede evidenciar en lo explicado anteriormente, el aumento de la capacidad del proceso de encintado no se justifica ya que a pesar de que los tiempos promedios en el sistema se reducen significativamente respecto a la situación actual, esto no trae ningún beneficio para la producción total de la línea de ensamble y aparte de eso se incurre en el costo de adquirir una nueva máquina. El único beneficio que trae esta propuesta al sistema es la reducción del porcentaje de utilización de esta estación. Es preferible la política de lote de transferencia igual a uno, el cual tiene un porcentaje de reducción del tiempo de ciclo y de aumento de la producción muy similar al de esta propuesta.

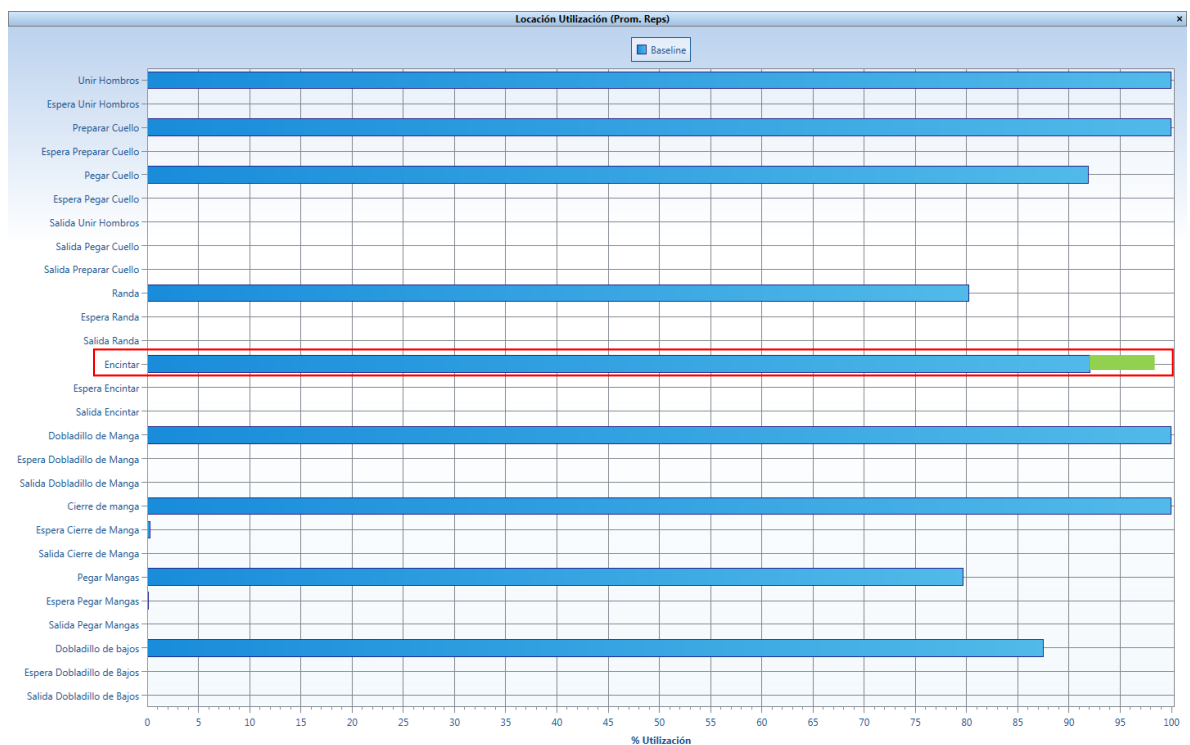
#### 6.2.4 Simulación disminuyendo en un 50 % la variabilidad en la estación de encintado

En vista de que los autores identificaron un alto porcentaje de variabilidad del proceso en la estación de encintado, se propone disminuir su coeficiente de variación en un 50% para simular una mayor uniformidad en el proceso. Vale aclarar que la reducción se hace con fines teóricos para ver que tan viable sería su implementación. De ser favorable para la línea, se propondría a la organización

capacitar a los operarios que realizan esta operación con el fin de disminuir la variabilidad dentro de este proceso. Otra propuesta sería la automatización de este proceso.

ESTACIÓN	% DE UTILIZACIÓN
Unir Hombros	100%
Espera Unir Hombros	100%
Pegar Cuello	92%
Randa	80%
Encintar	92%
Dobladillo de Manga	100%
Cierre de Manga	100%
Pegar Mangas	79%
Dobladillo de Bajos	87%

**Tabla 21. Porcentajes de utilización de las estaciones propuesta disminución variabilidad encintado**



**Figura 42 Utilización de las estaciones del trabajo disminuyendo la variabilidad en un 50 % en la estación de encintado.**

En la figura anterior se puede observar como la propuesta genera una disminución en el porcentaje de utilización. El rectángulo con contorno rojo representa el

porcentaje de utilización con la variabilidad real del proceso. El rectángulo azul es el porcentaje de utilización, resultado de esta propuesta. El rectángulo verde muestra la proporción en que se disminuye la utilización gracias a la reducción del coeficiente de variación.

El porcentaje disminuye aproximadamente un 6%. Como consecuencia de la disminución, en la medida que todos los porcentajes de utilización sean más parecidos, el sistema tendrá más uniformidad y existirá más holgura para responder ante posibles eventualidades.

<b>EVALUACIÓN REDUCCIÓN VARIACIÓN ENCINTADO</b>		
	<b>Situación Actual</b>	<b>Reducción del 50% de variación encintado</b>
Tiempo de Ciclo	336,38	179,11
Producción Total	2404	2979

**Tabla 22. Comparación situación actual- reducción variación encintado a la mitad**

$$\% \text{ Reducción Tiempo de Ciclo} = \frac{336,38 - 179,11}{336,38} * 100 = 46,75 \%$$

$$\% \text{ Aumento Tiempo Promedio Sistema Camiseta} = \frac{2404 - 2979}{2404} * 100 = 23,91\%$$

Del análisis anterior, se puede ver que la reducción del tiempo de ciclo y el aumento de la producción total son de un 46,75% y 23,91% respectivamente.

### **6.2.5 Agregar una máquina en la estación preparar cuello**

Luego de analizar el contenido promedio de cada una de las estaciones en la propuesta de tamaño de lote uno, se evidenció que uno de los cuellos de botella era la estación de preparar cuello, es por tal razón que se tomó la decisión de simular un nuevo escenario agregando una nueva estación de estas. Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

EVALUACIÓN PROPUESTA DOS MÁQUINAS EN PREPARAR CUELLO		
	Situación Actual	Tamaño de Lote 1
Tiempo de Ciclo	336,38	326,40
Producción Total	2404	3245

$$\% \text{ Reducción Tiempo de Ciclo} = \frac{336,38 - 326,40}{336,38} * 100 = 2,97\%$$

$$\% \text{ Aumento Tiempo Promedio Sistema Camiseta} = \frac{2404 - 3245}{2404} * 100 = 34,98\%$$

En la tabla anterior se puede ver que la reducción del tiempo promedio de ciclo es demasiado baja, tan solo un 2,97%, lo que indica que los inventarios se seguirán acumulando en grandes cantidades. Sin embargo, se logra ver un aumento bastante significativo en la producción total, de un 34,98%. Esto indica que se podrían producir aproximadamente 800 camisetas más que en la situación actual. Igualmente, es importante analizar el contenido promedio de entidades a lo largo de las estaciones, cuyo resumen se presenta a continuación:

CONTENIDO PROMEDIO ESTACIONES (Preparar cuello=2)		
Proceso	Nombre	Contenido Promedio
<b>Unión de hombros</b>	Espera Unir Hombros	1,00
	Unir Hombros	1,00
	Salida Unir Hombros	0,00
<b>Preparar cuello</b>	Espera Preparar Cuello	1,00
	Preparar Cuello	2,00
	Salida Preparar Cuello	0,00
<b>Pegar cuello</b>	Espera Pegar Cuello Cuerpos	546,71124
	Espera Pegar Cuello Cuellos	2024,05
	Pegar Cuello	1,00
	Salida Pegar Cuello	0,00
<b>Randa</b>	Espera Randa	0,25
	Randa	0,87
	Salida Randa	0,00
<b>Encintar</b>	Espera Encintar	10,76
	Encintar	0,99

	Salida Encintar	0,00
<b>Dobladillo de manga</b>	Espera Dobladillo de Manga	1,00
	Dobladillo de Manga	1,00
	Salida Dobladillo de Manga	0,00
<b>Cerrar manga</b>	Espera Cierre de Manga	3226,16
	Cierre de manga	1,00
	Salida Cierre de Manga	0,00
<b>Pegar mangas</b>	Espera Pegar Mangas Mangas	703,70
	Espera Pegar Mangas	
	CuerpoC	0,08
	Pegar Mangas	1,73
	Salida Pegar Mangas	0,00
<b>Dobladillo de bajos</b>	Espera Dobladillo de Bajos	1,52
	Dobladillo de bajos	0,95
	Salida Dobladillo de Bajos	0,00

Para concluir, a pesar de que los resultados en cuanto a cantidad producida son bastante alentadores, esto implicaría la inversión en una nueva máquina y la contratación de una persona para el manejo de esta.

### 6.3 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN PROPUESTAS MICRO

A continuación se presenta el cuadro comparativo de las propuestas analizadas anteriormente, con el fin de seleccionar la o las propuestas que los autores consideran que tendrán un impacto positivo de acuerdo con los resultados obtenidos en el punto anterior.

<b>EVALUACIÓN PROPUESTAS MICRO</b>			
<b>#</b>	<b>Propuesta</b>	<b>Mejora Porcentual Tiempo de Ciclo</b>	<b>Mejora Porcentual Producción Total</b>
1.	Tamaño de Lote Fijo	39,35%	23,42%
2.	Tamaño de Lote 1	46,77%	24%
3.	Agregar una encintadora (Lote 1)	47,06%	24%
4.	Disminuir variabilidad encintado (Lote 1)	46,75%	23,91%
5	Agregar una máquina en preparar cuello	2,97%	34,98%

Tabla 23. Resumen Propuestas Módulos de Confección

Evaluando las propuestas, la que arroja mejores resultados en cuanto a producción es la número cinco, sin embargo, para poder implementarla es necesario incurrir en el costo de inversión en una nueva máquina en esta estación y un operario adicional para operarla. Al comparar estos porcentajes se puede ver que los indicadores para las propuestas 2 y 3 son muy similares con una diferencia insignificante. Por esta razón, se considera la propuesta número dos como la más viable ya que sin que se necesite una inversión extra, se logran buenos resultados cambiando la política de lote de transferencia.

Para poder justificar dicha propuesta, se deben analizar los fundamentos de justo a tiempo (JIT), una filosofía de producción orientada a la demanda cuyos pilares principales son *“atacar los problemas fundamentales, eliminar despilfarros, en busca de la simplicidad y diseñar sistemas para identificar problemas”* (Universidad de Barcelona, 2002). Generalmente, las empresas tienden a aumentar sus existencias con el fin de tapar problemas, en vez de buscar la manera de resolverlos. Lo que busca la filosofía del JIT es descubrir y resolver dichos problemas y no camuflarlos con ayuda del inventario. Además, al reducir los niveles de stock, se disminuye la inversión de capital, el tiempo de ciclo y aumenta el servicio al cliente ya que los pedidos salen más rápidamente. Esta filosofía también hace uso de los sistemas de arrastre (kanban) para evidenciar los problemas que se estén presentando en el proceso.

La propuesta sería empezar a utilizar la filosofía justo a tiempo, con la cual se fabricaría justo lo necesario con un tamaño de lote transferencia igual a uno. Con esto, se lograrían grandes ahorros, la cantidad de camisetas en proceso reducirían considerablemente, los costos de mantenimiento de inventario y la inversión de capital también lo harían. Sin embargo, implementar esta propuesta podría ser un poco complejo en un principio ya que actualmente el personal de los módulos está acostumbrado a contar con inventario en proceso acumulado, principalmente en

las estaciones de unión de hombros, preparación de cuello y dobladillo de mangas donde todo el material llega desde el área de corte.

## 6.4 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN PROPUESTAS MACRO

Para la evaluación de las propuestas se optó por hacer una tabla donde se consoliden los indicadores más relevantes y de esta manera poder analizar más fácilmente.

EVALUACIÓN PROPUESTAS MICRO				
#	Propuesta	Mejora Porcentual efectividad Basado en REL	Mejora Porcentual costo basado REL	Mejora Porcentual Basada en distancias
1.	Mejora de Layout Vt	0,00%	9,16%	0,00%
2.	Planta de un solo piso	45,44%	39,44%	23,35%
3.	Intercambio pisos y departamentos	36%	32,52%	-16,62%
4.	Ducto entre pisos	0,00%	0,00%	10,56%

Tabla 24. Resumen Propuestas Macro.

De las propuestas analizadas, la que presenta mayor impacto tanto en la disposición de la distribución de los departamentos, como en el costo del sistema de manejo de materiales es la Planta de un solo piso. Es la mejor propuesta ya que al tener un espacio donde ubicar todos los departamentos, se puede lograr una distribución con mayor número de adyacencias entre departamentos y menor distancia recorrida entre estos. Sin embargo, los costos de trasladar una planta vertical (de pisos) a una planta de un solo piso, son demasiado altos. Considerando que el objetivo general de este proyecto es mejorar la línea de ensamble de la compañía XYZ y que por medio del cambio de distribución se puede asegurar una llegada y una salida más eficiente de los materiales de la línea de ensamble, también hay que tener en cuenta que la propuesta sea de fácil



implementación y que sus costos no sean elevados; por esta razón la implementación de la planta de un solo piso se tendrá en cuenta a la hora de las conclusiones pero no se recomendará la ejecución bajo los objetivos de este proyecto.

El intercambio de pisos y departamentos tiene sus ventajas y sus desventajas. Por una parte la distribución de la planta es más atractiva al tener los departamentos con necesidad de estar continuos, juntos. Pero por otra parte al implementar esta propuesta los costos asociados al manejo de materiales aumentan en un 16 %. Por esta última razón se descarta la propuesta ya que el objetivo principal del proyecto no se alinea con los cambios generados por la propuesta. En otras palabras, generar un cambio para mejorar un aspecto, pero al mismo tiempo incurrir en un sobre costo no tiene sentido alguno si no es indispensable mejorar el aspecto principal.

Gracias a la evaluación realizada a cada propuesta, los autores consideran que la más pertinente para presentar a la empresa XYZ y la que más se alinea con los objetivos del proyecto, es la implementación de los ductos entre pisos anteriormente mencionados. Por medio de esta idea, la efectividad de la distribución permanece tal cual como esta hoy en día, pero el costo del manejo de materiales disminuye en un 10%. Como se aclaró en el Marco teórico de este proyecto de grado, un buen manejo de materiales contribuirá con: el movimiento de materiales a lo largo de la planta; elemento que contribuirán a asegurar los materiales en el lugar indicado y en el momento adecuado, antes de llegar a la línea de ensamble y después de que salgan de esta. Además, *“Un correcto diseño del proceso y la distribución de la planta serán relevantes en un proceso adecuado de planificación y control de la producción, que lleve a la utilización de menores volúmenes de inventarios y a la consiguiente reducción de espacios de almacenamiento”* (Universidad Nacional Autónoma de México, 2008)

## BIBLIOGRAFÍA

- Anónimo. (3 de Julio de 2007). *IEs*. Obtenido de Instituto de Estudios Superiores:  
<http://ies.informe.com/manejo-de-materiales-principios-y-produccion-mas-limpia-dt108.html>
- Barón, D. I. (2014). *Notas de clase Lean Manufacturing*. Cali, Colombia.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2014). *Cuentas Trimestrales - Colombia Producto Interno Bruto (PIB) Primer Trimestre de 2014*. Obtenido de [dane.gov.co](http://dane.gov.co)
- Design, T. (s.f.). *Group TSM*. Obtenido de <http://www.tsm.ua/es/sistemas-de-conductos-de-ropa-vertederos-de-basura.html>
- García Dunna, E., García Reyes, H., & Cárdenas Barrón, L. E. (2006). *Simulación y análisis de sistemas con Promodel*. México: PEARSON Educación.
- Julio, S. B. (n.d.). *MUESTREO DE TRABAJO*. From [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/indata/vol3\\_n1/pdf/a10.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/indata/vol3_n1/pdf/a10.pdf)
- Kay, M. G. (2012). *Material Handling Equipment*. North Carolina.
- Meller, R. D., & Qi, L. (2005). *LayoutVT Training Manual*. Blacksburg, VA: Virginia Tech.
- País, P. E. (17 de Octubre de 2014). *Confecciones lideran repunte industrial de Cali y el Valle*. *El País*, págs. B-Activos.
- Raaz, N. A. (2013). *Acceptable Quality Level (AQL) in Apparel Industry*. Narayanganj, Bangladesh: Opex sinha textile group.
- Tompkins, W. B. (2008). *Planeación de las instalaciones*.

Universidad de Barcelona. (2002). *Justo a Tiempo (JIT)*. Barcelona.

Universidad Nacional Autónoma de México. (2008). *La función de operaciones*. México D.F: Universidad Nacional Autónoma de México (Facultad de Contaduría y Administración).

Valencia, C. J. (2013). *Rediseño del sistema productivo utilizando técnicas de distribución de planta*. Trabajo de Grado-Magister en Ingeniería Industrial , Universidad Nacional de Colombia, Facultad, de Ingeniería y Arquitectura, Manizales.

## CONCLUSIONES

En las últimas décadas, la ingeniería industrial ha enfocado sus conocimientos en técnicas de mejoramiento continuo. Sin embargo, muchas veces los gerentes de pequeñas compañías como la organización XYZ, piensan que porque los procesos están funcionando debidamente y cumplen con demanda actual, estos no pueden mejorarse o no existe una forma diferente para hacerlos.

El objetivo del proyecto ha sido cumplido ya que se comprobó que estableciendo políticas de lote de transferencia fijo, preferiblemente uno, en la línea de ensamble de camisetas, se logra mejorar la capacidad de producción actual en un 24%. Por otra parte, se realizaron propuestas enfocadas en la distribución y manejo de materiales dentro de la planta, que contribuyen con la entrega oportuna de materiales y reducción de costos en aproximadamente un 10% de la situación actual.

Al evaluar la producción de los módulos de confección con un tamaño de lote de transferencia igual a uno, se logró evidenciar grandes beneficios, no solo en la producción total, sino también en la acumulación de inventario como se pudo evidenciar en las gráficas 37 y 38 del proyecto. Como se dijo anteriormente, la acumulación de inventario implica una alta inversión de capital que estaría retenido durante el tiempo que ese inventario se encuentre almacenado en la compañía. Al implementar una propuesta de lote de transferencia igual a uno, la respuesta de la línea de ensamble es mucho más rápida, permitiéndole a la empresa reducir inventarios en proceso y de producto terminado. Sin embargo, utilizando esta política de lote de transferencia uno se debería balancear la línea y sus flujos, para asegurar que el producto en proceso se desplace continuamente a lo largo de la línea.

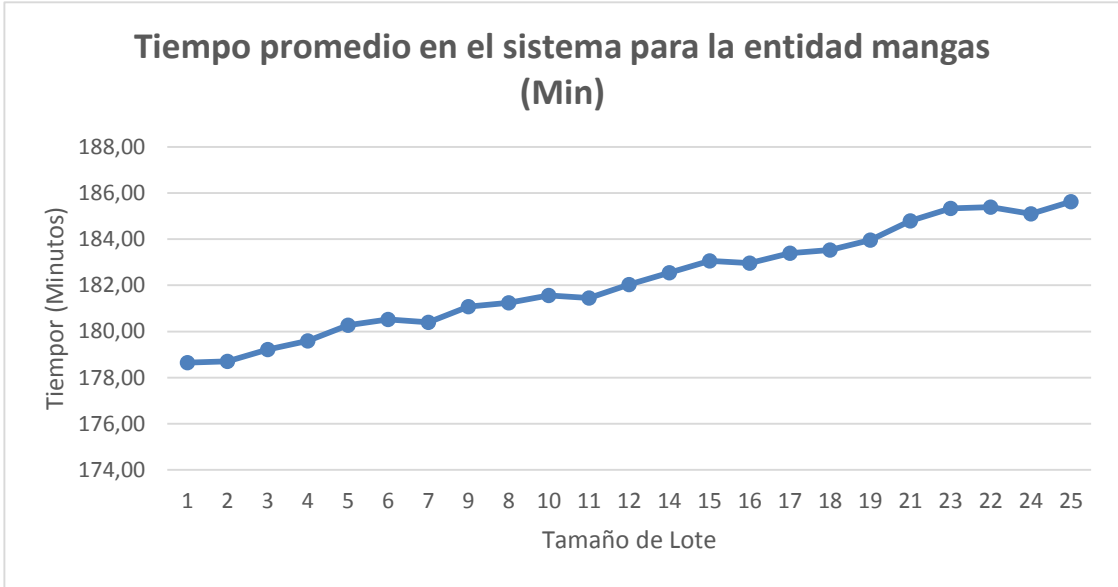
Gracias a que la distribución física de la organización consta de 4 pisos y esta difiere de las organizaciones convencionales que son planas, es un objeto de estudio bastante interesante ya que se puede ver de dos maneras: la distribución por cada piso y la distribución general de los 4 pisos. Es de suma importancia entender que la estructura de los pisos genera divisiones entre departamentos y que en algunos casos hay departamentos que no pueden estar continuos. Situación diferente cuando existe una planta de un solo piso, donde las limitaciones se pueden asociar a objetos y estructuras que se encuentren en el camino. Se pudo evaluar la que sería eficiencia de la organización XYZ, si estuvieran ubicados en una planta de un solo piso y sus resultados muestran una mejora del 45% según las adyacencias y un 23% del costo.

## RECOMENDACIONES

- Cuando los procesos de la empresa están funcionando de manera adecuada y según las expectativas no quiere decir que no hayan oportunidades de mejora. Es necesario asesorarse de personas con el conocimiento adecuado, para evaluar posibles oportunidades de mejora.
- La propuesta de montar la planta actual en un solo piso, queda a disposición de los dueños de la organización en caso tal que en un futuro cercano sea necesario. También dicha propuesta queda documentada para proyectos posteriores donde se evalué la posibilidad de montar una planta con distribución vertical (de varios pisos) o de un solo piso.
- Para futuras investigaciones se sugiere la búsqueda y utilización de un software más reciente para la evaluación de la distribución de la planta actual.
- La implementación de las propuestas relacionadas con la línea de ensamble de camisetas son decisión de la compañía, sin embargo se considera importante que se tomen en cuenta aspectos relacionadas con el capital retenido, el tiempo de respuesta de la línea, manejo de inventarios, etc. los cuales podrían ser reducidos en gran medida si decidieran aplicar la propuesta.

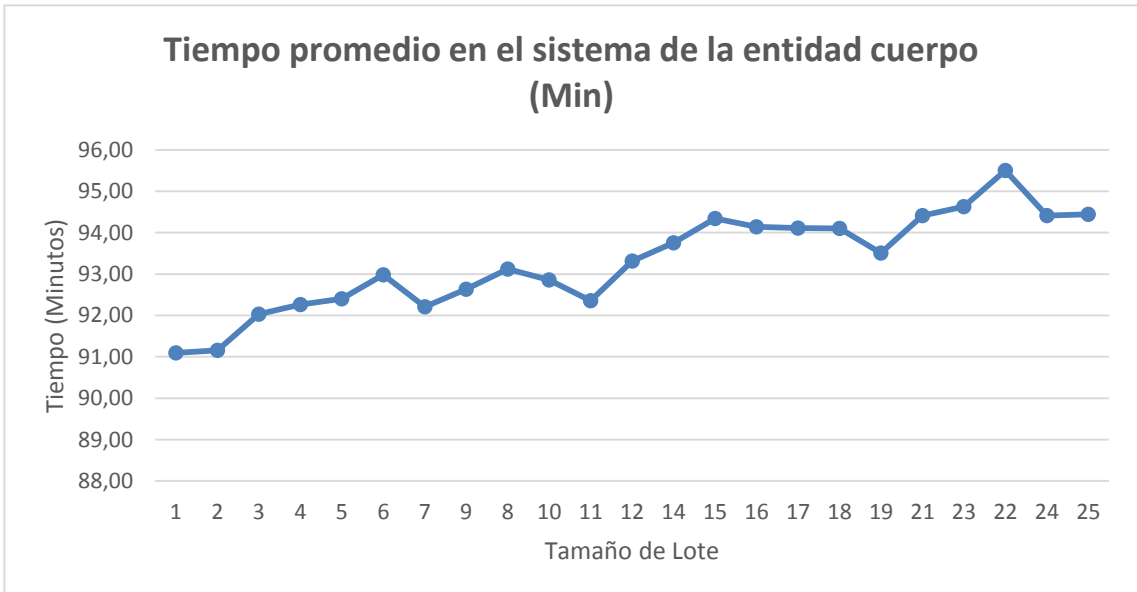
## ANEXOS

### ANEXO 1 GRÁFICA TIEMPO PROMEDIO DE LA ENTIDAD MANGA



Fuente: Los autores

### ANEXO 2 GRÁFICA TIEMPO PROMEDIO DE LA ENTIDAD CUERPO



Fuente: Los autores