

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	1 de 112

**DISEÑO DE UN METODO PARA LA OPTIMIZACION DEL PROCESO DE CONFECCION DE LA LINEA DE BRASIER EN LA EMPRESA SHER S.A EN LA CIUDAD DE BOGOTA D.C**

**autor**

**NESTOR FABIAN GUTIERREZ CARVAJAL**

**Director**

**RONALD CASTRO GARCIA**

**Ingeniero Industrial**

**INGENIERIA INDUSTRIAL  
PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
PAMPLONA, 11 15 de 2016**

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	<b>2 de 112</b>

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1)</b>	Información general de la tesis.....	7
<b>2)</b>	Resumen del proyecto .....	8
<b>3)</b>	Planteamiento del problema y justificación .....	9
<b>4)</b>	Objetivos .....	11
<b>5)</b>	Marco teorico y estado del arte.....	12
<b>6)</b>	Metodología.....	15
<b>7)</b>	Tareas y cronograma de actividades .....	17
<b>8)</b>	Resultados/productos esperados y potenciales beneficiarios .....	18
<b>9)</b>	Encuesta realizada para determinacion de la polivalencia del trabajador .....	19
<b>10)</b>	Diseño del metodo de balanceo de linea para la linea de brasier .....	21
<b>11)</b>	Suplementos por descansos y porcentajes de tiempos basicos según la oit para el area de confeccion. ....	22
<b>12)</b>	Recoleccion de tiempos mediante el metodo de cronometraje .....	24
<b>13)</b>	Diagnostico de los modulos .....	33
<b>14)</b>	Balanceo de linea modulo 1 referencia 7633 .....	34
<b>15)</b>	Balanceo de linea modulo 2 referencia. 7519 .....	44
<b>16)</b>	Balanceo de linea del modulo 3 referencia .7608 .....	50
<b>17)</b>	Balanceo de linea del modulo 4 referencia 7596 .....	57
<b>18)</b>	Balanceo de linea modulo 5 referencia 6140 .....	64
<b>19)</b>	Balanceo de linea del modulo 6 referencia 3025 .....	71
<b>20)</b>	Balanceo de linea del modulo 7 referencia 3028 .....	79
<b>21)</b>	Balanceo de linea del modulo 8 referencia 7622 .....	85
<b>22)</b>	Balanceo de linea para el modulo 9 referencia 7544 .....	93
<b>23)</b>	Balanceo de linea del modulo 10 referencia 7625 .....	100
<b>24)</b>	Evaluacion del metodo propuesto.....	108
<b>25)</b>	Conclusiones y recomendaciones.....	109
<b>26)</b>	Referencias bibliograficas .....	111

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	<b>3 de 112</b>

## LISTA DE TABLAS

- Tabla 1. Cronograma y descripción de Actividades.....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 2. Suplementos según la OIT .....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 3. Calculo de suplementos por tareas.....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 4. Formato para toma de tiempos por cronometro módulo 1 ref 7633.**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 5 formato para toma de tiempos por cronometro módulo 2 ref 7519. **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 6. Formato para toma de tiempos por cronometro módulo 3 ref 7608.**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 7 formato para toma de tiempos por cronometro módulo 4 ref 7596. **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 8. Formato para toma de tiempos por cronometro módulo 5 ref 6140.**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 9. Formato para toma de tiempos por cronometro módulo 6 ref 3025.**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 10. Formato para toma de tiempos por cronometro módulo 7 ref 3028... **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla11. Formato para toma de tiempos por cronometro módulo 8 ref 7622**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla12. Formato para toma de tiempos por cronometro módulo 9 ref 7544.... **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 13. Formato para toma de tiempos por cronometro módulo 10 ref 7625. **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla14. Precedencias y pesos ponderados módulo 1 ref 7633. ....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 15. Distribución actual de cargas de trabajo a operarios módulo 1 ref 7633.....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 16. Distribución balanceada de cargas de trabajo a operarios módulo 1 ref 7633 .....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 17. Maquinas disponibles módulo 1 .....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 18. Precedencias y pesos ponderados módulo 2 ref 7519. ....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 19. Distribución balanceada de cargas de trabajo a operarios módulo 2 ref 7519 .....**¡Error! Marcador no definido.**

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	4 de 112

- Tabla 20. Maquinas disponibles módulo 2. ....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 21. Precedencias y pesos ponderados módulo 3 ref 7608. ....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 22. Distribución balanceada de cargas de trabajo a operarios módulo 3 ref 7608. ....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 23. Maquinas disponibles módulo 3. ....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 24. Cuellos de botella que superan al TC ref 7596.....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 25 Eliminación cuellos de botella ref 7596 .....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 26. Precedencias y pesos ponderados módulo 4 ref 7596. ....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 27. Distribución balanceada de cargas de trabajo a operarios módulo 4 ref 7596. ....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 28. Maquinas disponibles módulo 4. ....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 29. Precedencias y pesos ponderados módulo 5 ref 6140. ....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 30. Distribución balanceada de cargas de trabajo a operarios módulo 5 ref 6140. ....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 31. Maquinas disponibles módulo 5. ....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 32. Cuellos de botella que superan al TC: .....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 33. Eliminación de cuellos de botella.....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 34. Precedencias y pesos ponderados módulo 6 ref 3025. ....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 35. Distribución balanceada de cargas de trabajo a operarios módulo 6 ref 3025. ....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 36. Maquinas disponibles módulo 6. ....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 37. Precedencias y pesos ponderados módulo 7 ref 3028. ....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 38. Distribución balanceada de cargas de trabajo a operarios módulo 7 ref 3028. ....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 39. Maquinas disponibles módulo 7 .....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 40. Precedencias y pesos ponderados módulo 8 ref 7622. ....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 41. Distribución balanceada de cargas de trabajo a operarios módulo 8 ref 7622 .....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 42. Maquinas disponibles módulo 8. ....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 43. Precedencias y pesos ponderados módulo 9 ref 7544. ....**¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 44. Distribución balanceada de cargas de trabajo a operarios módulo 9 ref 7544. ....**¡Error! Marcador no definido.**

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	<b>5 de 112</b>

Tabla 45. Maquinas disponibles módulo 9 .....**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 46. Cuellos de botella que superan al TC .....**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 47. Eliminación cuello de botella .....**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 48. Precedencias y pesos ponderados módulo 10 ref 7625. ..**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 49. Distribución balanceada de cargas de trabajo a operarios módulo 10 ref 7625. ....**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 50. Maquinas disponibles módulo 10 .....**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 51. Comparación de eficiencias modelo actual modelo propuesto. .... **¡Error! Marcador no definido.**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de problemas.....9

Figura 2..... 19

Figura 3..... 20

Figura 4 .Diagrama de precedencias ref 7633 modulo 1. .... 37

Figura 5 .Diagrama hombre- máquina módulo 1 ref 7633. Elaborado por el autor..... 41

Figura 6. Diagrama de recorrido actual módulo 1. Elaborado por el autor..... 42

Figura 7 .Diagrama de recorridos optimizado. Elaborado por el autor. .... 43

Figura 8 Diagrama de precedencias ref 7519 modulo2. Elaborado por el autor..... 45

Figura 9 Diagrama hombre-máquina ref 7519. Elaborado por el autor. .... 47

Figura 10. Diagrama de recorrido actual ref 7519. E laborado por el autor..... 48

Figura 11 Diagrama de recorrido optimizado ref 7519 modulo2. Elaborado por el autor..... 49

Figura 12. Diagrama de precedencias ref 7608 modulo 3. Elaborado por el autor..... 52



Figura 13. Diagrama hombre- máquina módulo 3 ref 7608. Elaborado por el autor..... 54

Figura 14. Diagrama de recorrido actual ref 7608. E laborado por el autor..... 55

Figura 15. Diagrama de recorrido optimizado ref 7608. E laborado por el autor ..... 56

Figura 16. Diagrama de precedencias ref 7596 modulo 4. Elaborado por el autor..... 59

Figura 17. Diagrama hombre- máquina módulo 4 ref 7596. Elaborado por el autor..... 61

Figura 18. Diagrama de recorrido actual módulo 4 ref 7596. Elaborado por el autor. .... 62

Figura 19 Diagrama de recorrido optimizado módulo 4 ref 7596. E laborado por el autor. .... 63

Figura 20. Diagrama de precedencias ref 6140 modulo 5. Elaborado por el autor..... 66

Figura 21. Diagrama hombre- máquina módulo 5 ref 6140. Elaborado por el autor..... 69

Figura 22. Diagrama de recorrido actual módulo 5 ref 6140. E laborado por el autor. .... 69

Figura 23. Diagrama de recorrido optimizado módulo 5 ref 6140. E laborado por el autor. .... 70

Figura 24. Diagrama de precedencias ref 3025 modulo 6. Elaborado por el autor..... 74

Figura 25. Diagrama hombre- máquina módulo 6 ref 3025. Elaborado por el autor..... 76

Figura 26. Diagrama de recorrido actual módulo 6 ref 3025. E laborado por el autor. .... 77

Figura 27. Diagrama de recorrido optimizado módulo 6 ref 3025. E laborado por el autor. .... 78

Figura 28 Diagrama de precedencias ref 3028 modulo 7. Elaborado por el autor..... 81

Figura 29. Diagrama hombre- máquina módulo 7 ref 3028. Elaborado por el autor..... 83

Figura 30. Diagrama de recorrido actual módulo 7 ref 3028. E laborado por el autor. .... 84

Figura 31. Diagrama de precedencias ref 7622 modulo 8. Elaborado por el autor..... 87

Figura 32. Diagrama hombre- máquina módulo 8 ref 7622. Elaborado por el autor..... 90

Figura 33. Diagrama de recorrido actual módulo 8 ref 7622. E laborado por el autor. .... 91

Figura 34. Diagrama de recorrido optimizado módulo 8 ref 7622. E laborado por el autor. .... 92

Figura 35. Diagrama de precedencias ref 7544 modulo 9. Elaborado por el autor..... 95

Figura 36. Diagrama hombre- máquina módulo 9 ref 7544. Elaborado por el autor..... 97

Figura 37. Diagrama de recorrido actual módulo 9 ref 7544. E laborado por el autor. .... 98

..... 99

Figura 38. Diagrama de recorrido optimizado módulo 9 ref 7544. E laborado por el autor. .... 99

Figura 39. Diagrama de precedencias ref 7625 modulo 10. Elaborado por el autor..... 103

Figura 40. Diagrama hombre- máquina módulo 10 ref 7625. Elaborado por el autor..... 106

Figura 41. Diagrama de recorrido optimizado módulo 10 ref 7625. E laborado por el autor. 106

Figura 42. Diagrama de recorrido optimizado módulo 10 ref 7625. E laborado por el autor. 107

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	<b>7 de 112</b>

## 1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA TESIS

<b>Título:</b> DISEÑO DE UN METODO PARA LA OPTIMIZACION DEL PROCESO DE CONFECCION DE LA LINEA DE BRASIER LA EMPRESA SHER SA DE LA CIUDAD DE BOGOTA D.C							
Nombre Autor: NESTOR FABIAN GUTIERREZ CARVAJAL				C.C. 1116798099			
FIRMA:							
E-mail: <a href="mailto:FABIANFN_32@HOTMAIL.COM">FABIANFN_32@HOTMAIL.COM</a>				Teléfono: 3214434489			
<b>Lugar de Ejecución del Proyecto: EMPRESA DE CONFECCION SHER SA</b>							
<b>Duración de Proyecto (en meses): 3 Meses</b>							
<b>Modalidad: PRACTICA EMPRESARIAL</b>							
Investigación		Pasantía Investigación		Práctica Empresarial	X	Diplomado	

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	<b>8 de 112</b>

## 2. RESUMEN DEL PROYECTO

En el presente trabajo se propone un mejoramiento en los procesos de confección de la línea de braseares optimizando los recursos existentes para aumentar la productividad para ello se llevara a cabo un análisis de la información actual de la línea de brasear seguido de un diagnóstico para finalmente desarrollar un método basándose en principios como balanceo de línea que a la vez está apoyado en un estudio de tiempos y movimientos esto con el fin de reducir recorridos innecesarios tanto del operario como del material y eliminar cuellos de botella que se generan a partir de la distribución actual de las cargas de trabajo al igual que eliminar aquellos tiempos que no le dan valor agregado al producto encaminado a buscar la ruta más óptima que equilibré las operaciones de las diferentes referencias que se manejan en cada módulo de trabajo.

Para balancear las líneas se procederá a la recolección de la información necesaria de cada módulo, haciendo uso de algunos instrumentos de investigación, teniendo como base la estandarización de los tiempos de cada operación por cada referencia.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	<b>9 de 112</b>

2.1. *Palabras claves: cuello de botella, confección, balanceo de línea, módulos, estandarización.*

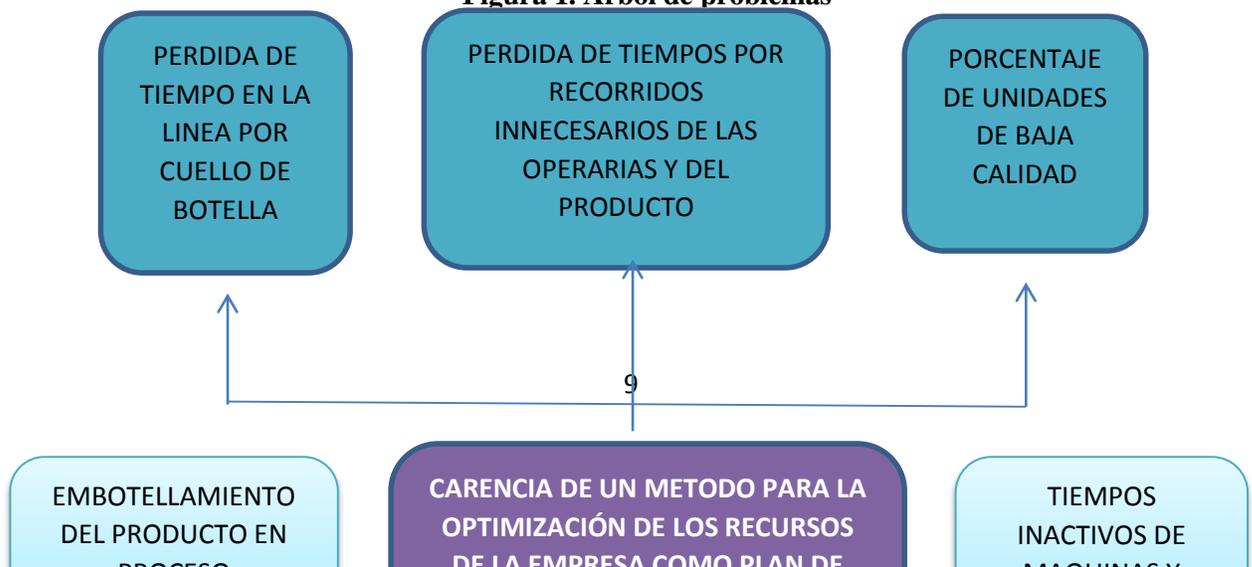
### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACION

#### 3.1 Planteamiento

Carencia de un método para la optimización de recursos en las operaciones de confección de la línea de brasier.

#### ARBOL DE PROBLEMAS

**Figura 1. Árbol de problemas**



	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	<b>10 de 112</b>

## JUSTIFICACION

La industria textil es una forma de ingresos y oportunidades de empleo muy importante para varios países principalmente para los que están en desarrollo como es el caso de Colombia. Para el año 2012 esta industria represento el 2.5% del comercio mundial de mercancías y el 3.3% del comercio mundial de fabricación (Luna & angel, 2014). Para el caso de nuestro país según un estudio realizado por el DANE en noviembre del 2015 en el sector de la confeccion, se concluyo que hubo un crecimiento del 4.3% en ventas y 0.7% en generacion de opciones laborales(Dinero, 2015) estos son indicadores muy significativos ya que para el año 2013 los aportes estan con un 10% en producción valorizada, a la vez, representa al 27% del total de la Población Económicamente Activa Manufacturera de acuerdo al Diario Gestión, según cifras presentadas por el Ministerio de Producción (Diario Gestión: 2013).

Por ser una industria en crecimiento es necesario estar a la vanguardia y ser más productivos para tener un margen de competitividad ante la mirada de los clientes del país como los del exterior por esta razón es necesario optimizar los recursos

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	<b>11 de 112</b>

de la planta para así cada día producir más con los mismos recursos o mantener la misma meta optimizando estos al máximo y dar cumplimiento con alta calidad asegurando clientes, de esta forma hay que ser conscientes que una de las problemáticas más frecuentes en una empresa textil son los altos costos de producción que van desde materia prima, mano de obra y servicios (Hernandez, 2014) por ello se pretende investigar diferentes metodologías adecuadas para solucionar dicho problema, aportando así el conocimiento recopilado en la investigación de este documento como texto de consulta para la implementación de una solución adecuada en sus problemas de producción.

Hay un factor que tienen en común todas las compañías del mundo y es el de generar la máxima utilidad aprovechando al máximo los recursos existentes en la empresa, para ello es indispensable hacer uso de herramientas como lo es la ingeniería de métodos que busca la optimización de los procesos y que con lo existente aumentar la productividad o mantenerla con los mismos recursos según los autores suñe, Arcusa y Gil infieren en que es vital para una óptima línea de producción repartir las tareas de tal forma que los recursos que se utilizan al momento de la manufactura se estén aprovechando al máximo de la forma más ajustada y equilibrada posible a lo largo de todas las operaciones (López, Solano, & Sosa, 2011).

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseño de un método para la optimización del proceso de confección de la línea de brasier en la empresa SHER S.A de la ciudad de Bogotá.

### **4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 4.2.1** Analizar las condiciones iniciales del proceso de confección en la línea de Brasier.
- 4.2.2** Diseñar una metodología para la optimización en el proceso de confección de la línea de Brasier.
- 4.2.3** Evaluar los resultados del estudio mediante una comparación de eficiencia y productividad del modelo actual al modelo propuesto.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	<b>12 de 112</b>

## 5. MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE

### 5.1 MARCO TEORICO

#### 5.1.1 Balanceo de línea

El balanceo de línea es uno de los métodos más importantes para llevar un mejor control de la producción ya que si la empresa cuenta con líneas de trabajo balanceadas se optimizara algunos factores como lo son los inventarios en proceso, los tiempos necesarios para la realización de cada operación y los cumplimientos de producción. Los trabajadores que desempeñan diferentes tareas en una línea de manufactura trabajan como un equipo, una unidad un mecanismo que determina la velocidad y el ritmo la producción de la línea, por lo que este ritmo dependerá del operario más lento o del embotellamiento de los productos en proceso. El balanceo de línea permite conocer el número de operarios que se distribuyen a cada estación de trabajo para cumplir con un total de productos fijados de esta manera se conoce igualmente que tan continua es la línea (Rodriguez, 2011).

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	13 de 112

### 5.1.2 Estudio de tiempos

El estudio de tiempos es la herramienta por excelencia para la medición del trabajo utilizada para llevar registro de los tiempos y ritmos de trabajo que comprenden la realización de unas operaciones establecidas, desempeñada en unas condiciones determinadas esto con finalidad de determinar el tiempo requerido para la ejecución de la tarea guiándose de una forma de ejecución preestablecida. Para llevar a cabo dicha tarea se hace uso de un cronometro para dicha medición y un método de registro de las observaciones de la tarea como la referencia, la maquina utilizada y el nombre de la operación además de definir las demoras del operador o del equipo por diferentes factores (Jacobs & Chase, 2011).

### 5.1.3 Ingeniería de métodos

La ingeniería de métodos es una ciencia que se basa en incrementar la productividad utilizando los mismos recursos o también mantener la misma productividad minimizando recursos empleando así análisis sistemáticos y críticos de las operaciones, procedimientos y métodos de trabajo.

También se entiende como una técnica que somete cada operación a un análisis para eliminar toda tarea que no le agrega valor al producto y encontrar el método más rápido para realizar las tareas necesarias (Ingeniería de método incremental con herramientas de modelamiento, 2008).

### 5.1.4 Manufactura modular

Esta es una técnica que se basa en la distribución de grupos de operarios en células de trabajo distribuidas uniformemente en el espacio de la planta sus principales características son operarios polivalentes, el material se desplaza en cada centro de trabajo el grupo de operarios por modulo es de 6 a 20 trabajadores el objetivo es la integración de los trabajadores donde desarrollen todas las operaciones necesarias para la obtención del producto (Gudiel, 2005).

### 5.1.5 Cuello de botella

Los cuellos de botella existen en una línea de producción con las operaciones se mueven a la velocidad del paso más lento la forma de solucionar este efecto es

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	14 de 112

acelerar este paso utilizando los diferentes metodos y lograr que se opere hasta el limite de su capacidad como fin de acelerar toda la linbea de trabajo y marcar un ritmo mas elevado que conlleva a la mejora de la productividad.Las restricciones se pueden encontrar en una maquina, el operario, la pieza, las politicas de produccion o faltantes de MP en la linea.

### 5.1.6 Diagramas de precedencia

Es un metodo donde se esquematiza todas las operaciones de trabajo de una linea de produccion teniendo encuesta como parametro principal las depencias de cada operaci3n es de cir que una operaci3n no se puede comenzar a fabricar si no se ha terminado la tarea anterior a esta y es requisito para llevara acabo esta segunda tarea.

## 5.2 ESTADO DEL ARTE

Desde los tiempos de Henry Ford empez3 a darse ciertos desarrollos que dieron lugar a modificaciones en la linea de manufactura pasando de un modelo de linea unica en recta a modelos mas flexibles como fueron el modelo mezclado, las lineas en forma de u, las lineas multimodelo y lineas sin paso (Lopez, Riesco, & Rodriguez, 2009). A partir de los a3os 50 empezaron a aparecer trabajos que dan soluci3n a problemas basicos que hoy se tienen muy en cuenta y que sirven de pilar para modelos posteriores. Entre estos, se pueden destacar los trabajos de Johnson (1954) y Jackson (1955), para optimizar l3neas de producci3n.

Frederick Winslow Taylor tambi3n fue pionero en la actividad que conocemos actualmente como medici3n del trabajo este metodo se encarga de calcular la cantidad tiempo que se le debe permitir a un trabajador para que lleve a cabo una operaci3n (Rodr3guez, Abril, Guevara, & Olvera) Las ideas de Taylor provocaron que otros comenzaran a estudiar la administraci3n cient3fica y a desarrollar m3todos. Frank y Lillian Gilbreth fueron de sus discipulos m3s destacados ellos

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	15 de 112

colaboraron en estudios de fatiga y movimientos apoyados en el estudio de tiempos (1968). Para Frank, el movimiento y la fatiga están interrelacionados: cada movimiento que era eliminado, reducía también la fatiga .(Medina & Avila, 2002).

Una de las metas de un estudio de los métodos de fabricación es equilibrar las cargas de trabajo haciendo uso de los tiempos en cada paso y la secuencia de las operaciones para ello se tendrá en cuenta herramientas como el balanceo de línea y el estudio de tiempos y movimientos ya que según la revista aristas con la implementación de balanceo de línea y estandarizaciones de tiempos en una empresa médica en la ciudad de california se logró elevar el nivel de producción de 5600 piezas a 7200 lo que reflejo un aumento en la productividad del 22% un margen considerable obtenido con estas herramientas (Carrillo, Guerra, Solis, & Soto, 2013)

## 6. METODOLOGÍA

Teniendo como enfoque los objetivos propuestos en el presente trabajo de investigación, la metodología que se va a implementar es de tipo experimental y se trabaja partiendo de lo siguiente:

**6.1** diseño de las herramientas para recolección de la información en los 10 módulos.

En esta primera etapa se diseñaran las herramientas que serán útiles para la recolección de la información basándose en el tipo de información a recolectar haciendo uso de herramientas como encuestas y formatos de observación.

**6.2.** Recolección y análisis de la información del proceso de confección de la línea de brasier

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	16 de 112

Para cumplir con esta tarea se procederá a llevar a cabo la recolección de la información del proceso productivo de confección en donde se medirá el tiempo en cada operación, los recursos existentes en cada módulo, la secuencia de operaciones apoyado en diagramas de precedencia y levantamiento de diagrama de recorridos mediante instrumentos de medición, formatos de observación y encuestas anteriormente diseñados.

### **6.3 Diagnostico**

Ya habiendo analizado la información recolectada lo siguiente es identificar el nivel de la problemática y de cómo el sistema actual es candidato a una optimización identificando así las áreas a mejorar en el módulo.

### **6.4. Diseñar la metodología para la optimización del proceso de confección.**

Luego del diagnóstico y de identificar las áreas en que se puede intervenir para optimizar se procede a diseñar la metodología para la aplicación de herramientas que nos permitan plantear un mejoramiento en la línea, para esto se hace uso de conocimientos como es la ingeniería de métodos en la que se busca la mejor forma de producir un artículo al menor costo posible.

### **6.5. Aplicación de los conceptos y herramientas.**

En esta etapa se realizara la aplicación de las diferentes herramientas antes estudiadas, para determinar el máximo aprovechamiento de recursos, se realizaran todos los procedimientos y métodos matemáticos a los 10 módulos de la línea de brasear para determinar la forma óptima de llevar a cabo la fabricación de este producto.

### **6.6. Análisis de resultados del modelo propuesto.**

Para la empresa es primordial que las actividades de la empresa generen rentabilidad por lo que la finalidad de este proyecto es la de generar las máximas utilidades cumpliendo las metas de producción mediante la optimización de recursos por lo cual se hará un análisis exhaustivo del sistema propuesto, lo que involucraría el levantamiento de la información necesaria de la planta, las modificaciones que se tengan que hacer a los diferentes módulos tanto físicos

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	17 de 112

como de asignaciones de material y operarias para medir la eficiencia del modelo actual y el modelo propuesto.

## 7. TAREAS Y CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

### 7.1 Cronograma y descripción de Actividades.

**Tabla 1. Cronograma y descripción de Actividades**

ACTIVIDAD	SEMANAS											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	18 de 112

8													
9													
10													

## 7.2 Descripción de actividades:

- 1) Diseño de las herramientas para recolección de la información en los 10 módulos
- 2) Recolección de los tiempos por operación en cada módulo por referencia.
- 3) Recolección de la información de las secuencias de las operaciones.
- 4) Recolección de la ruta y de los tiempos de los movimientos del material en cada módulo.
- 5) Análisis y diagnóstico de la información recolectada.
- 6) Diseño metodológico para el proceso de optimización de la línea de brasear
- 7) Aplicación de las herramientas y conceptos (balanceo de línea, estudio de tiempos y movimientos).
- 8) Encontrar la asignación óptima de las cargas de trabajo a las operarias en cada módulo de brasear
- 9) Hallar la distribución adecuada de los puestos de trabajo y asignación de maquinas
- 10) Evaluación de los resultados obtenidos y socialización de informe a directivos.

## 8. RESULTADOS/PRODUCTOS ESPERADOS Y POTENCIALES BENEFICIARIOS

**8.1** Se espera su aceptación por parte de la alta gerencia y de los jefes encargados ya que esto permitirá la implementación del mismo y un mayor avance en esta investigación

**8.2** Dentro de los parámetros establecidos y de acuerdo a lo planteado en este proyecto se espera una disminución de los costos operativos de la planta de confección, estos costos se establecen en los tiempos a optimizar, un mayor aprovechamiento de recursos.

**8.3** Con el estudio realizado se espera un aumento de la productividad reflejado en el cumplimiento de las metas diarias de producción de la línea de brasier con los mismos recursos y la disminución del cuello de botella que permita un mejor flujo del producto por los módulos.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	<b>19 de 112</b>

**8.4** Con el aumento de la productividad se espera un mayor margen de cumplimiento a clientes fortaleciendo así la imagen de la compañía.

**8.5** Dentro del potencial beneficiario se espera que la las utilidades de la empresa generen el mayor beneficio, igualmente la distribución adecuada del trabajo hará que el operario se beneficie ya que este trabajara de acuerdo a su rendimiento teniendo cuidado en que los tiempos ociosos sean lo más bajos posibles, por otra parte el cliente también tendrá el beneficio de un aumento en el cumplimiento por parte de la empresa.

## **9. ENCUESTA REALIZADA PARA DETERMINACION DE LA POLIVALENCIA DEL TRABAJADOR**

Se realizó una encuesta a 30 trabajadoras de los módulos de brasier para la recolección de información de desempeño y de la capacidad al momento de realizar las operaciones para lo cual se llevó acabo las siguientes preguntas.

1)



**Figura 2**

De acuerdo a la información suministrada por las operarias encuestadas el 64% y el 23% respondieron que realizan 2 y 3 operaciones por referencia respectivamente por lo que en las cargas de trabajo la mayoría de las veces se asignan de 2 a 3 operaciones.

2) Se investigó sobre la polivalencia de las operarias en las diferentes tareas que se realizan en el área de confección la figura 3 muestra la información suministrada por las 30 operarias encuestadas.



Figura 3

La grafica anterior muestra la capacidad de las operarias para realizar diferentes tareas y se concluye que más del 95% de las operarias encuestadas tiene la capacidad de realizar más de 3 operaciones por lo que tienen una gran polivalencia.

## 10. DISEÑO DEL METODO DE BALANCEO DE LINEA EN EL AREA DE CONFECCION PARA LA LINEA DE BRASIER

Para el caso en estudio los factores a tener en cuenta para el balanceo de línea son la disponibilidad y polivalencia de operarios, además la disponibilidad de

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	<b>22 de 112</b>

máquinas y su distribución en el módulo, también las metas diarias a producir para lograr la optimización de los mismos, por otra parte las secuencias operacionales.

Para poder llevar a cabo el balanceo de línea es necesario seguir ciertos pasos o actividades que determinaran las condiciones para la asignación de cargas de trabajo y recursos disponibles, para esto lo primero que se realizó la determinación de los suplementos por tarea para la estandarización de los tiempos esta actividad se realizó con el apoyo de la jefe de producción quien estableció los pesos de suplementos, en la tabla 1 se observa los porcentajes asignados a los diferentes factores que intervienen en el trabajo de confección.

Seguidamente se procedió a la estandarización de los tiempos de operaciones de 10 referencias estudiadas distribuidas en los 10 módulos de la línea de brasier, apoyado en formatos de observación para tiempos que son de utilidad para llevar control de factores que afectan a esta recolección de información aplicando los respectivos suplementos por diferentes factores como fatiga, las necesidades personales, el nivel de precisión de la tarea, tensión mental, el ruido y otros. Por consiguiente se especificó las relaciones secuenciales de las operaciones por referencia por medio de diagramas de precedencia.

Se calculó el tiempo de ciclo y del número de operarios requeridos para la producción de las referencias y se comienza a balancear basándose en reglas como las tareas de mayor peso de posición, las precedencias, el número de máquinas disponibles, la ubicación en el módulo y que la suma de tiempos de operaciones asignados a un operario no sobre pase el tiempo de ciclo.

Después de tener la distribución de operaciones por máquinas y operarios se procedió a calcular la eficiencia del módulo para así sacar conclusiones del balanceo efectuado.

## **11. SUPLEMENTOS POR DESCANSOS Y PORCENTAJES DE TIEMPOS BASICOS SEGÚN LA OIT PARA EL AREA DE CONFECCION.**

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	23 de 112

**Tabla 2. Suplementos según la OIT**

**1. SUPLEMENTOS CONSTANTES**

	Hombres	Mujeres
<b>A. Suplemento por necesidades personales</b>	5	7
<b>B. Suplemento base por fatiga</b>	4	4

**2. SUPLEMENTOS VARIABLES**

	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
<b>A. Suplemento por trabajar de pie</b>	2	4	4	45
<b>B. Suplemento por postura anormal</b>			2	100
Ligeramente incómoda	0	1		
incómoda (inclinado)	2	3		
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7		
<b>C. Uso de fuerza/energía muscular (Levantar, tirar, empujar)</b>				
Peso levantado [kg]				
2,5	0	1		
5	1	2		
10	3	4		
25	9	20		
35,5	22	máx		
<b>D. Mala iluminación</b>				
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0		
Bastante por debajo	2	2		
Absolutamente insuficiente	5	5		
<b>E. Condiciones atmosféricas</b>				
Índice de enfriamiento Kata				
16		0		
8		10		
<b>F. Concentración intensa</b>				
Trabajos de cierta precisión			0	0
Trabajos precisos o fatigosos			2	2
Trabajos de gran precisión o muy fatigosos			5	5
<b>G. Ruido</b>				
Continuo			0	0
Intermitente y fuerte			2	2
Intermitente y muy fuerte			5	5
Estridente y fuerte				
<b>H. Tensión mental</b>				
Proceso bastante complejo			1	1
Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos			4	4
Muy complejo			8	8
<b>I. Monotonía</b>				
Trabajo algo monótono			0	0
Trabajo bastante monótono			1	1
Trabajo muy monótono			4	4
<b>J. Tedio</b>				
Trabajo algo aburrido			0	0
Trabajo bastante aburrido			2	1
Trabajo muy aburrido			5	2

Fuente: Introducción al estudio del trabajo-segunda edición-OIT



**Tabla 3. Calculo de suplementos por tareas.**

CALCULO DE SUPLEMENTOS POR TAREAS							
OPERACIÓN	FILETEAR	PRESILLAR	ENCAUCHAR	RIBETEAR	SESGAR	FORRAR, UNIR ENSAMBLAR	PISAR, PEGAR DECORAR
<b>SUPLEMENTOS</b>							
<b>1 SUPLEMENTOS CONSTANTES</b>							
A) Necesidades personales	7	7	7	7	7	7	7
B) fatiga	4	4	4	4	4	4	4
<b>2. SUPLEMENTOS VARIABLES</b>							
A) trabajos de pie	0	0	0	0	0	0	0
B) Postura anormal							
- ligeramente incomoda	0	0	0	0	0	0	0
- Incomoda (inclinado)							
- Muy incomoda (echado, estirado)							
C) Uso de fuerza (energía muscular)							
Levantar, tirar, empujar							
peso levantado (KG)							
2.5	0	0	0	0	0	0	0
5							
10							
25							
35.5							
D) Mala iluminación							
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	0	0	0	0	0
Bastante por debajo							
Absolutamente insuficiente							
E) Condiciones atmosféricas							
índice de enfriamiento Kata							
16							
8							
4							
2							
F) Concentración intensa							
- Trabajos de cierta precisión	0	0					
- trabajos precisos o fatigosos			2	2		2	2
- Trabajos de gran precisión o muy fatigosos					5		
G) Ruido							
- Continuo	0	0	0	0	0	0	0
- Intermitente y fuerte							
- Intermitente y muy fuerte							
H) Tensión mental							
- Proceso bastante complejo	0	0	0	0	1	1	1
- Proceso complejo o de atención							
- Muy complejo							
I) Monotonía							
- Trabajo algo monótono	0	0	0	0			0
- Trabajo bastante monótono					1	1	
- Trabajo muy monótono							
J) Tedio							
- Trabajo algo aburrido	0	0	0	0	0	0	0
- Trabajo bastante aburrido							
- Trabajo muy aburrido							
<b>TOTAL</b>	<b>11%</b>	<b>11%</b>	<b>13%</b>	<b>13%</b>	<b>18%</b>	<b>15%</b>	<b>14%</b>

Elaborado por el autor.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	25 de 112

En la tabla 2 se observa la asignación de los porcentajes de suplementos a las diferentes operaciones que se realizan en el área de confección como presillar, sesgar, ribetear entre otros, teniendo en cuenta factores como la fatiga del operario, las necesidades personales, la dificultad de la operación, la tensión mental y la monotonía de la tarea.

## 12. RECOLECCION DE TIEMPOS MEDIANTE EL METODO DE CRONOMETRAJE

Los valores de tiempos para las operaciones de las 10 referencias se obtuvieron mediante el método de cronometraje donde se analizaron varias unidades para seguidamente calcular el valor de una unidad aplicando el suplemento estudiado anteriormente.

### 12.1 MODULO 1 REFERENCIA 7633

**Tabla 4. Formato para toma de tiempos por cronometro módulo 1 ref 7633.**

FORMATO PARA TOMA DE TIEMPOS POR CRONOMETRO					
REFERENCIA 7633			FECHA: 07/09/2016		
MODULO DE TRABAJO : 1			NUMERO DE TRABAJADORES : 10		
DESCRIPCION : BRASIER			META TURNO DE 8 HORAS: 320 UD		
OPERACIÓN	UNIDADES CRONOMETRADAS	TIEMPO OBSERVADO	RECURSO ASIGNADO	SUPLEMENTO POR MAQUINA	TIEMPO POR UNIDAD(min)
Unir copas inferior	2	1'10	Plana cyc	15%	0,67
Sesgar media copa	10	5'09	2 agujas cristal	18%	0,6
Unir copas	10	6'09	plana c y c	15%	0,7
Sesgar copas	6	3'35	2 agujas cristal	18%	0,7
Filetear tira	5	1'20	Fileteadora	11%	0,3
Forrar tira	3	1'50	Plana	15%	0,7
Unir cotilla a frente	3	2,06	Plana	15%	0,8
Sesgar cotilla	7	3'35	2 agujas cristal	18%	0,6
Ensamblar	7	6'50	Plana	15%	1,13
sesgar ensamble	8	4'48	2 agujas cristal	18%	0,7
unir espalda	8	3,55	Plana	15%	0,56
sesgar espalda	5	3'00	2 agujas cristal	18%	0,7
Encauchar base-espald	10	4'56	Encauchadora	13%	0,55
Pisar base-espalda	9	5'10	Zig-zag	14%	0,65
Recortar sisa-tira	10	5'16	Zig-zag	14%	0,6
Resortar frente escot	10	4'24	Zig-zag	14%	0,5
Pegar tira	10	5'48	Plana	15%	0,66
Pegar gancho	8	5,54	Plana	15%	0,84
Presillar *8	9	3,5	presilladora	11%	0,74

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	26 de 112

## 12.2 MODULO 2 REFERENCIA. 7519

**Tabla 2 formato para toma de tiempos por cronometro módulo 2 ref 7519.**

<b>FORMATO PARA TOMA DE TIEMPOS POR CRONOMETRO</b>					
REFERENCIA 7519			FECHA: 5/09/2016		
MODULO DE TRABAJO : 2			NUMERO DE TRABAJADORES : 10		
DESCRIPCION : BRASIER			META TURNO DE 8 HORAS: 350 UD		
Operación	Unidades Cronometra	Tiempo Observado	Recurso Utilizado	% suplemento	Tiempo Por Unidad(min)
Unir injerto a copa externa	8	3'24	Plana	1.15	0.48
Pespuntar injerto	8	2'47	Plana	1.15	0.4
Unir copa inferior superior	10	5'01	plana	1.15	0.57
pepuntar copa	9	5'10	plana	1.15	0.66
filetear copa sup	7	2'12	Fileteadora	1.1	0.34
Unir frente a copas	6	4'55	Plana	1.15	0.94
Unir copas base	6	4'31	plana	1.15	0.86
Recortar copas por base	8	3'06	Fileteadora	1.1	0.42
Forrar centro	22	8'07	plana	1.15	0.42
Unir centro a cotilla	22	8'02	Plana	1.15	0.41
Resortar base	10	4'50	Encauchadora	1.13	0.54
Pisar base	5	3'04	Zig-zag	1.14	0.69
Ensamblar sobreponiendo	5	3'38	Plana	1.15	0.83
Resortar sisas	10	4'58	Encauchadora	1.13	0.56
Pisar sisa	5	3'01	Collarin	1.13	0.74
Sesgar copas aro	7	3'45	2 agujas	1.18	0.63
Sesgar espaldas	7	2'05	2 agujas	1.18	0.35
Pegar tiras a espalda	7	3'56	3 pasos	1.15	0.64
Pegar gancho ojillo y mar	3	2'28	Zig-zag	1.14	0.93
presillar *16	6	5'31	presilla	1.1	1
					12.41

Elaborado por el autor.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	27 de 112

### 12.3 MODULO 3 REFERENCIA. 7608

**Tabla 6. Formato para toma de tiempos por cronometro módulo 3 ref 7608.**

<b>FORMATO PARA TOMA DE TIEMPOS POR CRONOMETRO</b>					
REFERENCIA 7608			FECHA: 3/09/2016		
MODULO DE TRABAJO : 3			NUMERO DE TRABAJADORES : 10		
DESCRIPCION : BRASIER			META TURNO DE 8 HORAS: 300 UD		
Operación	Unidades Cronometr	Tiempo Observado	Recurso Utilizado	% suplemento	Tiempo Por Unidad(min)
Armar pinzas	5	2'15	Plana	1.15	0.51
Filetar copa sup	10	2'47	Fileteadora	1.1	0.3
Unir frente a copas	8	4'28	Plana	1.15	0.64
Unir copas pos base y rec	8	4'33	Plana	1.15	0.65
Forrar espalda	6	4'44	Plana	1.15	0.9
Unir espalda	3	1'34	Plana	1.15	0.6
Forrar centro	8	2'44	Plana	1.15	0.39
Resortar base	5	3'59	Zig-zag	1.14	0.9
Pisar base	15	6'48	Zig-zag	1.14	0.51
Sesgar centro	5	1'56	2 agujas	1.18	0.45
Ensamblar	5	3'41	Plana	1.15	0.84
Sesgar copas	6	3'21	2 agujas	1.18	0.65
Forrar lateral	5	2'20	Plana	1.15	0.53
Ribetear lateral	5	2'28	Collarin	1,13	0.55
Unir lateral a copas	7	2'36	Plana	1.15	0.42
Sesgar lateral frente	5	2'20	2 agujas	1.18	0.55
Unir lados	7	1'59	plana	1.15	0.32
Resortar sisa	5	2'18	Encauchadora	1.13	0.51
Pisar base	5	2'40	Zig-zag	1.14	0.6
Sesgar espalda	5	1'50	2 agujas	1.18	0.43
Pegar tiras a espalda	5	3'26	2 agujas	1.18	0.81
Pegar gancho,ojillo y marq	5	4'40	Zig-zag	1.14	1.06
presillar *20	5	5'37	Presilladora	1.1	1.2
					14.32

Elaborado por el autor.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	28 de 112

#### 12.4 MODULO 4 REFERENCIA. 7596

**Tabla 7 formato para toma de tiempos por cronometro módulo 4 ref 7596.**

<b>FORMATO PARA TOMA DE TIEMPOS POR CRONOMETRO</b>					
REFERENCIA 7596			FECHA: 09/09/2016		
MODULO DE TRABAJO : 4			NUMERO DE TRABAJADORES : 10		
DESCRIPCION : BRASIER			META TURNO DE 8 HORAS: 400 UD		
Operación	Unidades Cronometradas	Tiempo Observado	Recurso Utilizado	% suplemento	Tiempo Por Unidad(min)
Unir prehormado a copas	9	3'58	Fileteadora	1.1	0.48
Forrar copa por base	8	8'22	Plana	1.15	1.2
Recortar por base	10	4'24	Fileteadora	1.1	0.51
Unir centro a cotilla	7	4'04	Plana autom	1.15	0.66
Sesgar centro	8	4'19	2 agujas	1.18	0.63
Encauchar base	13	5'42	Encauchadora	1.13	0.49
Pisar base	8	8'3	Plana	1.15	1.22
Ensamblar	24	15'0	Plana	1.15	0.71
Ribetear sisas	6	3'5	Encauchadora	1.13	0.72
Sesgar copas	10	4'57	2 agujas	1.18	0.58
sesgar lateral	8	2'42	2 agujas	1.18	0.39
Pegar tira	4	2'40	Zig-zag	1.14	0.76
Pegar gancho,ojillo y marq	5	3.1	Zig-zag	1.14	0.72
preisillar	6	5'50	Presilladora	1.1	1.06
					10.13

**Elaborado por el autor.**

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	29 de 112

### 12.5 MODULO 5 REFERENCIA. 6140

**Tabla 83. Formato para toma de tiempos por cronometro módulo 5 ref 6140.**

FORMATO PARA TOMA DE TIEMPOS POR CRONOMETRO						
REFERENCIA 6140			FECHA: 12/09/2016			
MODULO DE TRABAJO : 5			NUMERO DE TRABAJADORES :10			
DESCRIPCION : BRASIER			META TURNO DE 8 HORAS:350 UD			
Operación	Unidades Cronometradas	Tiempo Observado(min)	Recurso Utilizado	% suplemento	Tiempo Por Unidad(min)	
A	Forrar copa sup	5	3'50	plana	15%	0.88
B	Forrar cop inf	5	3'63	Plana	15%	0.92
C	Unir copas	4	2'35	plana	15%	0.74
D	Sesgar copas	6	3'13	2 agujas	18%	0.7
E	Forrar centro	6	3'49	Plana	15%	0.72
F	Unir frente a copas	10	4'57	plana	15%	0.58
G	Sesgar frente copas	12	5'26	2 agujas	18%	0.54
H	Ensamblar sobreponiendo	2	1'35	plana	15%	0.96
I	Unir espalda	3	1'30	plana	15%	0.57
J	Sesgar lateral copas	6	3'40	2 agujas	18%	0.72
K	Sesgar espalda	6	3'20	2 agujas	18%	0.62
L	Unir por centro	8	2'15	plana	15%	0.33
M	Sesgar centro	8	2'10	2 agujas	18%	0.34
N	Resortar frente sisa	7	5'26	Encauchadora	13%	0.86
O	Pisar frente sisa	5	4'10	Zig-zag	14%	0.9
P	Resortar base	6	2'12	Encauchadora	13%	0.44
Q	Pisar base	8	3'55	Zig-zag	14%	0.44
R	Pegar tiras a espalda	6	4'02	Zig-zag	14%	0.7
S	Pegar gancho,ojillo y marq	6	4'22	Zig-zag	14%	0.82
T	Presilla*8	10	5'18	Presilladora	10%	0.66
						13.44

Elaborado por el autor.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	30 de 112

## 12.6 MODULO 6 REFERENCIA. 3025

**Tabla 9. Formato para toma de tiempos por cronometro módulo 6 ref 3025.**

<b>FORMATO PARA TOMA DE TIEMPOS POR CRONOMETRO</b>						
REFERENCIA 3025			FECHA: 22/09/2016			
MODULO DE TRABAJO : 6			NUMERO DE TRABAJADORES : 8			
DESCRIPCION : BRASIER			META TURNO DE 8 HORAS: 423 UD			
		UNIDADES	TIEMPO	RECURSO	SUPLEMENTO	TIEMPO POR
	OPERACIÓN	CRONOMETRADAS	OBSERVADO	ASIGNADO	POR MAQUINA	UNIDAD(min)
A	Armar pinzas	7	5'00	Plana	1,15	0,9
B	Forrar copa interna	2	1'55	Plana	1,15	1,1
C	Forrar copa con prehormado	1	1'07	Fileteadora	1,1	1,22
D	Filetear espaldas	48	13'00	Fileteadora	1,1	0,3
E	Unir espaldas a copas	7	4'33	Fileteadora	1,1	0,71
F	Ribetear copas y sisas	3	2'20	Collarin	1,15	0,85
G	Ribetear triangulo	13	3'21	Zig-zag	1,14	0,29
H	Pisar espalda	5	3'40	Zig-zag	1,14	0,8
I	Encauchar bases	4	2'36	Encauchadora	1,13	0,71
j	presillar	5	5'50	presilladora	1,1	1,28
						8,16

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	31 de 112

## 12.7 MODULO 7 REFERENCIA 3028.

**Tabla 104. Formato para toma de tiempos por cronometro módulo 7 ref 3028.**

<b>FORMATO PARA TOMA DE TIEMPOS POR CRONOMETRO</b>						
REFERENCIA 3028			FECHA: 08/09/2016			
MODULO DE TRABAJO : 7			NUMERO DE TRABAJADORES :10			
DESCRIPCION : BRASIER			META TURNO DE 8 HORAS:375 UD			
Operación	Unidades Cronometradas	Tiempo Observado	Recurso Utilizado	% suplemento	Tiempo Por Unidad(min)	
Armar almohadillas	14	7'35	Fileteadora	1.1	0.59	
Armar bolsillo Y Pespuntar	4	4'20	Plana	1.15	1.2	
Forrar copa dura	8	7'21	Plana automatica	1.1	1.08	
pegar injerto	10	5'42	Plana automatica	1.15	0.7	
Unir copas a prehormado	5	2'47	Fileteadora	1.1	0.65	
Unir prehormado por base	5	2'25	Fileteadora	1.1	0.55	
Forrar centro	10	6'30	plana	1.15	0.74	
Unir centro a cotilla	10	3'11	plana	1.15	0.36	
Unir espaldas	15	8'00	Plana	1.15	0.5	
Resortar base	10	4'30	Encauchadora coll	1.13	0.48	
Resortar sisas	7	2'25	Encauchadora coll	1.13	0.44	
Pisar base	21	8'30	Zig-zag	1.14	0.46	
Ensamblar copas	10	7'45	Plana	1.15	0.85	
Pisar sisa	10	5'28	Zig-zag	1.14	0.62	
Sesgar copas aro	10	8'22	2 agujas	1.18	0.94	
Pegar gancho,ojillo y marq	14	8'00	Zig-zag	1.14	0.7	
presillar	7	6'34	Presilladora	1.1	1	
					11.86	

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	32 de 112

## 12.8 MODULO 8 REFERENCIA 7622

**Tabla 11. Formato para toma de tiempos por cronometro módulo 8 ref 7622**

FORMATO PARA TOMA DE TIEMPOS POR CRONOMETRO						
REFERENCIA 7622			FECHA: 07/09/2016			
MODULO DE TRABAJO : 8			NUMERO DE TRABAJADORES : 10			
DESCRIPCION : BRASIER			META TURNO DE 8 HORAS: 317 UD			
	OPERACIÓN	UNIDADES CRONOMETRADAS	TIEMPO OBSERVADO	RECURSO ASIGNADO	SUPLEMENTO POR MAQUINA	TIEMPO POR UNIDAD(min)
A	Pegar injerto	5	4'02	Plana	15%	0.92
B	Unir copas a huata	10	9'54	Zig-zag	13%	1
C	pegar elastico y pespuntar	25	20'00	Plana	15%	0.92
D	unir prehormado por base	10	4'00	Plana	15%	0.46
E	Recortar base	11	4'00	Fileteadora	11%	0.39
F	Sesgar copas aro	25	11'03	2 agujas	18%	0.52
G	Introducir aro a copa	6	1'4	Manual	11%	0.3
H	Presillar *4 copas	11	2'30	Presilladora	11%	0.24
I	Forrar prehormado	2	1'3	Plana	15%	0.86
J	Recortar prehormado	4	3'02	Fileteadora	11%	0.83
K	Voltear copas	5	2'00	Manual	11%	0.4
L	Cerrar costado	6	2'10	Plana	15%	0.41
M	Filetear costado	6	2'35	Fileteadora	11%	0.47
N	Resortar base sisa-separar	10	8'00	Encauchadora	13%	0.9
O	Voltear espalda	10	2'50	Manual	11%	0.28
P	Abrazar espalda	10	8'3	Plana cyc	15%	0.97
Q	Unir espaldas	5	2'51	Plana	15%	0.65
R	Abrazar esp/cop/preh	10	9'25	plana	15%	1
S	Pegar gancho,ojillo y marq	13	9.18	Zig-zag	13%	0.81
T	Sesgar espaldas	19	11'50	2 agujas	18%	0.73
U	Introducir varilla lateral	3	1'15	Manual	11%	0.3
W	presillar * 8	7	5'11	Presilladora	11%	0.81
						14.17

Elaborado por el autor.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	33 de 112

## 12.9 MODULO 9 REFERENCIA 7544

**Tabla12. Formato para toma de tiempos por cronometro módulo 9 ref 7544.**

FORMATO PARA TOMA DE TIEMPOS POR CRONOMETRO					
REFERENCIA : 7544			FECHA: 2/09/2016		
MODULO DE TRABAJO : 9			NUMERO DE TRABAJADORES : 10		
DESCRIPCION : BRASIER			META TURNO DE 8 HORAS: 300 UD		
OPERACIÓN	UNIDADES CRONOM	TIEMPO OBSERVADO	RECURSO UTILIZADO	% SUPLEMEN	TIEMPO POR UNIDAD(min)
Pegar injerto	4	2'28	Plana	1.15	0.7
Unir frente a huata	4	1'08	zig-zag	1.14	0.3
Unir copas a huata base	4	2'49	plana	1.15	0.8
Sesgar copas aro	4	2'30	2 agujas	1.18	0.73
Presillar * 4	10	2'11	Presilladora	1.1	0.24
Unir frentes	5	1'25	Plana c y c	1.15	0.32
unir prehormado a copas	5	3'51	Plana	1.15	0.88
Recortar prehormado sup	5	2'50	Fileteadora	1.1	0.62
Forrar centro	5	2'05	Plana	1.15	0.47
Ribetear centro	5	2'00	Plana folder	1.15	0.46
Unir tiras a copas	5	1'50	Plana	1.15	0.42
unir prehormado por bas	6	3'14	Plana	1.15	0.61
Recortar base	5	2'25	Fileteadora	1.1	0.53
Ribetear base	5	2'50	Plana folder	1.15	0.65
unir espaldas	4	2'00	Plana	1.15	0.57
Resortar base-sisa	12	14'00	Encauchadora	1.13	1.31
Encauchar espaldas	5	2'54	Fileteadora	1.1	0.65
Voltear espalda	5	1'56	Manual	1.1	0.38
Forrar espalda	8	2'20	Plana	1.15	0.33
sesgar espalda	4	4'05	2 agujas	1.18	1.2
Pegar gancho	6	4'18	Zig-zag	1.14	0.85
Presillar *8	5	4'30	Presilladora	1.1	0.94
					<b>13.96</b>

Elaborado por el autor.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	34 de 112

## 12.10 MODULO 10 REFERENCIA 7625

**Tabla 53. Formato para toma de tiempos por cronometro módulo 10 ref 7625.**

<b>FORMATO PARA TOMA DE TIEMPOS POR CRONOMETRO</b>						
REFERENCIA 7625			FECHA: 06/09/2016			
MODULO DE TRABAJO : 10			NUMERO DE TRABAJADORES : 8			
DESCRIPCION : BRASIER			META TURNO DE 8 HORAS:450 UD			
OPERACIÓN	UNIDADES CRONOMETRADAS	TIEMPO OBSERVADO	RECURSO ASIGNADO	SUPLEMENTO POR OPERACIÓN	TIEMPO POR UNIDAD(min)	
Unir copa a prehor y recor	10	13,10	Fileteadora	1.1	1.44	
Decorar espalda	8	7'34	Zig-zag	1.14	1	
Unir centro	6	1'30	Plana	1.15	0.28	
Ensamblar copas	6	4'40	Plana	1.15	0.89	
Sesgo copas	7	5'50	2 agujas	1.18	0.98	
Unir lateral	9	10'56	Plana	1.15	1.2	
Pespuntar	5	3'29	plana	1.15	0.8	
Pegar gancho,ojillo y marq	9	5'11	Zig-zag	1.14	0.65	
presillar * 12	5	5'00	Presilladora	1.1	1	
					8.24	

Elaborado por el autor.

## 13. DIAGNOSTICO DE LOS MODULOS

Se puede evidenciar problemas de eficiencia y productividad de la línea actualmente debido a:

Algunas operarias presentan cargas de trabajo muy elevadas y estas operaciones se convierten en cuellos de botella.

Existen varias operaciones realizadas en una sola máquina y el tiempo de capacidad de esta no satisface el tiempo de dichas operaciones (maquinas sobrecargadas).

No se lleva un control de las secuencias de las operaciones para que haya un óptimo flujo de producción.

La inadecuada distribución de las maquinas en los módulos provoca pérdidas de tiempos por desplazamiento de operarias.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	35 de 112

## 14. BALANCEO DE LINEA MODULO 1 REFERENCIA 7633

### 14.1 TIEMPO DE CICLO:

Es el tiempo que determina el ritmo de producción, es el tiempo que permanece cada pieza o producto en proceso en cada estación, se calcula dividiendo el tiempo de producción (turno de 8 horas) sobre la producción demandada de dicha referencia :

Tiempo de producción:

Este tiempo se calcula teniendo como base que se trabaja un turno diario de 8 horas y se debe tener en cuenta factores que alteran este tiempo como lo son los tiempos que se les da a los operarios para su alimentación y para las pausas activas por lo que el tiempo disponible de producción quedaría de la siguiente forma:

$$TP = \frac{1 \text{ turno} * 8 \text{ horas} * 60 \text{ min}}{1 \text{ dia} \quad 1 \text{ turno} \quad 1 \text{ hora}}$$

$$TP = 480 \text{ min}/\text{dia}$$

TIEMPO DE PRODUCCION DISPONIBLE:

Tiempo para alimentación =20 minutos

Tiempo de pausas activas= 10 minutos

$$TPD = 480 \text{ min} - 20 \text{ min} - 10 \text{ min}$$

$$TPD = 450 \text{ min}$$

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	36 de 112

Calculo del tiempo de ciclo.

Ya calculado el tiempo real de producción se obtiene la producción requerida por turno, este valor es proporcionado por el área de planeación quien determina unidades a producir de acuerdo a las existencias en el área de producto terminado y también siguiendo los órdenes de clientes por lo que el tiempo de ciclo está determinado con la siguiente formula.

$$TC = \frac{\text{Tiempo de produccion disponible por dia}}{\text{Produccion requerida por dia}}$$

$$TC = \frac{450 \text{ min/dia}}{320 \text{ unid/dia}}$$

$$TC = 1.40 \text{ min/unid}$$

Para cumplir con una demanda de 320 unidades se debe cumplir con un flujo de producción de 1.40 minutos por unidad.

## 14.2 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO TEORICO DE OPERARIOS NECESARIOS

Se determinó la cantidad teórica de operarios (OP) que en teoría se requieren para operar de acuerdo al tiempo del ciclo de la estación de trabajo y se calcula mediante la siguiente fórmula (se debe redondear al siguiente entero más alto)

$$OP = \frac{\sum \text{tiempos de las tareas}}{\text{Tiempo de ciclo}}$$

$$OP = \frac{12.70 \text{ min/unid}}{1.40 \text{ min/unid}}$$

$$OP = 9,07 \approx 10$$

Para cumplir con la demanda requerida teniendo como regla el tiempo de ciclo se debe trabajar con 10 operarios.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	37 de 112

Ahora para realizar la distribución de cargas de trabajo teniendo en cuenta el tiempo de ciclo y el número teórico de operarios calculados se procedió a seleccionar una regla principal para asignar tareas a las estaciones de trabajo y otras para desempatar para este caso se tuvo en cuenta como primera regla el peso de posición de cada operación y como segundo factor se tuvo en cuenta la polivalencia de las operarias y la disposición de los recursos.

### 14.3 PRECEDENCIAS DE OPERACIONES Y PESOS PONDERADOS

Precedencias y de pesos ponderados de posición (sumando el tiempo de duración de este elemento y de todos los que le siguen secuencialmente).

**Tabla 14. Precedencias y pesos ponderados módulo 1 ref 7633.**

Descripcion	Operación	Precedencia	Tiempo Por Unidad(min)	# de operacio	Peso de posicion	Ordenamto por pesos	Tarea
Unir copas inferior	A	----	0,67	14	10,65	10,65	A
Sesgar media copa	B	A	0,6	13	9,98	9,98	B
Unir copas	C	B	0,7	12	9,38	9,38	C
Sesgar copas	D	C	0,7	11	8,68	8,68	D
Filetear tira	E	----	0,3	12	8,52	8,52	E
Forrar tira	F	E	0,7	11	8,22	8,22	F
Unir cotilla a frente	G	D-F	0,8	10	7,52	7,52	G
Sesgar cotilla	H	G	0,6	9	6,72	6,72	H
Ensamblar	I	H	1,1	8	6,12	6,12	I
sesgar ensamble	J	I	0,7	7	5,02	5,02	J
unir espalda	K	J	0,56	6	4,32	4,32	K
sesgar espalda	L	K	0,7	5	3,76	4,26	M
Encauchar base-espald	M	----	0,55	6	4,26	3,76	L
Pisar base-espalda	N	M	0,65	5	3,71	3,71	N
Recortar sisa-tira	O	N	0,6	4	3,06	3,06	O
Resortar frente escote	P	O	0,5	3	2,46	2,46	P
Pegar tira	Q	P	0,66	2	1,96	1,96	Q
Pegar gancho	R	Q	0,84	1	1,3	1,3	R
Presillar *8	S	R	0,46	0	0,46	0,46	S

Elaborado por el autor.

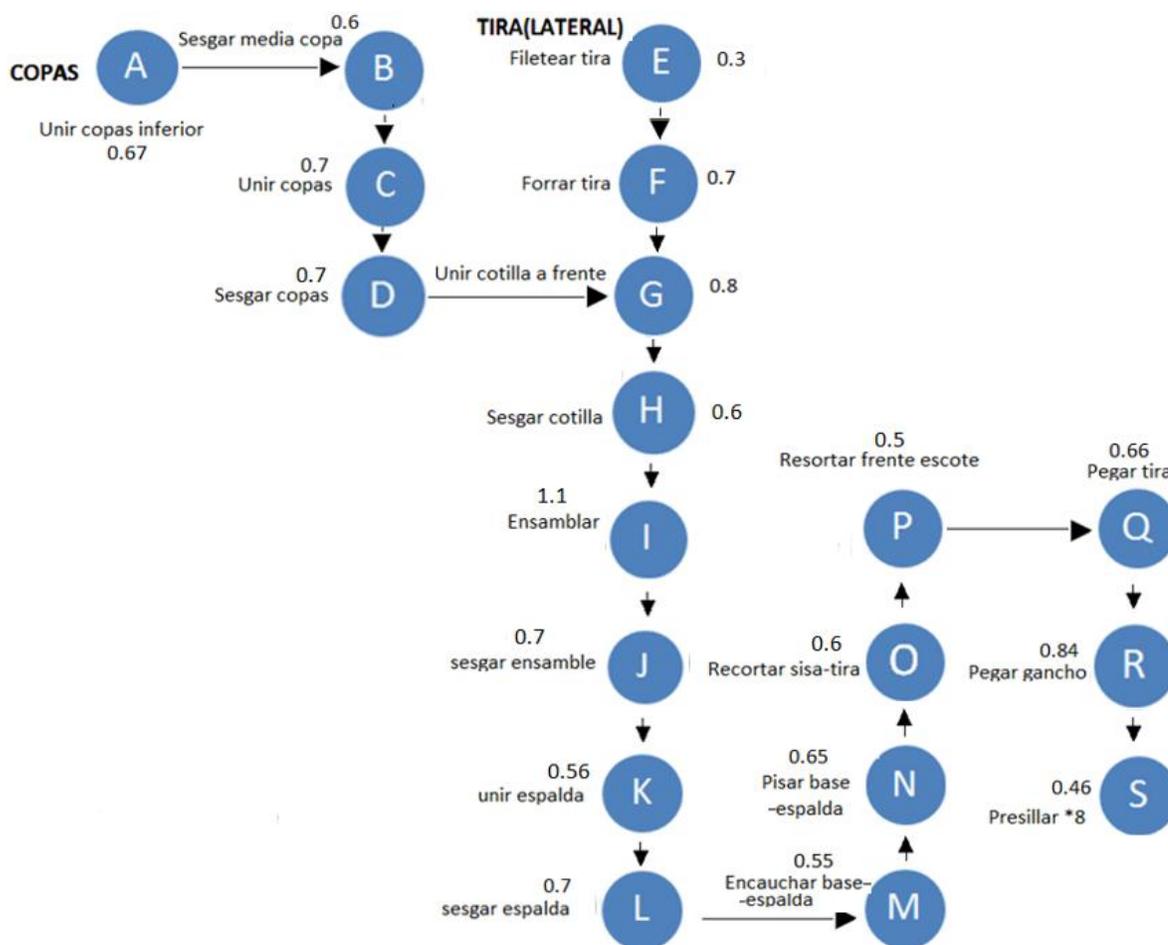
En la tabla 14 se observa las precedencias de las operaciones y los pesos de posición que determina un orden a seguir para la asignación de tareas a operarios. Para identificar mejor las secuencias de las operaciones es necesario hacer uso de un diagrama de precedencias.



### DIAGRAMA DE PRECEDENCIAS REFERENCIA 7633

Esta herramienta es muy útil cuando se quieren mostrar las secuencias de las tareas, enfatizar en aquellas que deben hacerse como prerrequisito de otra, y establecer el orden de operaciones que es muy importante a la hora de distribuir cargas de trabajo en la siguiente figura se muestra el diagrama de precedencias de la referencia 7633 .

Figura 4 .Diagrama de precedencias ref 7633 modulo 1.



	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	39 de 112

#### 14.4 DISTRIBUCION ACTUAL DE CARGAS DE TRABAJO A OPERARIOS

En la siguiente tabla se encuentra la distribución de trabajo asignada a las operarias del módulo 1 para la referencia 7633

**Tabla 15. Distribución actual de cargas de trabajo a operarios módulo 1 ref 7633**

OPERARIO	TAREA	TIEMPO OPERACIÓN	TIEMPO ACOMULADO	TIEMPO DE HOLGURA	MAQUINA	TIEMPO UT LZ MAQUINA(min)	TIEMPO UT LZ MAQUINA (hrs)
1	A	0,67	0,67	0,73	Plana c y c	214,4	3,6
1	C	0,7	1,37	0,03	Plana c y c	224	3,7
2	B	0,6	0,6	0,8	2 Agujas cristal	192	3,2
2	D	0,7	1,3	0,1	2 Agujas cristal	224	3,7
2	L	0,7	2	-0,6	2 agujas cristal	224	3,7
3	F	0,7	0,7	0,7	Plana	224	3,7
3	G	0,8	1,5	-0,1	Plana	256	4,3
4	E	0,3	0,3	1,1	Fileteadora	96	1,6
5	H	0,6	0,6	0,8	2 Agujas cristal	192	3,2
5	J	0,7	1,3	0,1	2 Agujas cristal	224	3,7
6	I	1,1	1,1	0,3	Plana	352	5,9
6	K	0,56	1,66	-0,26	Plana	179,2	3,0
7	M	0,55	0,55	0,85	Encauchadora	176	2,9
7	N	0,65	1,2	0,2	plana	208	3,5
8	O	0,6	0,6	0,8	zigzag	192	3,2
8	P	0,5	1,1	0,3	Zig-zag	160	2,7
9	R	0,84	0,84	0,56	3 pasos	268,8	4,5
9	Q	0,66	1,5	-0,1	3 pasos	211,2	3,5
10	S	0,74	0,74	0,66	presilladora	236,8	3,9

Elaborado por el autor.

Se puede observar que los operarios 2, 3, 6 y 9 están sobrecargados según el tiempo de ciclo de 1.4 min calculado para la producción de 320 unidades, este uno de los factores por el cual no se está cumpliendo con la meta de producción teniendo como tiempos ociosos 2,39 minutos.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	40 de 112

## 14.5 ASIGNACION BALANCEADA DE CARGAS DE TRABAJO A OPERARIOS

En la siguiente tabla se encuentra la distribución de cargas de trabajo teniendo en cuenta la polivalencia de las operarias, las precedencias, los pesos de posición y las maquinas utilizadas.

**Tabla 66. Distribución balanceada de cargas de trabajo a operarios módulo 1 ref 7633**

OPERARIO	TAREA	TIEMPO OPERACIÓN	TIEMPO ACOMULADO	TIEMPO DE HOLGURA	MAQUINA	TIEMPO UTLZ MAQUINA(min)	TIEMPO UTLZ MAQUINA (hrs)
1	A	0,67	0,67	0,73	Plana c y c	214,4	3,6
1	C	0,7	1,37	0,03	Plana c y c	224	3,7
2	B	0,6	0,6	0,8	2 Agujas cristal	192	3,2
2	D	0,7	1,3	0,1	2 Agujas cristal	224	3,7
3	E	0,3	0,3	1,1	Fileteadora	96	1,6
3	F	0,7	1	0,4	Plana	224	3,7
4	G	0,8	0,8	0,6	Plana	256	4,3
4	H	0,6	1,4	0	2 Agujas cristal	192	3,2
5	I	1,1	1,1	0,3	Plana	352	5,9
6	J	0,7	0,7	0,7	2 Agujas cristal	224	3,7
6	L	0,7	1,4	0	2 Agujas cristal	224	3,7
7	K	0,56	0,56	0,84	Plana	179,2	3,0
7	R	0,84	1,4	0	Plana	268,8	4,5
8	M	0,55	0,55	0,85	Coll encaucha	176	2,9
8	N	0,65	1,2	0,2	Zig-zag	208	3,5
9	O	0,6	0,6	0,8	Zig-zag	192	3,2
9	P	0,5	1,1	0,3	Zig-zag	160	2,7
10	Q	0,66	0,66	0,74	plana	211,2	3,5
10	S	0,74	1,4	0	Presilladora	236,8	3,9

Elaborado por el autor.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	<b>41 de 112</b>

Debido a la variabilidad de los tiempos fue necesario asignar a 10 operarios para operar al ritmo deseado cumpliendo con las 320 unidades demandadas y quedando como tiempo muerto 1,4 minutos por lo que este se redujo un 50,9%.  
Calculo de la eficiencia del módulo balanceado.

$$EF = \frac{\sum \text{tiempos de las tareas}}{OP * TC}$$

$$EF = \frac{12.7 \text{ min/unid}}{10 * 1.4 \text{ min/unid}}$$

$$EF = 0,907$$

Con el método aplicado para lograr el balanceo de línea se obtiene una eficiencia del 90,7 % trabajando con 10 operarios.

#### 14.6 DISTRIBUCION DE TRABAJO A LAS MAQUINAS EN EL MODULO 1 REFERENCIA 7633

**Tabla 17. Maquinas disponibles módulo 1**

MODULO 1: MAQUINAS DISPONIBLES	
MAQUINA	CANTIDAD
Plana	6
plana cose y corta	0
Fileteadora	2
2 agujas	2
Zig-zag	4
Collarin ribeteadora	1
Collarin Encaucadora	1
Presilladora	1
	<b>17</b>

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	42 de 112

### DIAGRAMA HOMBRE – MAQUINA REF.7633

Tras haber realizado la asignación de operaciones a los 10 trabajadores se procede a asignar cargas de trabajo a las máquinas disponibles en el módulo siempre teniendo en cuenta las secuencias de las operaciones y el tiempo disponible de cada máquina en un turno de 8 horas.

**Figura 52 .Diagrama hombre- máquina módulo 1 ref 7633. Elaborado por el autor.**

OPERARIO	1	2	3	3	4	4	5	6	7	8	8	9	10	10
MAQUINA	Plana cyc	2 Agu cristl	Filetead	Plana	Plana	2 Agu cristl	Plana	2 Agu cristl	Plana	Coll encau	Zig zag	Zig zag	Plana	Presilla
HORAS														
0.0	0.5													
0.5	1.0		E											S
1.0	1.5		1.6			H				M				2.5
1.5	2.0			F		3.2				2.9				
2.0	2.5	A	B		G			J	K		N	O	Q	
2.5	3.0	3.6	3.2		4.3			3.7	3		3.5	3.2	3.5	
3.0	3.5						I							
3.5	4.0						5.9							
4.0	4.5													
4.5	5.0								R			P		
5.0	5.5	C	D						4.5			2.7		
5.5	6.0	3.7	3.7					L						
6.0	6.5							3.7						
6.5	7.0													
7.0	7.5													

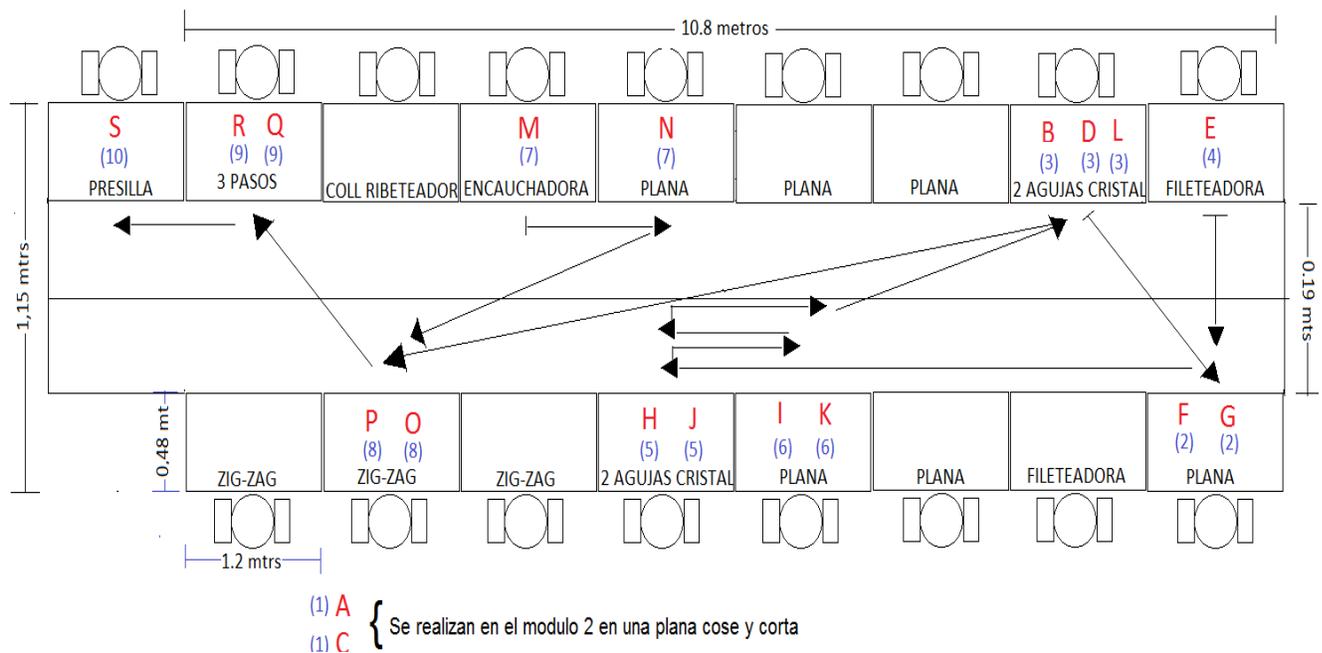
Mediante la distribución de cargas de trabajo a las maquinas se observó que para esta referencia no se requieren dos zig zag, una collarín ribeteadora una plana y una fileteadora existentes en el módulo pero si hay la necesidad de una plana cose-corta y una 2 agujas cristal en el módulo para no perder tiempos por desplazamientos a otras áreas y en total se utilizarían 14 máquinas.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	43 de 112

### 14.7 DISTRIBUCION DE MAQUINAS EN EL MODULO 1

#### DIAGRAMA DE RECORRIDO ACTUAL DEL PRODUCTO MODULO 1 REF 7633

El diagrama muestra el flujo actual del producto, su recorrido en el módulo teniendo en cuenta las secuencias de las actividades. El área total en el que está instalado el módulo 1 en las tareas de confección es de 12,42 metros cuadrados y cada estación de trabajo cuenta con un área de 0,54 metros por lo que de acuerdo a la información recogida del módulo se establece un una distancia aproximada recorrida por el producto y el operario de 32.4 metros por cada recorrido completo desde la primera hasta la última operación con el método actual.



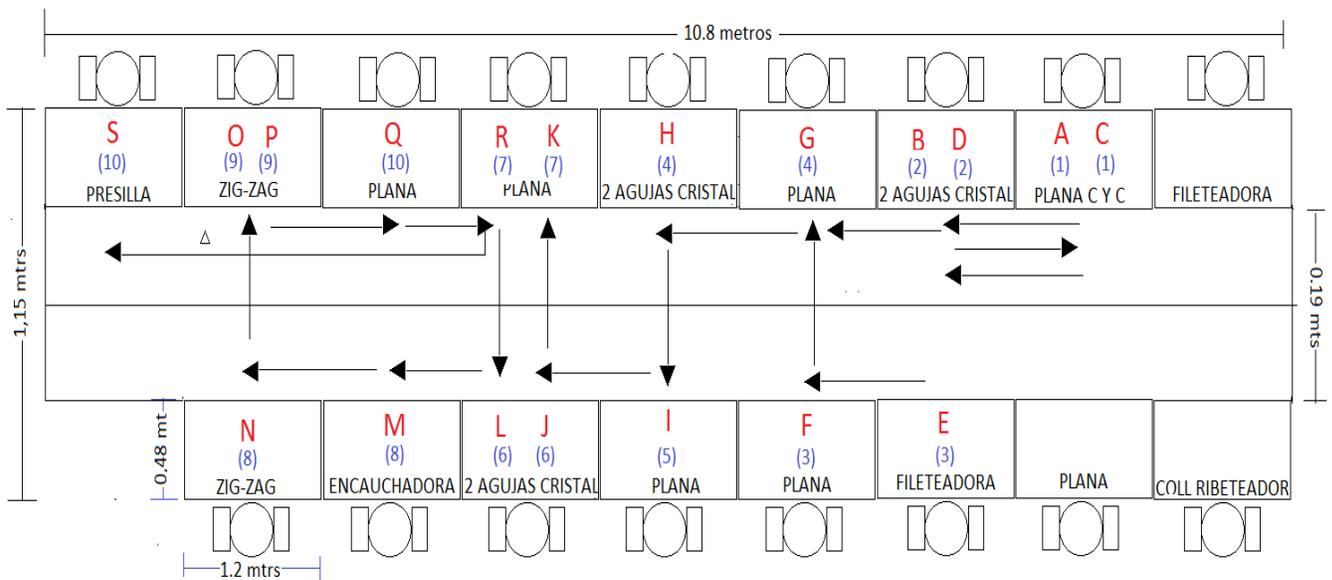
**Figura 63. Diagrama de recorrido actual módulo 1. Elaborado por el autor**

Las actividades A Y C que corresponden a unir copas inferior y unir copas se realizan en el módulo 2 por lo que la operaria encargada de estas actividades tiene que desplazarse cada vez que requiere material y llevar trabajo a sus compañeras de modulo lo que recae en pérdidas de tiempo en transportes por ausencia de la maquina plana cose y corta en el módulo 1.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	44 de 112

### DIAGRAMA DE FLUJO OPTIMIZADO REF .7633

Se realizó un modelo de reubicación de las maquinas del módulo 1 para procesar la referencia 7633 teniendo en cuenta la nueva redistribución de las cargas de trabajo a las operarias y a las máquinas. Con el sistema actual se estableció un recorrido aproximado del producto de 32.4 metros en un solo transporte y con el modelo propuesto se estima un recorrido de 16,8 metros por lo que se espera una reducción del transporte del 48.14 % en el siguiente diagrama se muestra el modelo para optimizar recorridos en esta referencia.



**Figura 74 .Diagrama de recorridos optimizado. Elaborado por el autor.**

Con el modelo de distribución de máquinas se espera un ahorro en costos por la eliminación de tiempos por recorridos innecesarios que aparecen cada vez que un operario tiene que levantarse e ir a llevar el producto a otro trabajador para su siguiente operación la distancia en recorridos que se desea eliminar se estima en 20,9 metros por recorrido y esta se incrementa significativamente ya que las operarias tienen que estar realizando estos transportes de producto constantemente.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	45 de 112

## 15. BALANCEO DE LINEA MODULO 2 REFERENCIA. 7519

### 15.1 CALCULO DEL TIEMPO DE CICLO

Es el tiempo que marca la velocidad de procesamiento del producto, o el tiempo que transcurre en la producción de cada pieza y se calcula de la siguiente forma:

$$TC = \frac{\text{Tiempo de producción por día}}{\text{Producción requerido por día}}$$

$$TC = \frac{450 \text{ min/día}}{350 \text{ unid/día}}$$

$$TC = 1,3 \text{ min/unid}$$

Para cumplir con una demanda de 350 unidades se debe cumplir con tener un ritmo de producción de 1 unidad en 1,3 min por operaria.

### 15.2 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE OPERADORES NECESARIOS

Determinar la cantidad mínima de operarios (OP) que en teoría se requiere para cumplir el límite de tiempo del ciclo de la estación de trabajo mediante la siguiente fórmula (se debe redondear al siguiente entero más alto)

$$OP = \frac{\sum \text{tiempos de las tareas}}{\text{Tiempo de ciclo}}$$

$$OP = \frac{12,41 \text{ min/unid}}{1,3 \text{ min/unid}}$$

$$OP = 9,54 \approx 10$$

Para cumplir con la demanda requerida teniendo como regla el tiempo de ciclo se necesitan 10 operarios. Ahora hay que seleccionar una regla principal para asignar tareas a las estaciones de trabajo y una segunda para desempatar para este caso se tendrá en cuenta como primera regla el peso de posición de cada operación y como segundo factor se tendrá en cuenta la disposición de los recursos y la relación operario-máquina.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	46 de 112

### 15.3 PRECEDENCIAS Y PESOS PONDERADOS

Determinación de las precedencias y pesos ponderados de posición (sumando el tiempo de duración de este elemento y de todos los que le siguen secuencialmente).

**Tabla 187. Precedencias y pesos ponderados módulo 2 ref 7519.**

	Operación	Precedencia	Tiempo Por Unidad(mi)	# de operacio dependientes	Peso de posicion	Ordenamie ntpor	Tarea
A	Unir injerto a copa externa	-----	0.48	15	10.35	10.35	A
B	Pespuntar injerto	A	0.4	14	9.87	9.87	B
C	Unir copa inferior superior	B	0.57	13	9.47	9.47	C
D	pespuntar copa	C	0.66	12	8.9	8.9	D
E	filetear copa sup	D	0.34	11	8.24	8.24	E
F	Unir frente a copas	E	0.94	10	7.9	7.9	F
G	Unir copas base	F	0.86	9	6.96	7.74	I
H	Recortar copas por base	G	0.42	8	6.1	7.32	J
I	Forrar centro	-----	0.42	11	7.74	6.96	G
J	Unir centro a cotilla	I	0.41	10	7.32	6.91	K
K	Resortar base	J	0.54	9	6.91	6.37	L
L	Pisar base	K	0.69	8	6.37	6.1	H
M	Ensamblar sobreponiendo	H-L	0.83	7	5.68	5.68	M
N	Resortar sisas	M	0.56	6	4.85	4.85	N
O	Pisar sisa	N	0.74	5	4.29	4.29	O
P	Sesgar copas aro	O	0.63	4	3.55	3.55	P
Q	Sesgar espaldas	P	0.35	3	2.92	2.92	Q
R	Pegar tiras a espalda	Q	0.64	2	2.57	2.57	R
S	Pegar gancho ojillo y mar	R	0.93	1	1.93	1.93	S
T	presillar *16	S	1	0	1	1	T

Elaborado por el autor.

### DIAGRAMA DE PRECEDENCIAS REF.7519

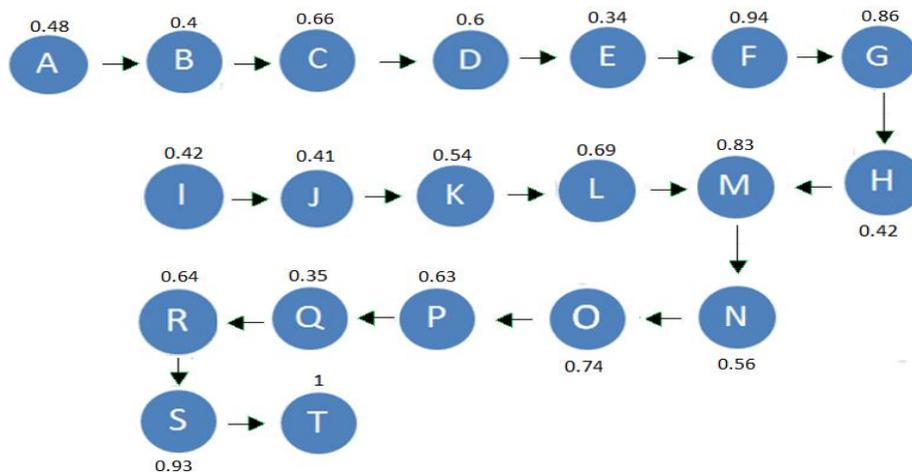


Figura 5 Diagrama de precedencias ref 7519 modulo2. Elaborado por el autor.

### 15.4 ASIGNACION DE CARGAS DE TRABAJO A OPERARIOS

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	47 de 112

En la siguiente tabla se encuentra la asignación de tareas a operarios teniendo en cuenta la precedencia, los pesos de posición, el personal y las maquinas utilizado.

**Tabla 198. Distribución balanceada de cargas de trabajo a operarios módulo 2 ref 7519**

OPERARIO	TAREA	TIEMPO	TIEMPO DE HOLGURA	MAQUINA	TIEMPO UTLZ MAQUINA(min)	TIEMPO UTLZ MAQUINA (hrs)
1	A	0.48	0.82	Plana	168	2.8
1	B	0.4	0.42	Plana	140	2.3
1	I	0.42	0	Plana	147	2.4
2	C	0.57	0.73	Plana	199.5	3.3
2	D	0.66	0.07	Plana	231	3.9
3	E	0.34	0.96	Fileteadora	119	2.0
3	F	0.94	0.02	Plana	329	5.5
4	G	0.86	0.44	plana	301	5.0
4	H	0.42	0.02	Fileteadora	147	2.5
5	J	0.45	0.85	Plana	157.5	2.6
5	M	0.83	0.02	Plana	290.5	4.8
6	K	0.54	0.76	Encauchadora	189	3.2
6	L	0.69	0.07	Zig-zag	241.5	4.0
7	N	0.56	0.74	Encauchadora	196	3.3
7	O	0.74	0	Collarin	259	4.3
8	P	0.63	0.67	2 agujas	220.5	3.7
8	R	0.64	0.03	Plana 3 pasos	224	3.7
9	Q	0.35	0.95	2 agujas	122.5	2.0
9	S	0.93	0.02	Zig-zag	325.5	5.4
10	T	1	0.3	presilla	350	5.8

Elaborado por el autor.

Calculo de la eficiencia del módulo balanceado

$$EF = \frac{\sum \text{tiempos de las tareas}}{OP * TC}$$

$$EF = \frac{12.41 \text{ min/unid}}{10 * 1,3 \text{ min/unid}}$$

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	48 de 112

$$EF = 0,95$$

Con el método aplicado para lograr el balanceo de línea se obtiene una eficiencia del 0,95 % trabajando con 10 operarios y 16 máquinas para lograr la producción de 350 unid/día.

## 15.5 DISTRIBUCION DE TRABAJO A LAS MAQUINAS EXISTENTES EN EL MODULO

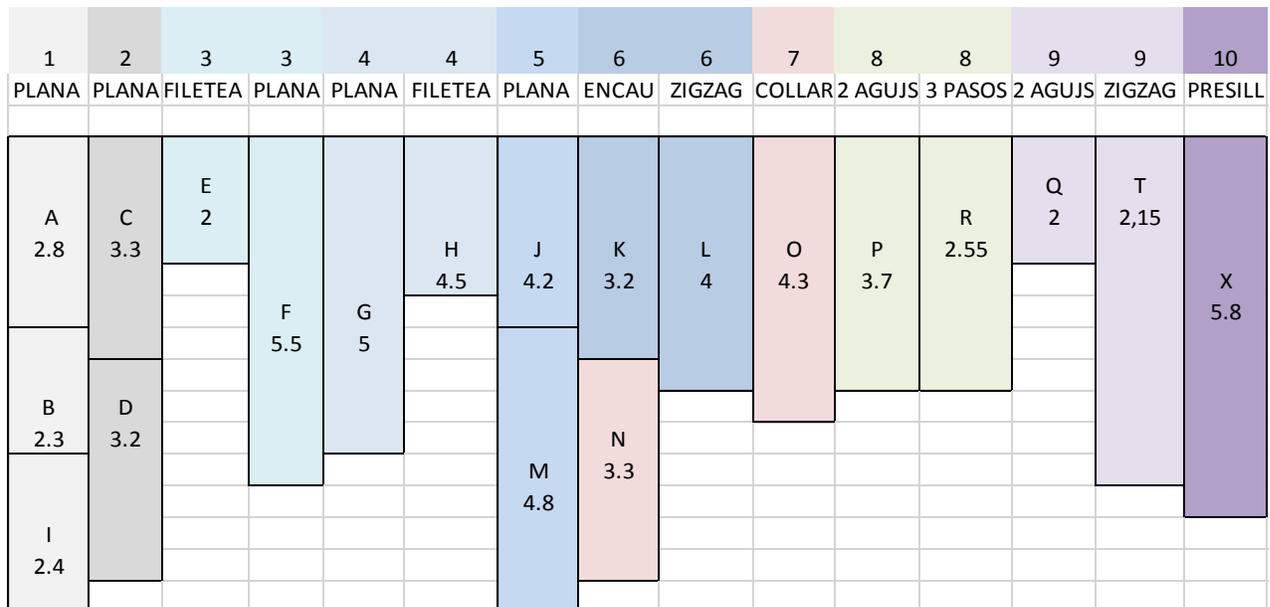
**Tabla 209. Maquinas disponibles módulo 2.**

MODULO 9: MAQUINAS DISPONIBLES	
MAQUINA	CANTIDAD
Plana	6
plana 3 pasos	1
Fileteadora	2
2 agujas	2
Zig-zag	2
Collarin ribeteadora	1
Collarin Encaucadora	1
Presilladora	1
	<b>16</b>

Elaborado por el autor.

DIAGRAMA HOMBRE – MAQUINA REF.7519

**Figura 96 Diagrama hombre-máquina ref 7519. Elaborado por el autor.**



	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	49 de 112

Tras haber realizado la asignación de operaciones a los 10 trabajadores calculados se procede a asignar cargas de trabajo a las 16 máquinas disponibles en el módulo siempre teniendo en cuenta las secuencias de las operaciones y el tiempo disponible de cada máquina en un turno de 8 horas

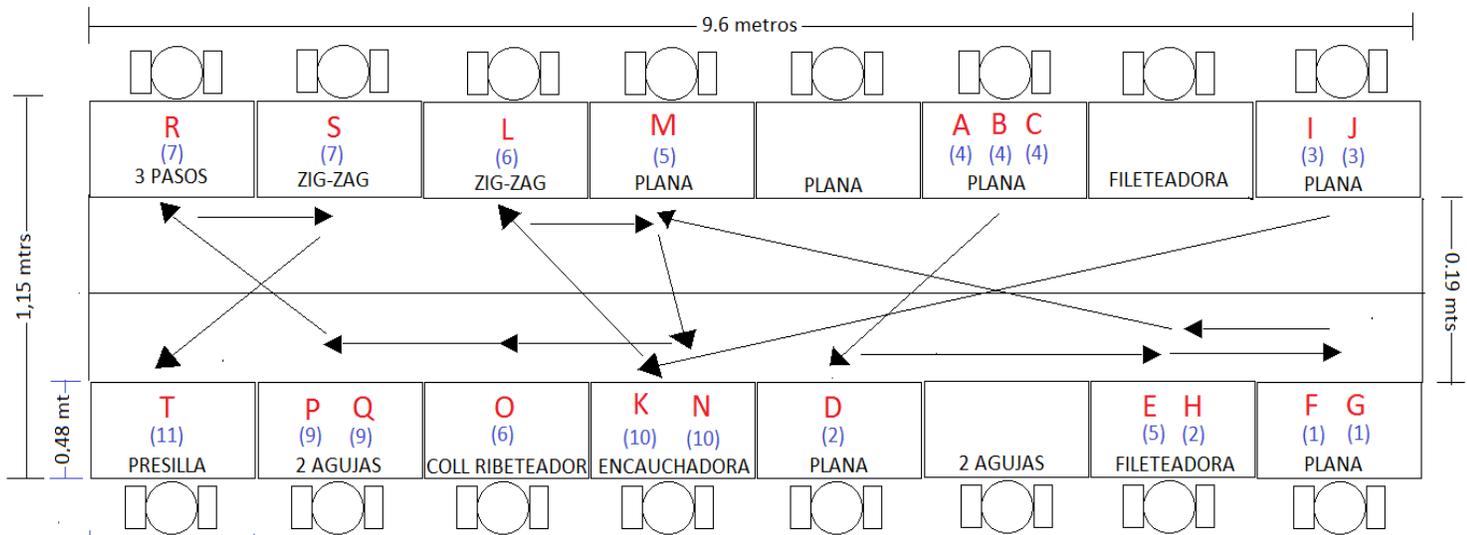
Mediante la distribución de cargas de trabajo a las maquinas se observó que sobra una plana para esta referencia y en total se utilizarían 15 máquinas, por otra parte hay 2 actividades que se realizan en máquina compartida collarín encauchadora entre los operarios 6-7 sin afectar el tiempo disponible por el recurso.

### 15.6 DSITRIBUCION DE MAQUINAS EN EL MODULO 2

#### DIAGRAMA DE RECORRIDO ACTUAL DEL PRODUCTO EN EL MODULO 2 REF 7519

El diagrama muestra el flujo actual del producto, su recorrido en el módulo teniendo en cuenta las secuencias de las actividades. El área total en el que está instalado el módulo 9 en las tareas de confección es de 11,04 metros cuadrados y cada estación de trabajo cuenta con un área de 0,54 metros por lo que de acuerdo a la información recogida del módulo se establece un una distancia estimada recorrida por el producto y el operario de 42,5 metros.

Figura 107. Diagrama de recorrido actual ref 7519. E laborado por el autor.

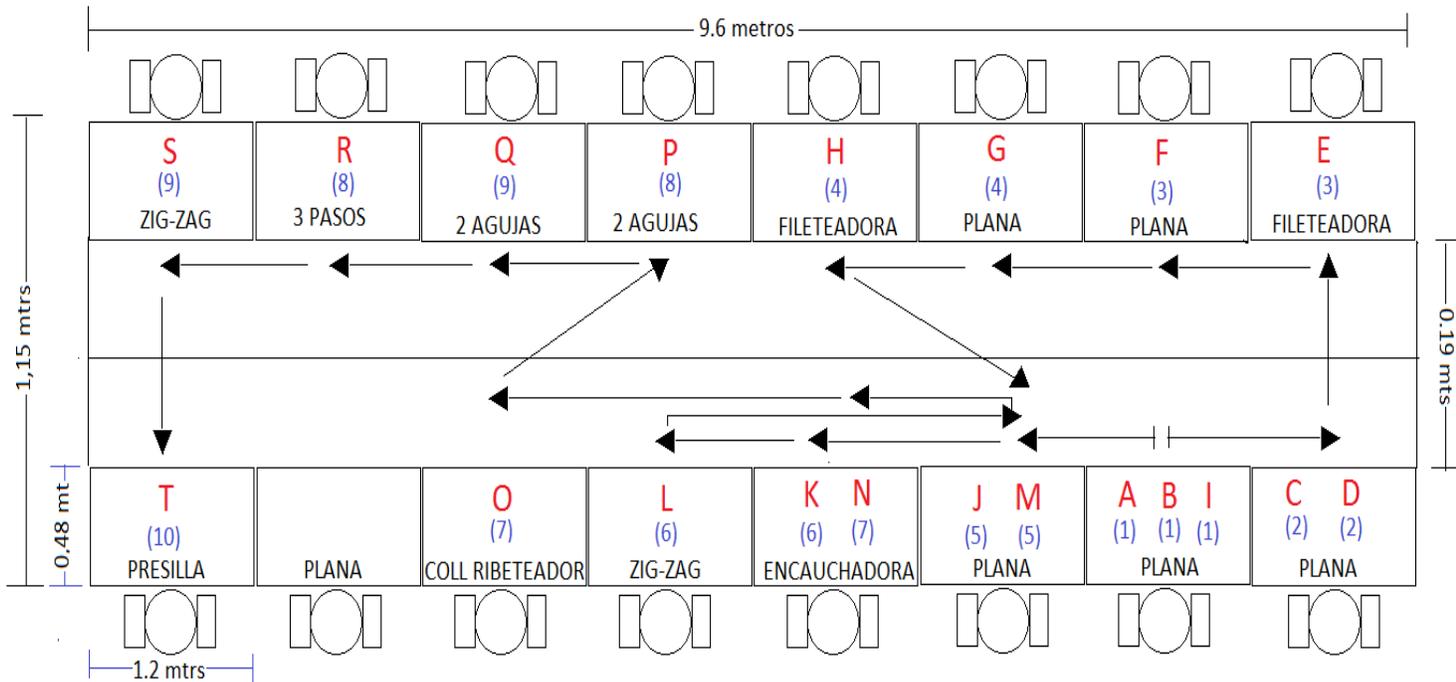




### DE FLUJO OPTIMIZADO REF .7519

Se realizó un modelo de reubicación de las maquinas del módulo 2 para procesar la referencia 7519 teniendo en cuenta la nueva redistribución de las cargas de trabajo a las operarias, las secuencias de las operaciones y las maquinas necesarias para el desarrollo del producto y cumplir con la meta esperada. Con el sistema actual se estableció un recorrido aproximado del producto de 31.15 metros y con el modelo propuesto se estima un recorrido de 20,4 metros por lo que se espera una reducción del transporte del 34,5 % en el siguiente diagrama se muestra el modelo para optimizar recorridos en esta referencia.

**Figura 11 Diagrama de recorrido optimizado ref 7519 modulo2. Elaborado por el autor.**



	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	51 de 112

## 16. BALANCEO DE LINEA DEL MODULO 3 REFERENCIA .7608

### 16.1 CALCULO DEL TIEMPO DE CICLO

Tiempo que marca la velocidad de procesamiento del producto., o el tiempo que transcurre en la producción de cada pieza por operaria y se calcula de la siguiente forma:

$$TC = \frac{\text{Tiempo de produccion por dia}}{\text{Produccion requerido por dia}}$$

$$TC = \frac{450 \text{ min/dia}}{300 \text{ unid/dia}}$$

$$TC = 1,5 \text{ min/unid}$$

Para cumplir con una demanda de 320 unidades se debe cumplir con producir 1 unidad en 1,5 min.

### 16.2 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE OPERADORES NECESARIOS

Determinar la cantidad mínima de operarios (OP) que en teoría se requiere para cumplir el límite de tiempo del ciclo de la estación de trabajo mediante la siguiente fórmula (se debe redondear al siguiente entero más alto)

$$OP = \frac{\sum \text{tiempos de las tareas}}{\text{Tiempo de ciclo}}$$

$$OP = \frac{14,32 \text{ min/unid}}{1,5 \text{ min/unid}}$$

$$OP = 9,54 \approx 10$$

Para cumplir con la demanda requerida teniendo como regla el tiempo de ciclo se necesitan 10 operarios.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	52 de 112

### 16.3 PRECEDENCIAS DE OPERACIONES Y PESOS PONDERADOS

Tabla de precedencias y de pesos ponderados de posición (sumando el tiempo de duración de este elemento y de todos los que le siguen secuencialmente).

**Tabla 2110. Precedencias y pesos ponderados módulo 3 ref 7608.**

	Operación	Precedencia	Tiempo Por Unidad(min)	Peso de posicion	Ordenamient por pesos	Tarea
A	Armar pinzas	----	0.51	Plana	11.68	E
B	Filetar copa sup	----	0.3	Fileteadora	10.58	F
C	Unir frente a copas	A-B	0.64	Plana	9.95	G
D	Unir copas pos base y rec	C	0.65	Plana	9.56	H
E	Forrar espalda	----	0.95	Plana	9.3	A
F	Unir espalda	E	0.63	Plana	9.09	B
G	Forrar centro	F	0.39	Plana	8.46	I
H	Resortar base	G	0.9	Zig-zag	8.45	C
I	Pisar base	H	0.51	Zig-zag	7.95	J
J	Sesgar centro	I	0.45	2 agujas	7.81	D
K	Ensamblar	D-J	0.84	Plana	7.5	K
L	Sesgar copas	K	0.76	2 agujas	7.03	M
M	Forrar lateral	----	0.53	Plana	6.66	L
N	Ribetear lateral	M	0.6	Collarin	6.5	N
O	Unir lateral a copas	L-N	0.42	Plana	5.9	O
P	Sesgar lateral frente	O	0.55	2 agujas	5.48	P
Q	Unir lados	P	0.32	plana	4.93	Q
R	Resortar sisa	Q	0.51	Encauchadora	4.61	R
S	Pisar sisa	R	0.6	Zig-zag	4.1	S
T	Sesgar espalda	S	0.43	2 agujas	3.5	T
U	Pegar tiras a espalda	T	0.81	2 agujas	3.07	U
W	Pegar gancho,ojillo y marc	U	1.06	Zig-zag	2.26	W
X	presillar *20	W	1.2	Presilladora	1.2	X

Elaborado por el autor.



### DIAGRAMA DE PRECEDENCIAS REF 7608

Esta herramienta visual permite ilustrar gráficamente la secuencia de las operaciones que se debe seguir para la elaboración del producto, esta referencia cuenta con 23 operaciones de confección es de aclarar que la operación de introducir varillas no se realiza en el módulo este es llevado a otra área cerca, por lo que no se tuvo en cuenta en la sumatoria de tiempos totales ni en la asignación de tareas a operarios del módulo 3.

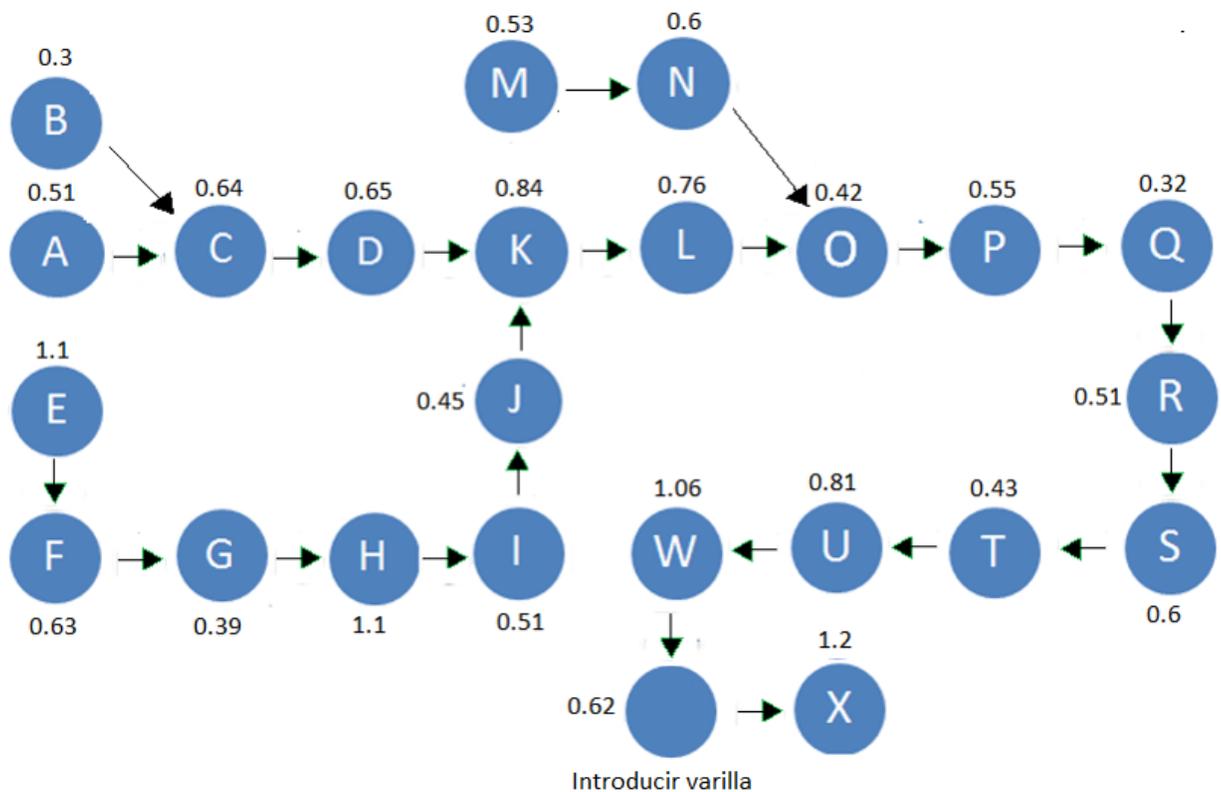


Figura 128. Diagrama de precedencias ref 7608 modulo 3. Elaborado por el autor.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	54 de 112

#### 16.4 ASIGNACION DE CARGAS DE TRABAJO A OPERARIOS

En la siguiente tabla se encuentra la asignación de tareas a operarios teniendo en cuenta la precedencia, los pesos de posición, el personal y las maquinas utilizadas.

**Tabla 22. Distribución balanceada de cargas de trabajo a operarios módulo 3 ref 7608.**

OPERARIO	TAREA	TIEMPO	TIEMPO DE HOLGURA	MAQUINA
1	E	0.9	0.6	Plana
1	F	0.6	0	Plana
2	A	0.51	0.99	Plana
2	B	0.3	0.69	Fileteadora
2	C	0.64	0.05	Plana
3	D	0.65	0.85	Plana
3	G	0.39	0.46	Plana
3	J	0.45	0.01	2 agujas
4	H	0.9	0.6	Zig-zag
4	I	0.51	0.09	Zig-zag
5	K	0.84	0.66	Plana
5	L	0.65	0.01	2 agujas
6	M	0.53	0.97	Plana
6	N	0.55	0.42	Collarin ribete
6	O	0.42	0	Plana
7	P	0.55	0.95	2 agujas
7	Q	0.32	0.63	Plana
7	R	0.51	0.12	Encauchadora
8	S	0.6	0.9	Zig-zag
8	U	0.81	0.09	2 agujas
9	T	0.43	1.07	2 agujas
9	W	1.06	0.01	Zig-zag
10	X	1.2	0.3	Presilladora

Elaborado por el autor.

Calculo de la eficiencia del módulo balanceado

$$EF = \frac{\sum \text{tiempos de las tareas}}{OP * TC}$$

$$EF = \frac{14,32 \text{ min/unid}}{10 * 1,5 \text{ min/unid}}$$

$$EF = 0,95$$

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	55 de 112

Con el método aplicado para lograr el balanceo de línea se obtiene una eficiencia del 0,93 % trabajando con 10 operarios y 16 máquinas para lograr la producción de 300 unid/día.

### 16.5 DISTRIBUCION DE TRABAJO A LAS MAQUINAS EXISTENTES EN EL MODULO

**Tabla 23. Maquinas disponibles módulo 3.**

MODULO 3: MAQUINAS DISPONIBLES	
MAQUINA	CANTIDAD
Plana	5
plana cose y corta	1
Fileteadora	2
2 agujas	2
Zig-zag	2
Collarin ribeteadora	1
Collarin Encaucadora	2
Presilladora	1
	<b>16</b>

Elaborado por el autor. 1

### DIAGRAMA HOMBRE - MAQUINA

OPERARIO	1	2	2	3	3	5	4	5	6	6	7	8	7	7	8	9	10
MAQUINA	PLANA	PLANA	FILETEA	PLANA	2 AGUJS	ZIGZAG	PLANA	PLANA	COII RIB	2 AGUJS	PLANA	ENCAU	ZIGZAG	2 AGUJS	PRESILL		
HORAS																	
0.0	0.5																
0.5	1.0																
1.0	1.5	E		B	J				M	N	P	Q	R	S	T		
1.5	2.0	4.5	A	1.5	2.25	H	K	2.65	2.75	2.75	1.6	2.55	3	2,15			
2.0	2.5		2.55		3.25	4.5	4.2										X
2.5	3.0																6
3.0	3.5																
3.5	4.0																
4.0	4.5		C		G	5L		O									
4.5	5.0		3.2		1.95	3.25		2.1									
4.5	5.0										8U				W		
5.0	5.5	F									4.05				4,25		
5.5	6.0	3.0															
6.0	6.5																
6.5	7.0																
7.0	7.5																

**Figura 13. Diagrama hombre- máquina módulo 3 ref 7608. Elaborado por el autor.**



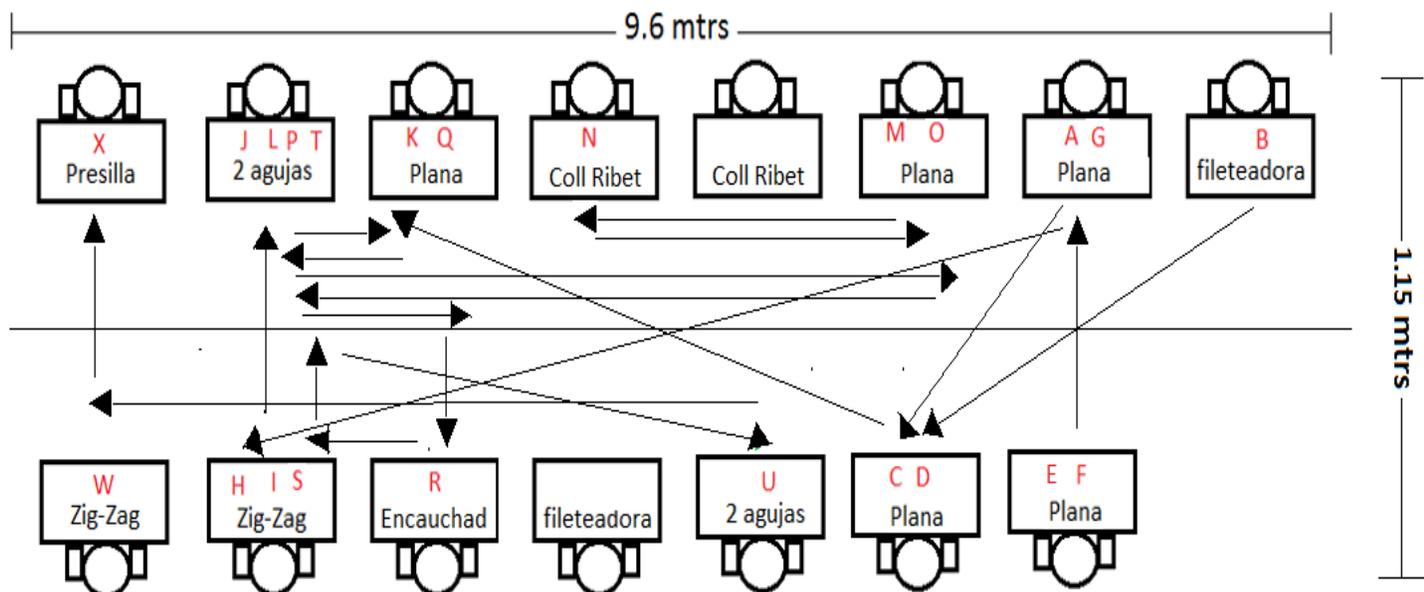
A partir de la distribución de tareas realizada en el diagrama anterior se observa que existe la necesidad de 2 máquinas, una plana y una 2 agujas para cumplir con la demanda ya que las existentes ya tienen asignada carga completa, también hay 3 máquinas una fileteadora, una collarín ribeteadora y una plana cose y corta que no se utilizan para esta referencia y pueden ser asignadas a otro modulo que las requiera y se puedan aprovechar esos espacios para disminuir recorridos, por otra parte hay 6 actividades que se realizan en máquinas compartidas entre los operarios 3-5, 7-8 y 8-9 sin afectar el tiempo disponible por el recurso para un total de 15 máquinas utilizadas

### 16.6 DISTRIBUCION DE MAQUINAS EN EL MODULO 3

#### DIAGRAMA DE RECORRIDO ACTUAL DEL PRODUCTO EN EL MODULO 3

El diagrama muestra el flujo actual del producto, su recorrido en el módulo teniendo en cuenta las secuencias de las actividades. El área total en el que está instalado el módulo 9 en las tareas de confección es de 11,04 metros cuadrados y cada estación de trabajo cuenta con un área de 0,54 metros por lo que de acuerdo a la información recogida del módulo se establece una distancia estimada recorrida por el producto y el operario de 42,5 metros.

Figura 14. Diagrama de recorrido actual ref 7608. E laborado por el autor.



	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	57 de 112

## DIAGRAMA DE FLUJO OPTIMIZADO

Se realizó un modelo de reubicación de las maquinas del módulo 3 para procesar la referencia 7608 teniendo en cuenta la nueva redistribución de las cargas de trabajo a las operarias, las secuencias de las operaciones y las maquinas necesarias para el desarrollo del producto y cumplir con la meta esperada. Con el sistema actual se estableció un recorrido aproximado del producto de 42,5 metros y con el modelo propuesto se estima un recorrido de 21,6 metros por lo que se espera una reducción del transporte del 50,8 %, en el siguiente diagrama se muestra el modelo para optimizar recorridos en esta referencia

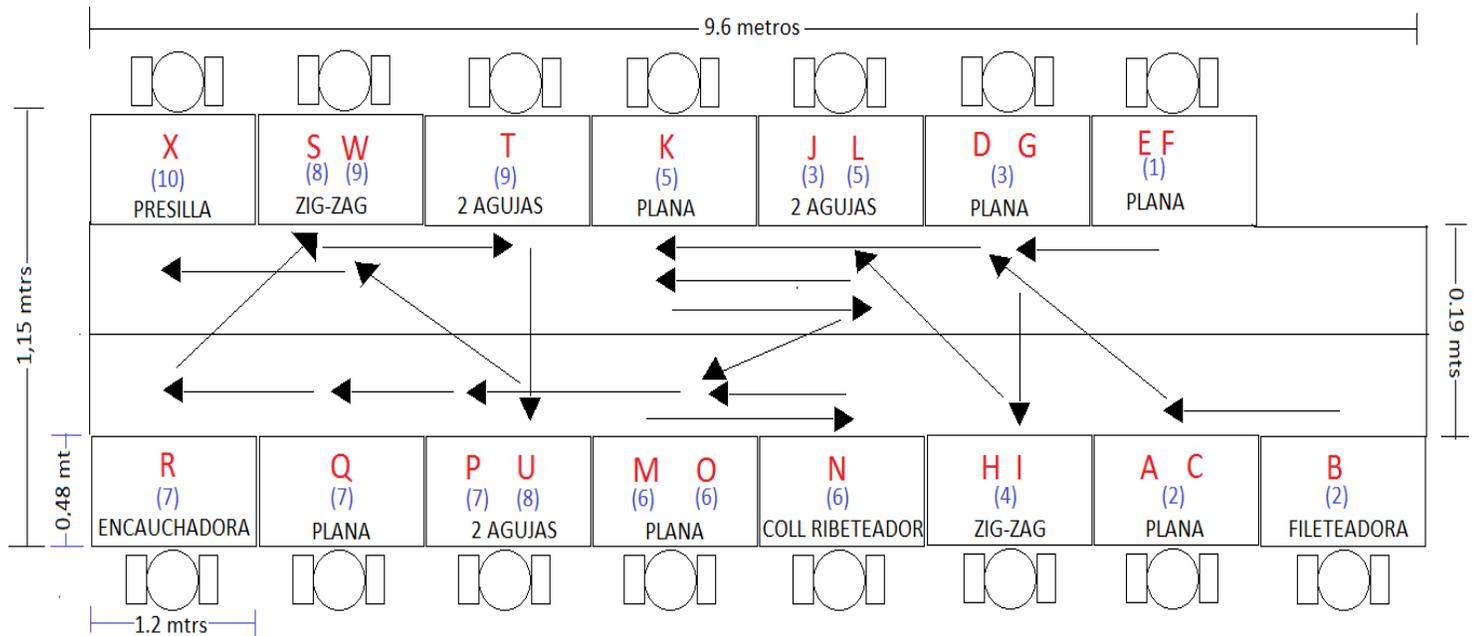


Figura 159. Diagrama de recorrido optimizado ref 7608. E laborado por el autor.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	58 de 112

## 17. BALANCEO DE LINEA DEL MODULO 4 REFERENCIA 7596

### 17.1 CALCULO DEL TIEMPO DE CICLO

Es el tiempo que determina el ritmo de producción, o el tiempo que transcurre en la producción de cada pieza y se calcula de la siguiente forma:

$$TC = \frac{\text{Tiempo de produccion por dia}}{\text{Produccion requerido por dia}}$$

$$TC = \frac{450 \text{ min/dia}}{400 \text{ unid/dia}}$$

$$TC = 1.12 \text{ min/unid}$$

Para cumplir con una demanda de 400 unidades se debe cumplir con un flujo de producción de 1.12 minutos por unidad.

Cuellos de botella que superan al TC:

**Tabla 24.11 Cuellos de botella que superan al TC ref 7596**

	Operación	Tiempo Por Unidad(min)
A	Unir prehormado a copas	0.48
B	Forrar copa por base	1.2
C	Recortar por base	0.51
D	Unir centro a cotilla	0.66
E	Sesgar centro	0.63
F	Encauchar base	0.49
G	Pisar base	1.22
H	Ensamblar	0.71
I	Ribetear sisas	0.72
J	Sesgar copas	0.58
K	sesgar lateral	0.39
L	Pegar tira	0.76
M	Pegar gancho,ojillo y marq	0.72
N	preisillar	1.06
		10.13

**Elaborado por el autor.**

Una técnica para eliminar los cuellos de botella es duplicar las operaciones a mitad del tiempo de ciclo original de tal forma que no supere el TC:



**Tabla 2512 Eliminación cuellos de botella ref 7596**

	Operación	Tiempo Por Unidad(min)
A	Unir prehormado a copas	0.48
B1	Forrar copa por base	0.6
B2	Forrar copa por base	0.6
C	Recortar por base	0.51
D	Unir centro a cotilla	0.66
E	Sesgar centro	0.63
F	Encauchar base	0.49
G1	Pisar base	0.61
G2	Pisar base	0.61
H	Ensamblar	0.71
I	Ribetear sisas	0.72
J	Sesgar copas	0.58
K	sesgar lateral	0.39
L1	Pegar tira	0.76
M	Pegar gancho,ojillo y marq	0.72
N	preisillar	1.06
		10.13

Elaborado por el autor.

## 17.2 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE OPERADORES NECESARIOS

Determinar la cantidad mínima de operarios (OP) que en teoría se requiere para cumplir el límite de tiempo del ciclo de la estación de trabajo mediante la siguiente fórmula (se debe redondear al siguiente entero más alto)

$$OP = \frac{\sum \text{tiempos de las tareas}}{\text{Tiempo de ciclo}}$$

$$OP = \frac{10.13 \text{ min/unid}}{1.12 \text{ min/unid}}$$

$$OP = 9.04 \approx 10$$

Para cumplir con la demanda requerida teniendo como regla el tiempo de ciclo se necesitan 10 operarios.



### 17.3 PRECEDENCIAS DE OPERACIONES Y PESOS PONDERADOS

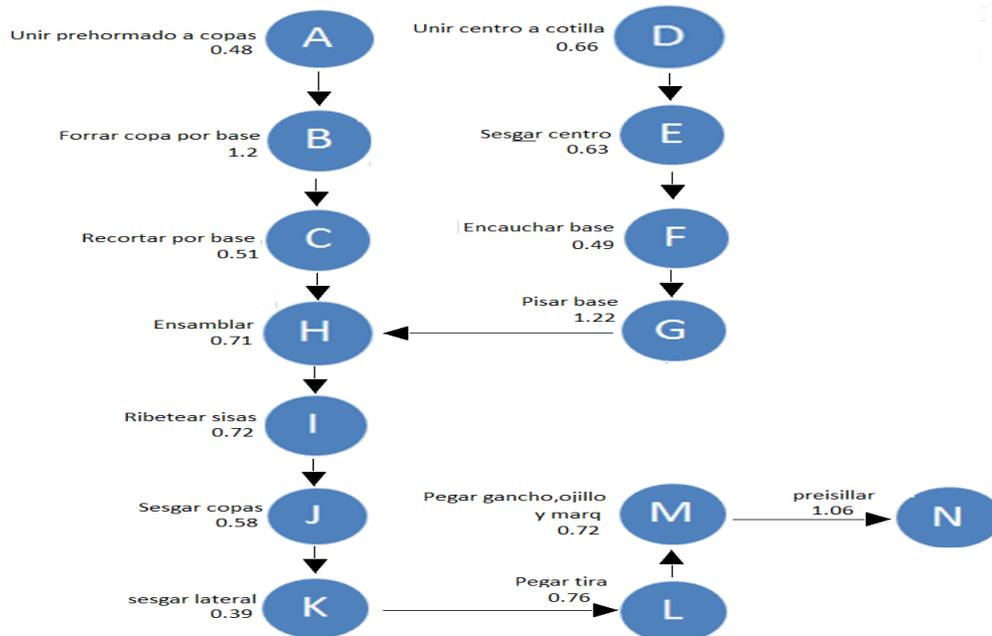
Tabla de precedencias y de pesos ponderados de posición (sumando el tiempo de duración de este elemento y de todos los que le siguen secuencialmente).

**Tabla 26. Precedencias y pesos ponderados módulo 4 ref 7596.**

Operación	Descripción	Precedencia	Tiempo Por Unidad(min)	# de operacio	Peso de posicion	Ordenamiento por	Tarea
A	Unir prehormado a copas	-----	0.48	9	7.13	7.94	D
B	Forrar copa por base	A	1.2	8	6.65	7.28	E
C	Recortar por base	B	0.51	7	5.45	7.13	A
D	Unir centro a cotilla	-----	0.66	10	7.94	6.65	B
E	Sesgar centro	D	0.63	9	7.28	6.65	F
F	Encauchar base	E	0.49	8	6.65	6.16	G
G	Pisar base	F	1.22	7	6.16	5.45	C
H	Ensamblar	C-G	0.71	6	4.94	4.94	H
I	Ribetear sisas	H	0.72	5	4.23	4.23	I
J	Sesgar copas	I	0.58	4	3.51	3.51	J
K	sesgar lateral	J	0.39	3	2.93	2.93	K
L	Pegar tira	K	0.76	2	2.54	2.54	L
M	Pegar gancho,ojillo y marq	L	0.72	1	1.78	1.78	M
N	preisillar	M	1.06	0	1.06	1.06	N

Elaborado por el autor.

#### DIAGRAMA DE PRECEDENCIAS REF.7596



**Figura 16. Diagrama de precedencias ref 7596 modulo 4. Elaborado por el autor.**

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	61 de 112

#### 17.4 ASIGNACION DE CARGAS DE TRABAJO A OPERARIOS

En la siguiente tabla se encuentra la asignación de tareas a operarios teniendo en cuenta la precedencia, los pesos de posición, el personal y las maquinas utilizado.

**Tabla 27. Distribución balanceada de cargas de trabajo a operarios módulo 4 ref 7596.**

OPERARIO	TAREA	TIEMPO	TIEMPO DE HOLGURA	MAQUINA	TIEMPO UTLZ MAQUINA(min)	TIEMPO UTLZ MAQUINA (hrs)
1	D	0.66	0.46	Plana automatica	247.5	4.1
1	G1	0.3	0.16	Plana	112.5	1.9
2	E	0.63	0.49	2 agujas	236.25	3.9
2	F	0.49	0	Encauchadora coll	183.75	3.1
3	A	0.48	0.64	Fileteadora	180	3.0
3	B1	0.6	0.04	Plana	225	3.8
4	C	0.51	0.61	Fileteadora	191.25	3.2
4	B2	0.6	0.01	Plana	225	3.8
5	G2	0.92	0.2	Plana	345	5.8
6	H	0.71	0.41	Fileteadora	266.25	4.4
7	I	0.72	0.48	Zig-zag	270	4.5
7	L1	0.38	0.1		142.5	2.4
8	J	0.58	0.54	Zig-zag	217.5	3.6
8	K	0.39	0.15	plana	146.25	2.4
9	L2	0.38	0.74	Fileteadora	142.5	2.4
9	M	0.72	0.02	2 agujas	270	4.5
10	N	1.06	0.06	Presilla	397.5	6.6

Elaborado por el autor.

Para poder asignar cargas de trabajo a los 10 operarios fue necesario dividir la operación de pegar tira para asignarla a dos operarios diferentes y así obtener una carga completa

#### CALCULO DE LA EFICIENCIA DEL MODULO BALANCEADO

$$EF = \frac{\sum \text{tiempos de las tareas}}{OP * TC}$$

$$EF = \frac{10.13 \text{ min/unid}}{10 * 1.12 \text{ min/unid}}$$

$EF = 0,90$  Con el método aplicado para lograr el balanceo de línea se obtiene una eficiencia del 90 % trabajando con 10 operarios y 14 máquinas para lograr la producción de 400 unid/día.



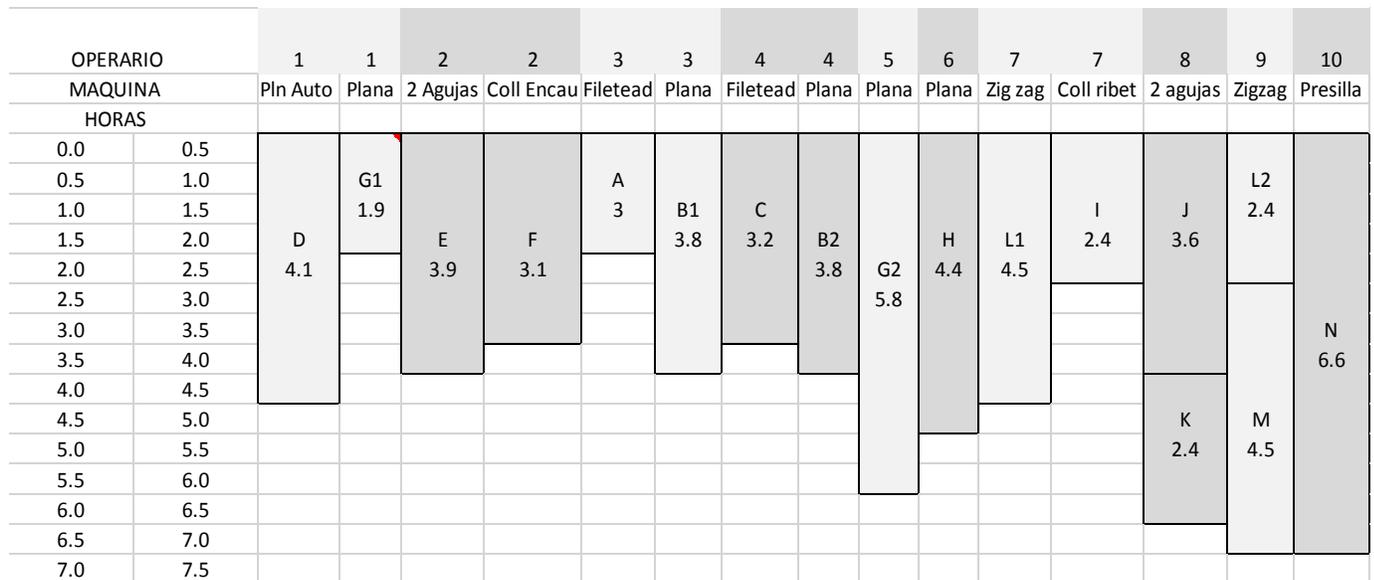
### 17.5 DISTRIBUCION DE TRABAJO A LAS MAQUINAS EXISTENTES EN MODULO 4

**Tabla 13. Maquinas disponibles módulo 4.**

MODULO 4: MAQUINAS DISPONIBLES	
MAQUINA	CANTIDAD
Plana	5
Plana automatica	0
plana cose y corta	0
Fileteadora	2
2 agujas	2
Zig-zag	5
Collarin ribeteadora	1
Collarin Encaucadora	1
Presilladora	2
	<b>18</b>

Elaborado por el autor.

#### DIAGRAMA HOMBRE – MAQUINA REF.7596



**Figura 17. Diagrama hombre- máquina módulo 4 ref 7596. Elaborado por el autor.**

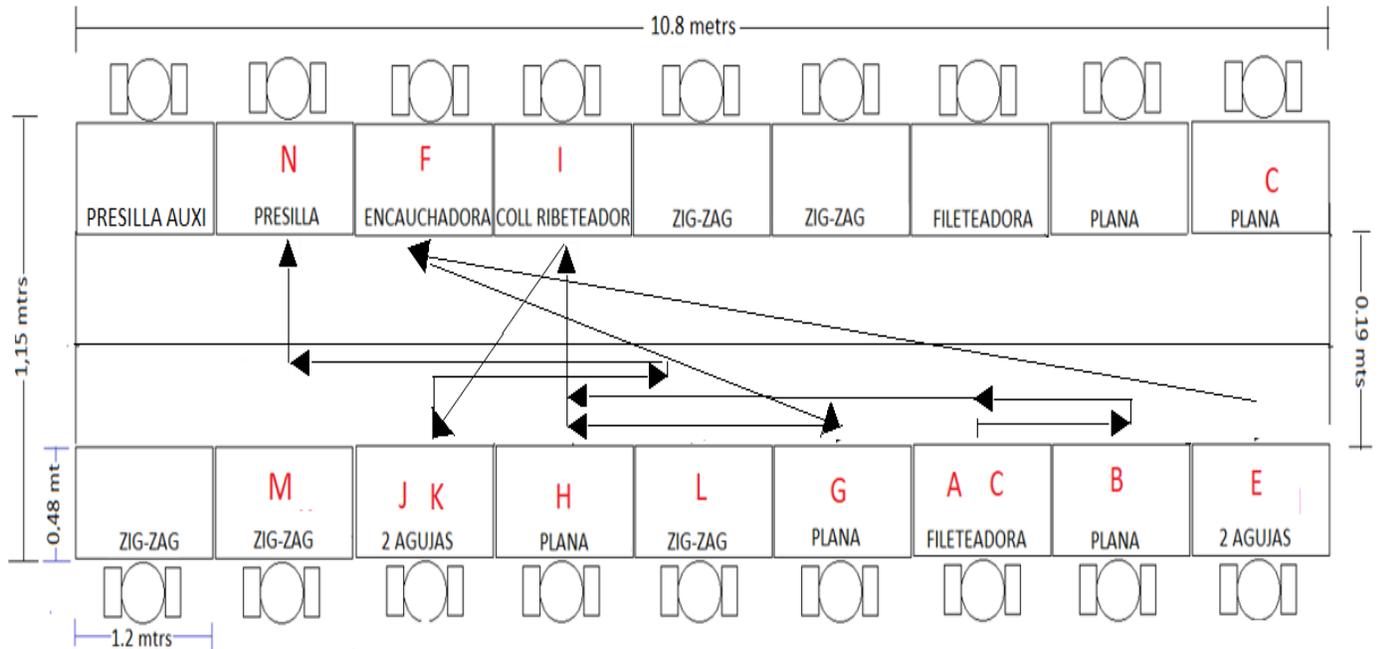
De acuerdo la distribución de cargas de trabajo a las maquinas se observó que para esta referencia no se requieren 3 Zigzag y se hace necesaria una plana automática en el módulo para utilizar en total 15 máquinas para esta referencia.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	63 de 112

## 17.6 DISTRIBUCIÓN DE MAQUINAS EN EL MODULO 4

### DIAGRAMA DE RECORRIDO ACTUAL DEL PRODUCTO EN EL MODULO 2 REF 7596

El diagrama muestra el flujo actual del producto, su recorrido en el módulo teniendo en cuenta las secuencias de las actividades. El área total en el que está instalado el módulo 10 en las tareas de confección es de 12.42 metros cuadrados y cada estación de trabajo cuenta con un área de 0,54 metros por lo que de acuerdo a la información recogida del módulo se establece una distancia estimada recorrida por el producto y el operario de 33.4 metros.



La operación **D** se realiza en una plana automática en el módulo 3

**Figura 1810. Diagrama de recorrido actual módulo 4 ref 7596. Elaborado por el autor.**



### DIAGRAMA DE FLUJO OPTIMIZADO REF .7596

Se realizó un modelo de reubicación de las maquinas del módulo 4 para procesar la referencia 7596 teniendo en cuenta que en la nueva redistribución de las cargas de trabajo a las operarias fue necesario dividir tres operaciones para equilibrar las tareas asignadas por lo que se necesitan más estaciones también teniendo como base las secuencias de operaciones para disminuir transportes entre tareas y las maquinas necesarias para disminuir transportes entre tareas y optimizar el flujo del producto. Con el sistema actual se estableció un recorrido aproximado del producto de 33.4 metros por cada vez que las operarias pasan producción a su compañera de modulo y con el modelo propuesto se estima un recorrido de 15.6 metros por lo que se espera una reducción del transporte del 53.29 % lo que resulta en ahorros de tiempos por transportes en el siguiente diagrama se muestra el modelo para optimizar recorridos en esta

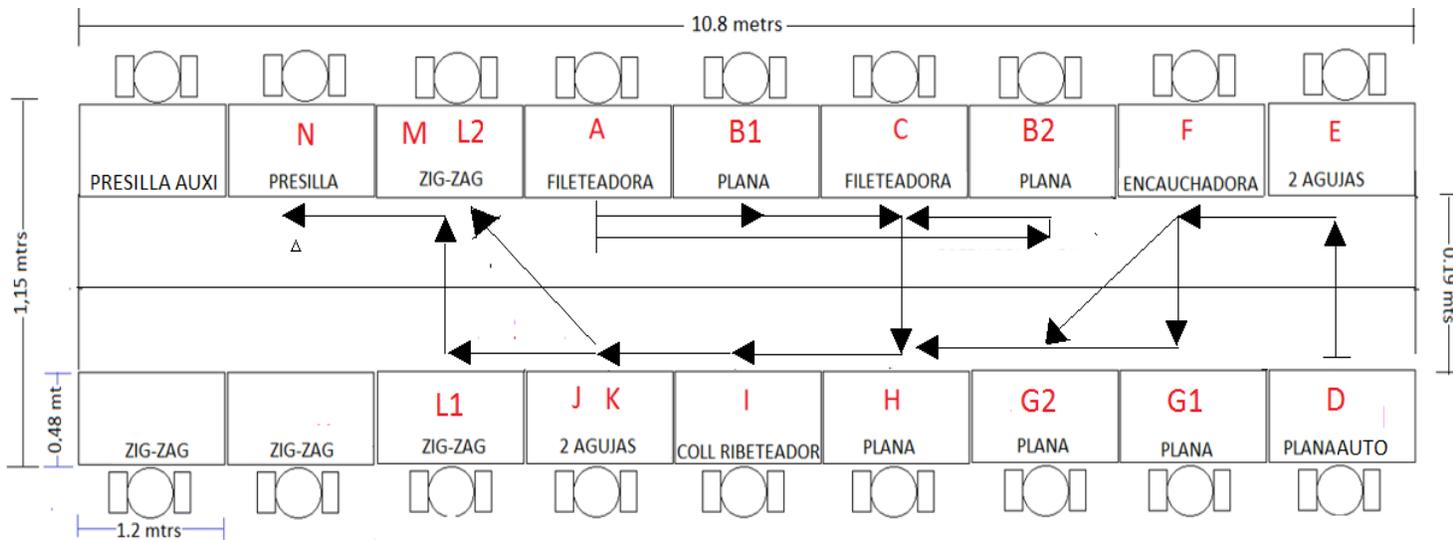


Figura 19 Diagrama de recorrido optimizado módulo 4 ref 7596. E laborado por el autor.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	65 de 112

## 18. BALANCEO DE LINEA MODULO 5 REFERENCIA 6140

### 18.1 CALCULO DEL TIEMPO DE CICLO

Es el tiempo que determina el ritmo de producción, o el tiempo que transcurre en la producción de cada pieza y se calcula de la siguiente forma:

$$TC = \frac{\text{Tiempo de producción por día}}{\text{Producción requerido por día}}$$

$$TC = \frac{450 \text{ min/día}}{335 \text{ unid/día}}$$

$$TC = 1.34 \text{ min/unid}$$

Para cumplir con una demanda de 335 unidades se debe cumplir con un flujo de producción de 1.34 minutos por unidad.

### 18.2 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE OPERADORES NECESARIOS

Determinar la cantidad mínima de operarios (OP) que en teoría se requiere para cumplir el límite de tiempo del ciclo de la estación de trabajo mediante la siguiente fórmula (se debe redondear al siguiente entero más alto)

$$OP = \frac{\sum \text{tiempos de las tareas}}{\text{Tiempo de ciclo}}$$

$$OP = \frac{13.44 \text{ min/unid}}{1.34 \text{ min/unid}}$$

$$OP = 10.02 \approx 11$$

Para cumplir con la demanda requerida teniendo como regla el tiempo de ciclo se necesitan 11 operarios

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	66 de 112

Ahora hay que seleccionar una regla principal para asignar tareas a las estaciones de trabajo y una segunda para desempatar para este caso se tendrá en cuenta como primera regla el peso de posición de cada operación y como segundo factor se tendrá en cuenta la disposición de los recursos y la relación operario-máquina.

### 18.3 PRECEDENCIAS DE OPERACIONES Y PESOS PONDERADOS

Tabla de precedencias y de pesos ponderados de posición (sumando el tiempo de duración de este elemento y de todos los que le siguen secuencialmente)

**Tabla 29. Precedencias y pesos ponderados módulo 5 ref 6140.**

Descripcion	Operación	Precedencia	Tiempo Por Unidad(min)	# de operacio dependientes	Peso de posicion	Ordenamient por pesos	Orden tareas a asignar
Forrar copa sup	A	-----	0.88	18	12.72	12.72	A
Forrar cop inf	B	A	0.92	17	11.84	11.84	B
Unir copas	C	B	0.74	16	10.92	10.92	C
Sesgar copas	D	C	0.7	15	10.18	10.2	E
Forrar centro	E	-----	0.72	15	10.2	10.18	D
Unir frente a copas	F	D	0.58	14	9.48	9.48	F
Sesgar frente copas	G	F	0.54	13	8.9	8.9	G
Ensamblar sobreponiendo	H	G	0.96	12	8.36	8.36	H
Unir espalda	I	H	0.57	11	7.4	7.4	I
Sesgar lateral copas	J	I	0.72	10	6.83	6.83	J
Sesgar espalda	K	J	0.62	9	6.11	6.11	K
Unir por centro	L	K	0.33	8	5.49	5.49	L
Sesgar centro	M	L	0.34	7	5.16	5.16	M
Resortar frente sisa	N	M	0.86	6	4.82	4.82	N
Pisar frente sisa	O	N	0.9	5	3.96	3.96	O
Resortar base	P	O	0.44	4	3.06	3.06	P
Pisar base	Q	P	0.44	3	2.62	2.62	Q
Pegar tiras a espalda	R	Q	0.7	2	2.18	2.18	R
Pegar gancho,ojillo y marq	S	R	0.82	1	1.48	1.48	S
Presilla*8	T	S	0.66	0	0.66	0.66	T

Elaborado por el autor.



### DIAGRAMA DE PRECEDENCIAS REF.6140

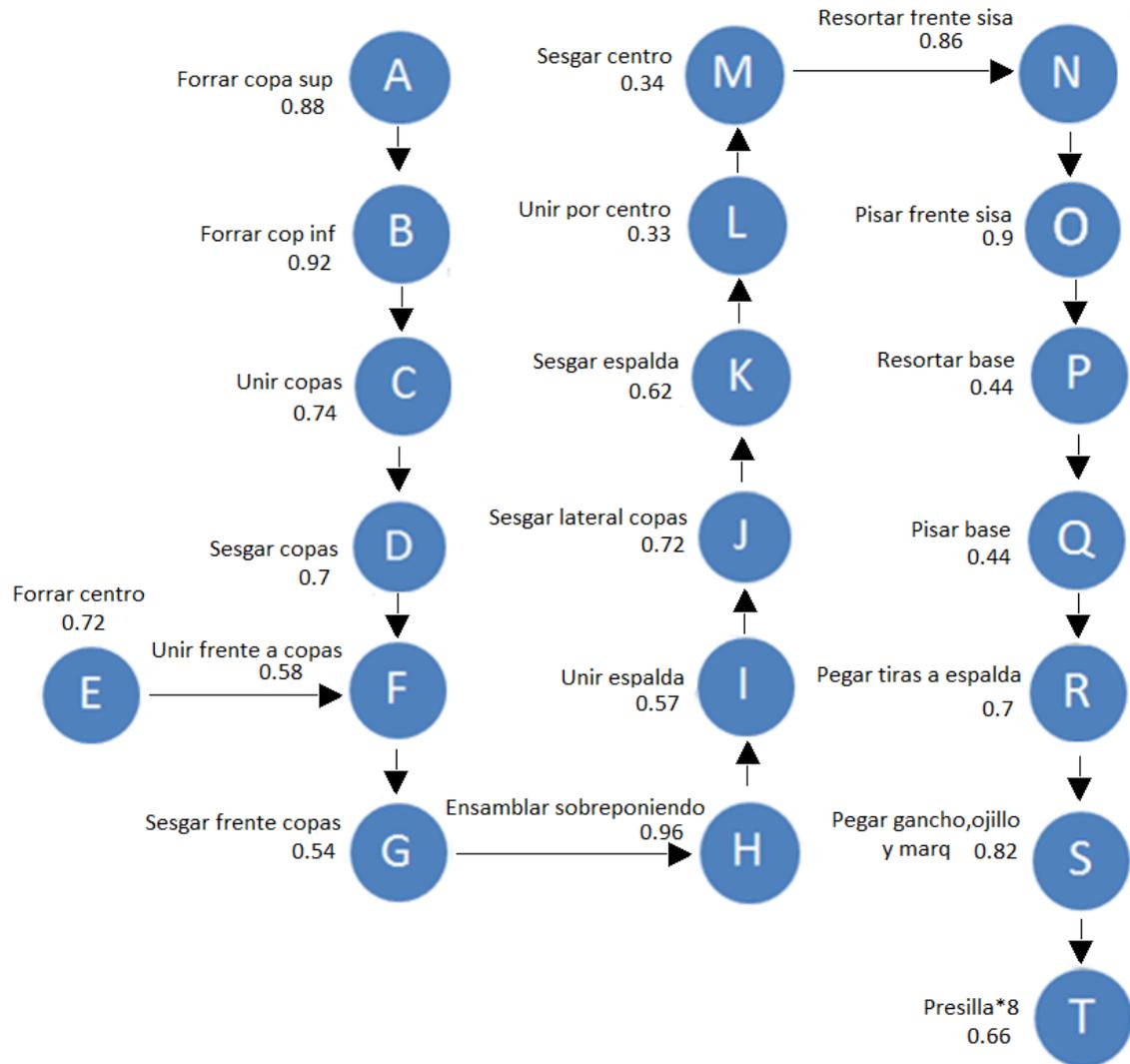


Figura 2011. Diagrama de precedencias ref 6140 modulo 5. Elaborado por el autor.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	68 de 112

#### 18.4 ASIGNACION DE CARGAS DE TRABAJO A OPERARIOS

En la siguiente tabla se encuentra la asignación de tareas a operarios teniendo en cuenta la precedencia, los pesos de posición, el personal y las maquinas utilizado.

**Tabla 30. Distribución balanceada de cargas de trabajo a operarios módulo 5 ref 6140.**

OPERARIO	TAREA	TIEMPO	TIEMPO DE HOLGURA	MAQUINA	TIEMPO UTLZ MAQUINA(min)	TIEMPO UTLZ MAQUINA (hrs)
1	A	0.88	0.46	Plana	294.8	4.9
1	B1	0.46	0	Plana	154.1	2.6
2	B2	0.46	0.88	Plana	154.1	2.6
2	C	0.74	0.14	Plana	247.9	4.1
3	E	0.72	0.62	Plana	241.2	4.0
3	F	0.58	0.04	Plana	194.3	3.2
4	D	0.7	0.64	2 Agujas	234.5	3.9
4	G	0.54	0.1	2 Agujas	180.9	3.0
5	H	0.96	0.38	Plana	321.6	5.4
6	J	0.72	0.62	2 Agujas	241.2	4.0
6	K	0.62	0	2 Agujas	207.7	3.5
7	I	0.57	0.77	Plana	190.95	3.2
7	L	0.33	0.44	Plana	110.55	1.8
7	M	0.34	0.1	2 Agujas	113.9	1.9
8	N	0.86	0.48	Encauchadora	288.1	4.8
8	P	0.44	0.04	Encauchadora	147.4	2.5
9	O	0.9	0.44	Zigzag	301.5	5.0
9	Q	0.44	0	Zigzag	147.4	2.5
10	R1	0.35	0.99	Zigzag	117.25	2.0
10	S	0.82	0.17	Zigzag	274.7	4.6
11	R2	0.35	0.99	Zigzag	117.25	2.0
11	T	0.66	0.33	Presilladora	221.1	3.7

Elaborado por el autor.

Para poder asignar cargas de trabajo a los 10 operarios fue necesario dividir la operación de pegar tira para asignarla a dos operarios diferentes y así obtener una carga completa

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	69 de 112

Calculo de la eficiencia del módulo balanceado:

$$EF = \frac{\sum \text{tiempos de las tareas}}{OP * TC}$$

$$EF = \frac{13.44 \text{ min/unid}}{11 * 1.34 \text{ min/unid}}$$

$$EF = 0,91$$

Con el método aplicado para lograr el balanceo de línea se obtiene una eficiencia del 0,91 % trabajando con 11 operarios y 17 máquinas para lograr la producción de 335 unid/día.

### 18.5 DISTRIBUCION DE TRABAJO A LAS MAQUINAS EXISTENTES EN EL MODULO

**Tabla 31. Maquinas disponibles módulo 5.**

MODULO 5: MAQUINAS DISPONIBLES	
MAQUINA	CANTIDAD
Plana	5
Plana automatica	0
plana cose y corta	1
Fileteadora	2
2 agujas	2
Zig-zag	3
Zig-zag 3 pasos	1
Collarin ribeteadora	1
Collarin Encaucadora	1
Presilladora	1
	17

Elaborado por el autor.



DIAGRAMA HOMBRE – MAQUINA REF.6140:

Después de haber realizado la asignación de operaciones a 11 trabajadores calculados se procede a asignar cargas de trabajo a las 17 máquinas disponibles en el módulo siempre teniendo en cuenta las secuencias de las operaciones y el tiempo disponible de cada máquina en un turno de 8 horas

OPERARIO		1	2	3	4	5	6	7	7	8	9	10	10-11	11
MAQUINA		Plana	Plana	Plana	2 Agujas	Plana	2 Agujas	Plana	2 Agujas	Encaucha	Zig Zag	Zig zag	Zig zag	Presilla
HORAS														
0.0	0.5	A 4.9	C 4.1	E 4	D 3.9	H 5.4	J 4	I 3.2	M 1.9	N 4.8	O 5	S 4.6	R1 2	T 3.7
0.5	1.0													
1.0	1.5													
1.5	2.0													
2.0	2.5	B1 2.6	B2 2.6	F 3.2	G 4.4	K 3.5	L 1.8	P 2.5	Q 2.5			R2 2		
2.5	3.0													
3.0	3.5													
3.5	4.0													
4.0	4.5													
4.5	5.0													
5.0	5.5													
5.5	6.0													
6.0	6.5													
6.5	7.0													
7.0	7.5													

Figura 2112. Diagrama hombre- máquina módulo 5 ref 6140. Elaborado por el autor.

Por medio de la distribución de cargas de trabajo a las maquinas se observó que para esta referencia no se requieren dos planas, una collarín encauchadora y una collarín ribeteadora existentes en el módulo y en total se utilizarían 13 máquinas.

18.6 DISTRIBUCIÓN DE MAQUINAS EN EL MODULO 5

DIAGRAMA DE RECORRIDO ACTUAL DEL PRODUCTO EN EL MODULO 5 REF 6140

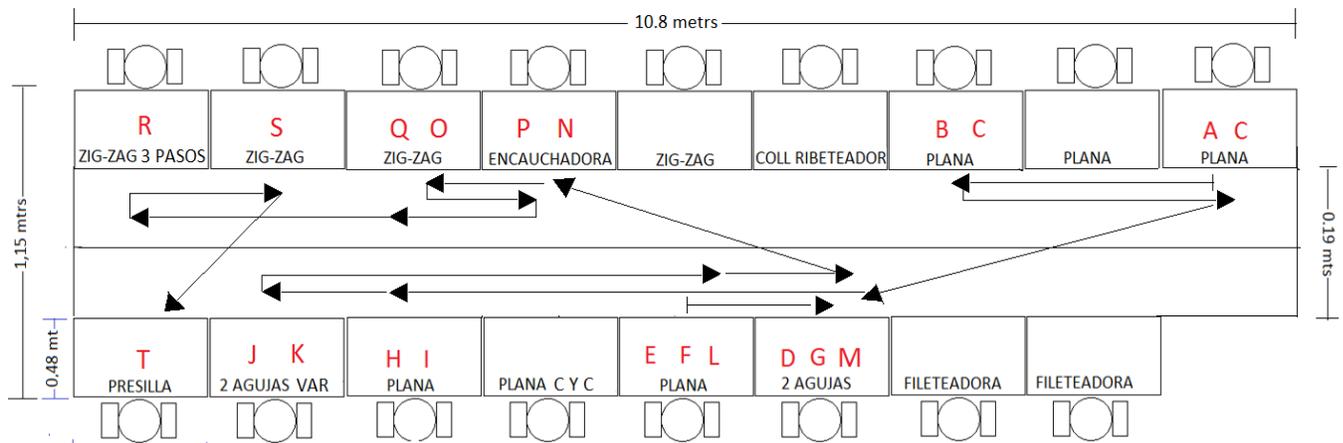


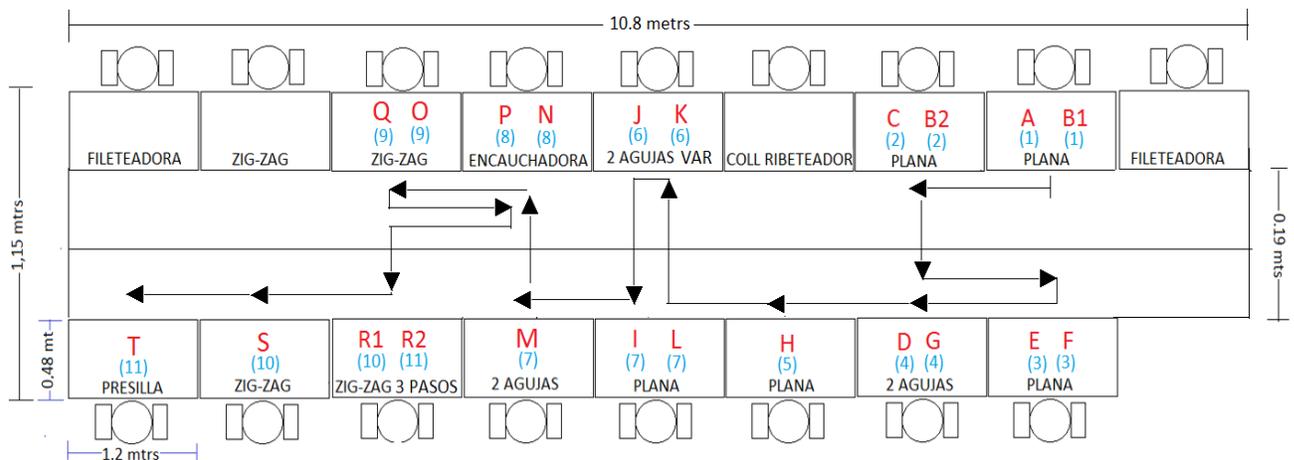
Figura 22. Diagrama de recorrido actual módulo 5 ref 6140. E laborado por el autor.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	71 de 112

La figura 22 muestra el flujo actual del producto, su recorrido en el módulo teniendo en cuenta las secuencias de las actividades. El área total en el que está instalado el módulo 10 en las tareas de confección es de 12.96 metros cuadrados y cada estación de trabajo cuenta con un área de 0,54 metros por lo que de acuerdo a la información recogida del módulo se establece un una distancia estimada recorrida por el producto y el operario de 14.4 metros.

### DIAGRAMA DE FLUJO OPTIMIZADO REF .6140

Se realizó un modelo de reubicación de las maquinas del módulo 5 para procesar la referencia 6140 teniendo en cuenta que en la nueva redistribución de las cargas de trabajo a las operarias fue necesario dividir tres operaciones para equilibrar las tareas asignadas por lo que se necesitan más estaciones también teniendo como base las secuencias de operaciones para disminuir transportes entre tareas y las maquinas necesarias para disminuir transportes entre tareas para optimizar el flujo del producto y cumplir con la meta esperada. Con el sistema actual se estableció un recorrido aproximado del producto de 14.4 metros y con el modelo propuesto se estima un recorrido de 10,8 metros por lo que se espera una reducción del transporte del 25 % en el siguiente diagrama se muestra el modelo para optimizar recorridos en esta referencia



**Figura 23. Diagrama de recorrido optimizado módulo 5 ref 6140. E laborado por el autor.**

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	72 de 112

## 19. BALANCEO DE LINEA DEL MODULO 6 REFERENCIA 3025

### 19.1 CALCULO DEL TIEMPO DE CICLO

Es el tiempo que determina el ritmo de producción, o el tiempo que transcurre en la producción de cada pieza y se calcula de la siguiente forma:

$$TC = \frac{\text{Tiempo de producción por día}}{\text{Producción requerido por día}}$$

$$TC = \frac{450 \text{ min/día}}{450 \text{ unid/día}}$$

$$TC = 1 \text{ min/unid}$$

Para cumplir con una demanda de 450 unidades en el turno de 8 horas se debe cumplir con un flujo de producción de 1 minutos por unidad.

Cuellos de botella que superan al TC:

**Tabla 3214. Cuellos de botella que superan al TC:**

	OPERACIÓN	TIEMPO POR UNIDAD(min)
A	Armar pinzas	0,9
B	Forrar copa interna	1,1
C	Forrar copa con prehormado	1,22
D	Filetear espaldas	0,3
E	Unir espaldas a copas	0,71
F	Ribetear copas y sisas	0,85
G	Ribetear triangulo	0,29
H	Pisar espalda	0,8
I	Encauchar bases	0,71
j	presillar	1,28
		8,16

Elaborado por el autor.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	73 de 112

Una técnica para eliminar los cuellos de botella es dividir las operaciones a mitad del tiempo de ciclo original de tal forma que no supere el TC al momento de asignar cargas de trabajo:

**Tabla 15. Eliminación de cuellos de botella.**

	OPERACIÓN	TIEMPO POR UNIDAD(min)
A	Armar pinzas	0,9
B1	Forrar copa interna	0,55
B2	Forrar copa interna	0,55
C1	Forrar copa con prehormado	0,61
C2	Forrar copa con prehormado	0,61
D	Filetear espaldas	0,3
E	Unir espaldas a copas	0,71
F	Ribetear copas y sisas	0,85
G	Ribetear triangulo	0,29
H	Pisar espalda	0,8
I	Encauchar bases	0,71
J1	presillar	1
J2	presillar	0,28
		8,16

**Elaborado por el autor.**

En el caso de la operación presillar se asignó el tiempo al total de la capacidad de la operaria determinada por el TC y el otro tiempo de 0.28 es asignado a una operaria auxiliar de presilla del módulo 4.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	74 de 112

## 19.2 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE OPERADORES NECESARIOS

Determinar la cantidad mínima de operarios (OP) que en teoría se requiere para cumplir el límite de tiempo del ciclo de la estación de trabajo mediante la siguiente fórmula (se debe redondear al siguiente entero más alto)

$$OP = \frac{\sum \text{tiempos de las tareas}}{\text{Tiempo de ciclo}}$$

$$OP = \frac{7.88 \text{ min/unid}}{1 \text{ min/unid}}$$

$$OP = 7.88 \approx 8$$

Para cumplir con la demanda requerida teniendo como regla el tiempo de ciclo se necesitan 8 operarios.

## 19.3 PRECEDENCIAS DE OPERACIONES Y PESOS PONDERADOS

Levantamiento de las precedencias y de pesos ponderados de posición (sumando el tiempo de duración de este elemento y de todos los que le siguen secuencialmente).

**Tabla 34. Precedencias y pesos ponderados módulo 6 ref 3025.**

Operación	Precedencia	Tiempo Por Unidad(min)	# de operacio	Peso de posicion	Ordenamie ntpor	Tarea
A	-----	0,9	7	7,57	7,49	A
B	A	1,1	6	6,67	6,67	B
C	C	1,22	5	5,57	5,57	C
D	-----	0,3	5	4,65	4,65	D
E	C-D	0,71	4	4,35	4,35	E
F	E	0,85	3	3,64	3,64	F
G	-----	0,29	3	3,08	3,08	G
H	F	0,8	2	2,79	2,79	H
I	H	0,71	1	1,99	1,99	I
J	J	1,28	0	1,28	1,28	J

Elaborado por el autor.



### DIAGRAMA DE PRECEDENCIAS REFERENCIA 3025

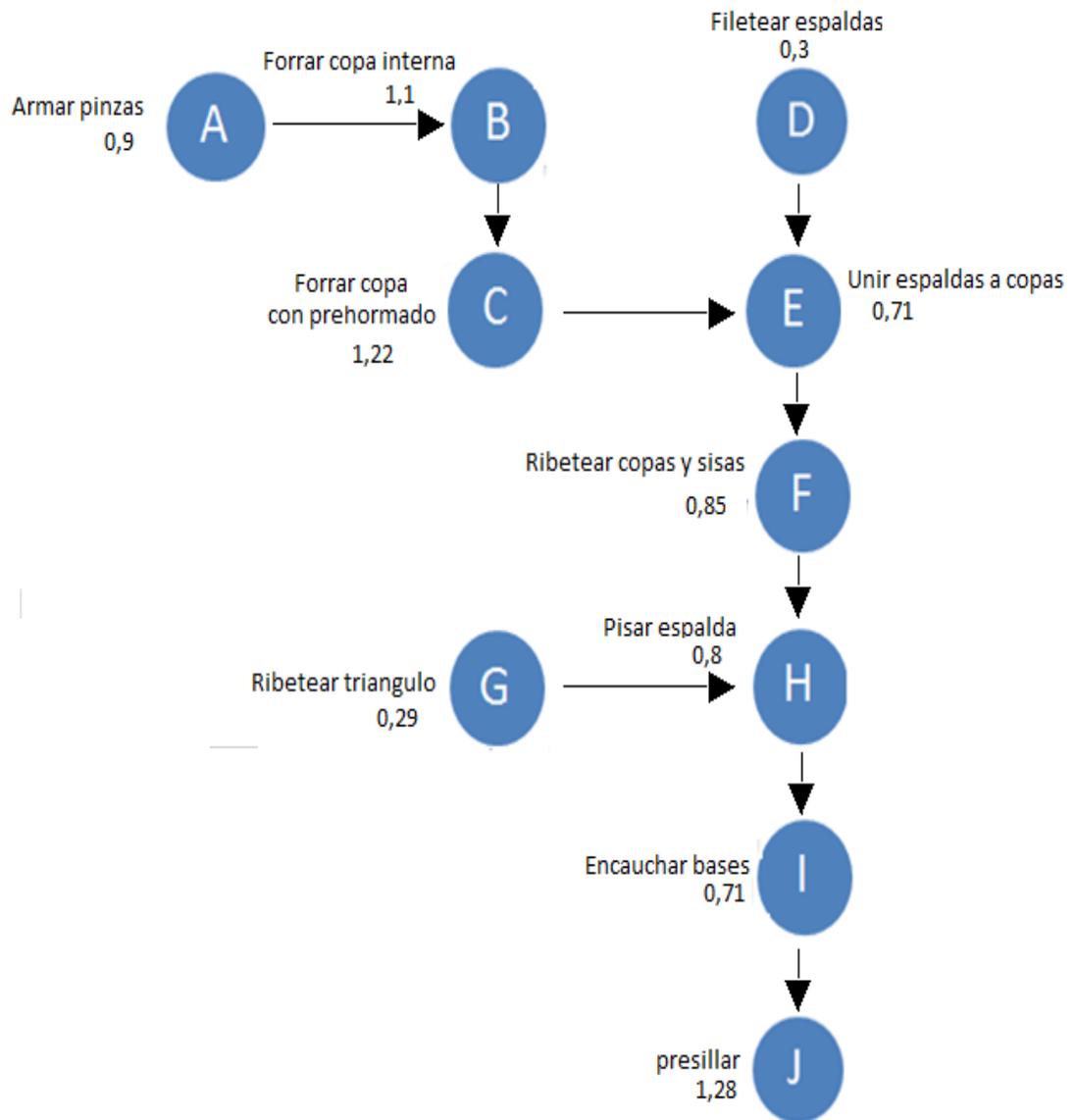


Figura 2413. Diagrama de precedencias ref 3025 modulo 6. Elaborado por el autor.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	76 de 112

#### 19.4 ASIGNACION DE CARGAS DE TRABAJO A OPERARIOS

En la siguiente tabla se encuentra la asignación de tareas a operarios teniendo en cuenta la precedencia, los pesos de posición, el personal y las maquinas utilizado.

**Tabla 35. Distribución balanceada de cargas de trabajo a operarios módulo 6 ref 3025.**

OPERARIO	TAREA	TIEMPO	TIEMPO DE HOLGURA	MAQUINA	TIEMPO UTLZ MAQUINA(min)	TIEMPO UTLZ MAQUINA (hrs)
1	A1	0,41	0,59	Plana	184,5	3,1
1	B1	0,55	0,04	Plana	247,5	4,1
2	A2	0,41	0,59	Plana	184,5	3,1
2	B2	0,55	0,04	Plana	247,5	4,1
3	C1	0,61	0,39	Fileteadora	274,5	4,6
3	E1	0,35	0,04	Fileteadora	157,5	2,6
4	C2	0,6	0,4	Fileteadora	270	4,5
4	E2	0,4	0	Fileteadora	180	3,0
5	D	0,3	0,7	Fileteadora	135	2,3
5	I	0,7	0	Encauchadora	315	5,3
6	F	0,85	0,15	Coll ribeteadora	382,5	6,4
6	G1	0,145	0,005	Zig-zag	65,25	1,1
7	H	0,8	0,2	Zig-zag	360	6,0
7	G2	0,145	0,055	Zig-zag	65,25	1,1
8	J1		1 0	Presilladora	450	7,5

Elaborado por el autor.

Para poder asignar cargas de trabajo a los 9 operarios fue necesario dividir la operación de unir laterales para asignarla a dos operarios diferentes y así obtener una carga completa

Calculo de la eficiencia del módulo balanceado:

$$EF = \frac{\sum \text{tiempos de las tareas}}{OP * TC}$$

$$EF = \frac{7.88 \text{ min/unid}}{8 * 1 \text{ min/unid}}$$

$$EF = 0,98$$

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	77 de 112

Con el método aplicado para lograr el balanceo de línea se obtiene una eficiencia del 0,98 % trabajando con 8 operarios y 14 máquinas para lograr la producción de 450 unid/día.

#### DISTRIBUCION DE TRABAJO A LAS MAQUINAS EXISTENTES EN EL MODULO

**Tabla 3616. Maquinas disponibles módulo 6.**

MODULO 6: MAQUINAS DISPONIBLES	
MAQUINA	CANTIDAD
Plana	5
plana cose y corta	0
Fileteadora	2
2 agujas	2
Zig-zag	3
Collarin ribeteadora	1
Collarin Encaucadora	1
Presilladora	1
	<b>15</b>

Elaborado por el autor.

#### DIAGRAMA HOMBRE – MAQUINA REF.3025

**Figura 14. Diagrama hombre- máquina módulo 6 ref 3025. Elaborado por el autor.**

OPERARIO		1	2	4	4	5	5	6	6	7	8
MAQUINA		Plana	Plana	Filetea	Filetea	Filetea	Coll ench	Coll ribet	zigzag	Coll ribet	Presilla
HORAS											
0,0	0,5	A1 3,1	A2 3,1	C1 4,6	C2 4,6	D 2,3	I 5,3	F 6,4	G1 1,1	H 6	J 7,5
0,5	1,0								G2 1,1		
1,0	1,5										
1,5	2,0										
2,0	2,5	B1 4,1	B2 4,1	E1 2,6	E2 2,6						
2,5	3,0										
3,0	3,5										
3,5	4,0										
4,0	4,5										
4,5	5,0										
5,0	5,5										
5,5	6,0										
6,0	6,5										
6,5	7,0										
7,0	7,5										

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	78 de 112

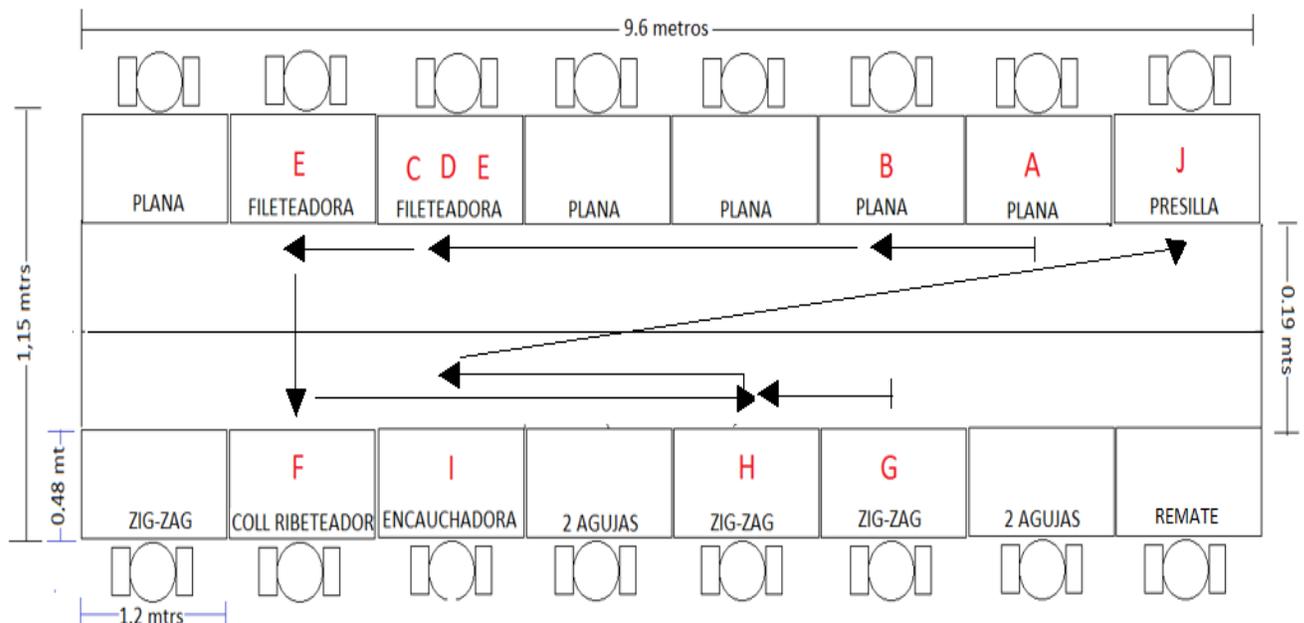
Tras haber realizado la asignación de operaciones a los 9 trabajadores calculados se procede a asignar cargas de trabajo a las 14 máquinas disponibles en el módulo siempre teniendo en cuenta las secuencias de las operaciones y el tiempo disponible de cada máquina en un turno de 8 horas

Según la distribución de cargas de trabajo a las maquinas se observó que para esta referencia no se requieren dos planas, una collarín encauchadora y una collarín ribeteadora existentes en el módulo y en total se utilizarían 10 máquinas.

### 19.5 DISTRIBUCIÓN DE MAQUINAS EN EL MODULO 6

#### DIAGRAMA DE RECORRIDO ACTUAL DEL PRODUCTO EN EL MODULO 2 REF 3025

La figura 26 muestra el flujo actual del producto, su recorrido en el módulo teniendo en cuenta las secuencias de las actividades. El área total en el que está instalado el módulo 10 en las tareas de confección es de 11,04 metros cuadrados y cada estación de trabajo cuenta con un área de 0,54 metros por lo que de acuerdo a la información recogida del módulo se establece un una distancia estimada recorrida por el producto y el operario de 14.4 metros.

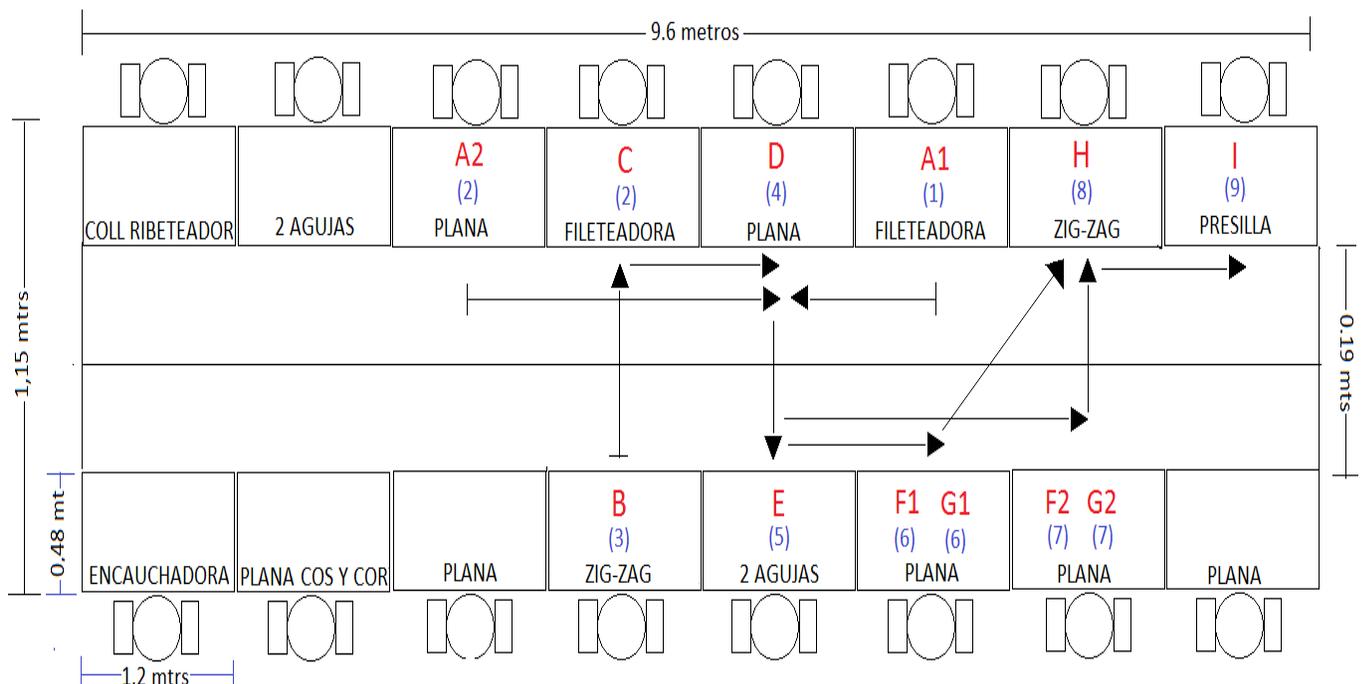


**Figura 2615. Diagrama de recorrido actual módulo 6 ref 3025. E laborado por el autor.**

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	79 de 112

### DIAGRAMA DE FLUJO OPTIMIZADO REF .3025

Se diseñó un modelo de reubicación de las maquinas del módulo 6 para procesar la referencia 3025 teniendo en cuenta que en la nueva redistribución de las cargas de trabajo a las operarias fue necesario dividir tres operaciones para equilibrar las tareas asignadas por lo que se necesitan más estaciones también teniendo como base las secuencias de operaciones para disminuir transportes entre tareas y las maquinas necesarias para disminuir transportes entre tareas para optimizar el flujo del producto y cumplir con la meta esperada. Con el sistema actual se estableció un recorrido aproximado del producto de 14.4 metros y con el modelo propuesto se estima un recorrido de 10,8 metros por lo que se espera una reducción del transporte del 25 % en el siguiente diagrama se muestra el modelo para optimizar recorridos en esta referencia.



**Figura 2716. Diagrama de recorrido optimizado módulo 6 ref 3025. E laborado por el autor.**

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	80 de 112

## 20 BALANCEO DE LINEA DEL MODULO 7 REFERENCIA 3028

### 20.1 CALCULO DEL TIEMPO DE CICLO

Es el tiempo que determina el ritmo de producción, o el tiempo que transcurre en la producción de cada pieza y se calcula de la siguiente forma:

$$TC = \frac{\text{Tiempo de produccion por dia}}{\text{Produccion requerido por dia}}$$

$$TC = \frac{450 \text{ min/dia}}{375 \text{ unid/dia}}$$

$$TC = 1.20 \text{ min/unid}$$

Para cumplir con una demanda de 375 unidades se debe cumplir con un flujo de producción de 1.20 minutos por unidad.

### 20.2 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE OPERADORES NECESARIOS

Determinar la cantidad mínima de operarios (OP) que en teoría se requiere para cumplir el límite de tiempo del ciclo de la estación de trabajo mediante la siguiente fórmula (se debe redondear al siguiente entero más alto)

$$OP = \frac{\sum \text{tiempos de las tareas}}{\text{Tiempo de ciclo}}$$

$$OP = \frac{11.86 \text{ min/unid}}{1.20 \text{ min/unid}}$$

$$OP = 9.88 \approx 10$$

Para cumplir con la demanda requerida teniendo como regla el tiempo de ciclo se necesitan 10 operarios para trabajar al 100 %.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	81 de 112

### 20.3 PRECEDENCIAS DE OPERACIONES Y PESOS PONDERADOS

Análisis de las precedencias y de pesos ponderados de posición (sumando el tiempo de duración de este elemento y de todos los que le siguen secuencialmente).

**Tabla 3717. Precedencias y pesos ponderados módulo 7 ref 3028.**

Operación	Precedencia	Tiempo Por Unidad(min)	# de operacio dependientes	Peso de posicion	Ordenamien tpor pesos	Tarea
A	-----	0.59	0	0.59	8.29	B
B	-----	1.2	8	8.29	7.09	G
C	B	1.08	7	7.09	7.09	C
D	C	0.7	6	6.01	6.35	H
E	D	0.65	5	5.31	6.01	D
F	E	0.55	4	4.66	5.99	I
G	-----	0.74	10	7.09	5.49	J
H	G	0.36	9	6.35	5.31	E
I	H	0.5	8	5.99	5.01	K
J	I	0.48	7	5.49	4.66	F
K	J	0.44	5	5.01	4.57	M
L	K	0.46	6	4.57	4.11	L
M	F-M	0.85	3	4.11	3.26	N
N	L	0.62	4	3.26	2.64	O
O	N	0.94	2	2.64	1.7	P
P	O	0.7	1	1.7	1	Q
Q	P	1	0	1	0.59	A

Elaborado por el autor.



### DIAGRAMA DE PRECEDENCIAS REFERENCIA 3028

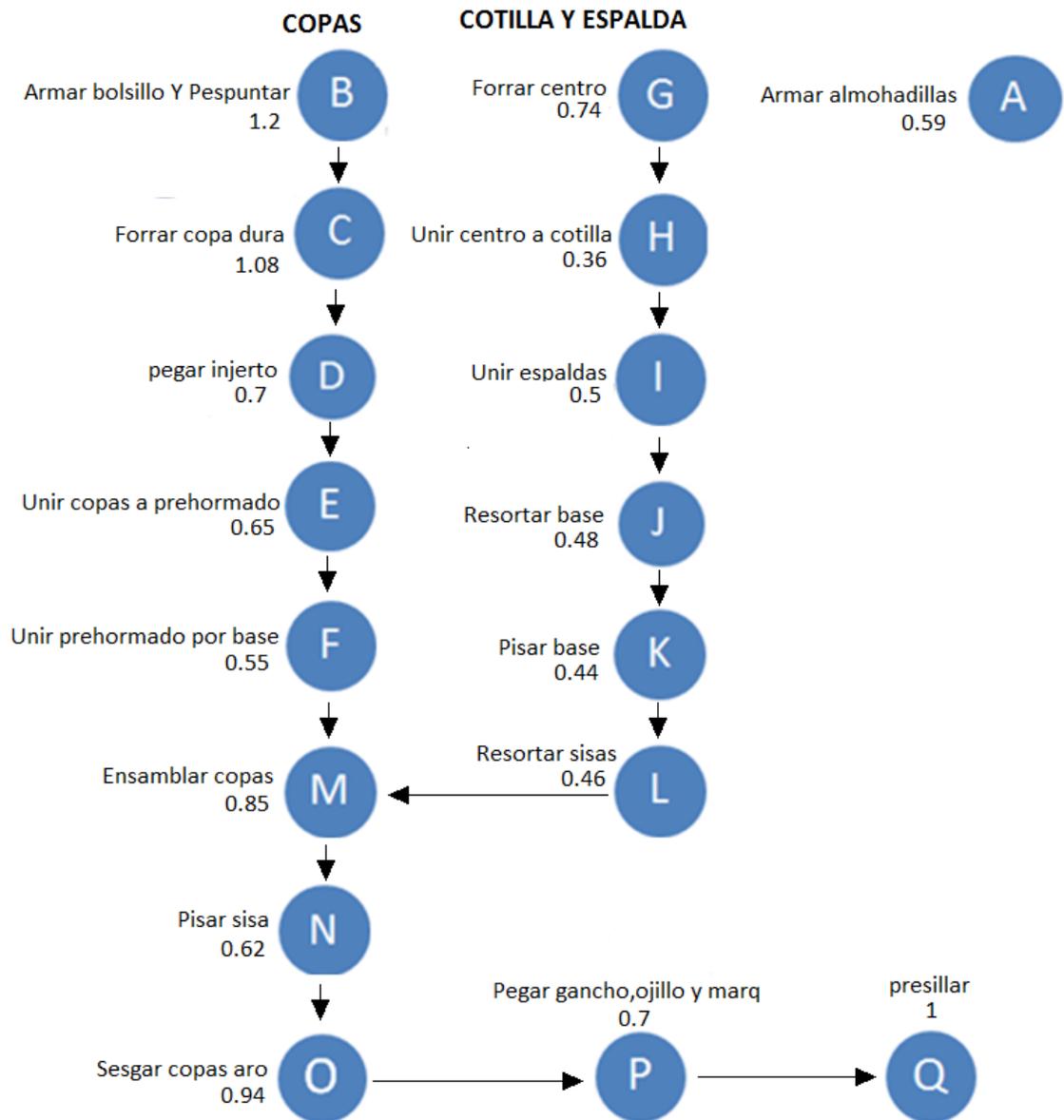


Figura 2817 Diagrama de precedencias ref 3028 modulo 7. Elaborado por el autor.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	83 de 112

## 20.4 ASIGNACION DE CARGAS DE TRABAJO A OPERARIOS

En la siguiente tabla se encuentra la asignación de tareas a operarios teniendo en cuenta la precedencia, los pesos de posición, el personal y las maquinas utilizado.

**Tabla 3818. Distribución balanceada de cargas de trabajo a operarios módulo 7 ref 3028.**

OPERARIO	TAREA	TIEMPO	TIEMPO DE HOLGURA	MAQUINA	TIEMPO UTLZ MAQUINA(min)	TIEMPO UTLZ MAQUINA (hrs)
1	B	1.2	0	Plana	450	7.5
2	G	0.74	0.46	Plana	277.5	4.6
2	H	0.36	0.1	Plana	135	2.3
3	C	1.08	0.12	Plana automatica	405	6.8
4	I	0.5	0.7	Plana	187.5	3.1
4	D	0.7	0	Plana automatica	262.5	4.4
5	J	0.48	0.72	Encauchadora coll	180	3.0
5	K	0.44	0.28	Encauchadora coll	165	2.8
6	E	0.65	0.55	Fileteadora	243.75	4.1
6	F	0.55	0	Fileteadora	206.25	3.4
7	L	0.46	0.74	Zig-zag	172.5	2.9
7	N	0.62	0.12	Zig-zag	232.5	3.9
8	M	0.85	0.35	plana	318.75	5.3
8	A1	0.29	0.06	Fileteadora	108.75	1.8
9	O	0.94	0.26	2 agujas	352.5	5.9
10	P	0.7	0.5	Zig-zag	262.5	4.4
10	A2	0.29	0.21	Fileteadora	108.75	1.8
11	Q	1	0.2	Presilladora	375	6.3

Elaborado por el autor.

Debido a la variabilidad de los tiempos fue necesario asignar a 11 operarios para operar al ritmo deseado cumpliendo con las 375 unidades demandadas.

Calculo de la eficiencia del módulo balanceado:

$$EF = \frac{\sum \text{tiempos de las tareas}}{OP * TC}$$

$$EF = \frac{11,89 \text{ min/unid}}{11 * 1.2 \text{ min/unid}}$$

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	84 de 112

$EF = 0,90$  Con el método aplicado para lograr el balanceo de línea se obtiene una eficiencia del 0,90 % trabajando con 11 operarios y 12 máquinas para lograr la producción de 320 unid/día.

### 20.5 DISTRIBUCION DE TRABAJO A LAS MAQUINAS EN EL MODULO 7 REF. 3028

**Tabla 39. Maquinas disponibles módulo 7**

MODULO 7: MAQUINAS DISPONIBLES	
MAQUINA	CANTIDAD
Plana	4
Plana automatica	1
plana cose y corta	0
Fileteadora	2
2 agujas	2
Zig-zag	3
Collarin ribeteadora	1
Collarin Encaucadora	1
Presilladora	1
	<b>15</b>

Elaborado por el autor.

### DIAGRAMA HOMBRE – MAQUINA REF.3028

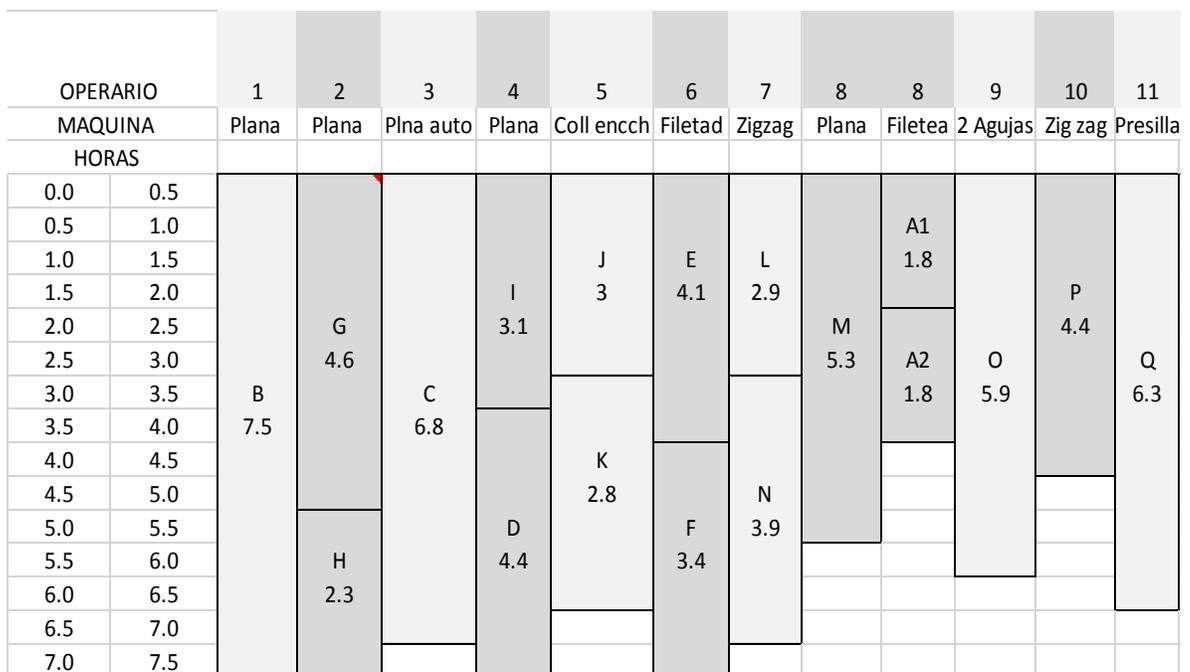


Figura 2918. Diagrama hombre- máquina módulo 7 ref 3028. Elaborado por el autor.

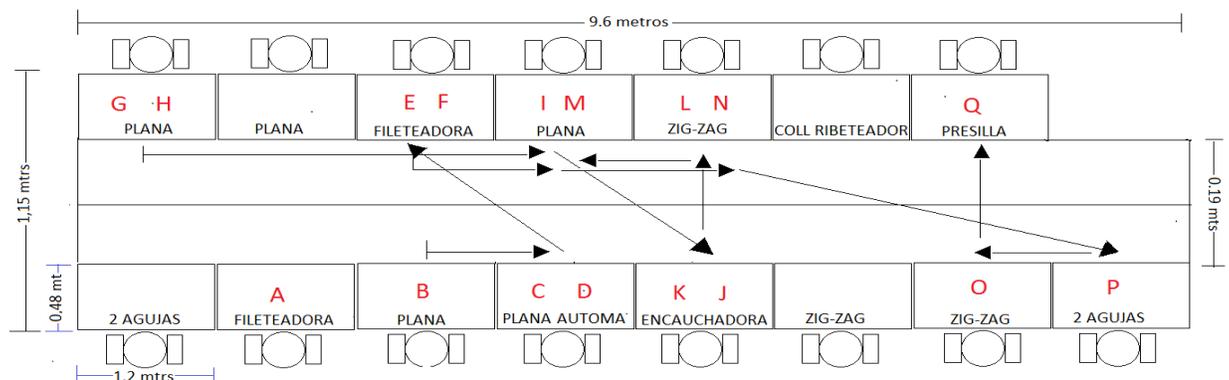
	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	85 de 112

A través de la distribución de cargas de trabajo a las máquinas se observó que para esta referencia no se requieren dos zig zag, una collarín ribeteadora una plana y una fileteadora existentes en el módulo pero si hay la necesidad de una plana cose-corta y una 2 agujas cristal en el módulo para no perder tiempos por desplazamientos a otras áreas y en total se utilizarían 14 máquinas.

## 20.6 DISTRIBUCION DE MAQUINAS EN EL MODULO 7

### DIAGRAMA DE RECORRIDO ACTUAL DEL PRODUCTO EN EL MODULO 7 REF 3028

El diagrama muestra el flujo actual del producto, su recorrido en el módulo teniendo en cuenta las secuencias de las actividades. El área total en el que está instalado el módulo 10 en las tareas de confección es de 12,42 metros cuadrados y cada estación de trabajo cuenta con un área de 0,54 metros por lo que de acuerdo a la información recogida del módulo se establece una distancia estimada recorrida por el producto y el operario de 32.4 metros con el método actual.



**Figura 3019. Diagrama de recorrido actual módulo 7 ref 3028. E laborado por el autor.**

### DIAGRAMA DE FLUJO OPTIMIZADO REF .3028

Se realizó un modelo de reubicación de las máquinas del módulo 7 para procesar la referencia 3028 teniendo en cuenta la nueva redistribución de las cargas de trabajo a las operarias y a las máquinas. Con el sistema actual se estableció un recorrido aproximado del producto de 16.8.4 metros en un solo transporte y con el modelo propuesto se estima un recorrido de 12 metros por lo que se espera una reducción del transporte del 28 %

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	86 de 112

## 21. BALANCEO DE LINEA DEL MODULO 8 REFERENCIA 7622

### 21.1 CALCULO DEL TIEMPO DE CICLO

Es el tiempo que determina el ritmo de producción, o el tiempo que transcurre en la producción de cada pieza y se calcula de la siguiente forma:

$$TC = \frac{\text{Tiempo de produccion por dia}}{\text{Produccion requerido por dia}}$$

$$TC = \frac{450 \text{ min/dia}}{317 \text{ unid/dia}}$$

$$TC = 1,42 \text{ min/unid}$$

Para cumplir con una demanda de 317 unidades se debe cumplir con tener un flujo de producción de 1 unidad en 1,42 min.

### 21.2 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE OPERADORES NECESARIOS

Determinar la cantidad mínima de operarios (OP) que en teoría se requiere para cumplir el límite de tiempo del ciclo de la estación de trabajo mediante la siguiente fórmula (se debe redondear al siguiente entero más alto).

$$OP = \frac{\sum \text{tiempos de las tareas}}{\text{Tiempo de ciclo}}$$

$$OP = \frac{13,57 \text{ min/unid}}{1,42 \text{ min/unid}}$$

$$OP = 9,55 \approx 10$$

Para el cálculo de operarios requeridos no se obtuvieron en cuenta los tiempos de las operaciones de introducir aros y varillas ya que se realizan fuera del módulo y por lo tanto se requieren 10 trabajadores

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	87 de 112

### 21.3 PRECEDENCIAS DE OPERACIONES Y PESOS PONDERADOS

Tabla de precedencias y de pesos ponderados de posición (sumando el tiempo de duración de este elemento y de todos los que le siguen secuencialmente).

**Tabla 4019. Precedencias y pesos ponderados módulo 8 ref 7622.**

OPERACIÓN	Operación	Precedencia	Tiempo Por Unidad(min)	# de operacio dependientes	Peso de posicion	Ordenamiento por pesos	orden de Tarea a asignar
Pegar injerto	A	-----	0.92	19	12.02	12.02	A
Unir copas a huata	B	A	1	18	11.1	11.1	B
pegar elastico y respuntar	C	B	0.92	17	10.1	10.1	C
unir prehormado por base	D	C	0.46	16	9.18	9.18	D
Recortar base	E	D	0.39	15	8.72	8.72	E
Sesgar copas aro	F	E	0.52	14	8.33	8.33	F
Introducir aro a copa	G	F	0.3	13	7.81	7.81	G
Presillar *4 copas	H	G	0.24	12	7.51	7.51	H
Forrar prehormado	I	H	0.86	11	7.27	7.27	I
Recortar prehormado	J	I	0.83	10	6.41	6.41	J
Voltear copas	K	J	0.4	9	5.58	5.58	K
Cerrar costado	L	K	0.41	8	5.18	5.55	O
Filetear costado	M	L	0.47	7	4.77	5.27	P
Resortar base sisa-separar	N	-----	0.9	6	4.3	5.18	L
Voltear espalda	O	N	0.28	7	5.55	4.77	M
Abrazar espalda	P	O	0.97	6	5.27	4.3	N
Unir espaldas	Q	PM	1	5	4.3	4.3	Q
Abrazar esp/cop/preh	R	Q	0.65	4	3.3	3.3	R
Pegar gancho,ojillo y marq	S	R	0.81	3	2.65	2.65	S
Sesgar espaldas	T	S	0.73	2	1.84	1.84	T
Introducir varilla lateral	U	T	0.3	1	1.11	1.11	U
presillar * 8	W	U	0.81	0	0.81	0.81	W

Elaborado por el autor.



### DIAGRAMA DE PRECEDENCIAS REF 7622

Esta herramienta visual permite ilustrar gráficamente la secuencia de las operaciones que se debe seguir para la elaboración del producto, esta referencia cuenta con 18 operaciones de confección y 4 manuales es de aclarar que la operación G y U no se realiza en el módulo este es llevado a otra área cerca, por lo que no se tuvo en cuenta en la sumatoria de tiempos totales ni en la asignación de tareas a operarios.

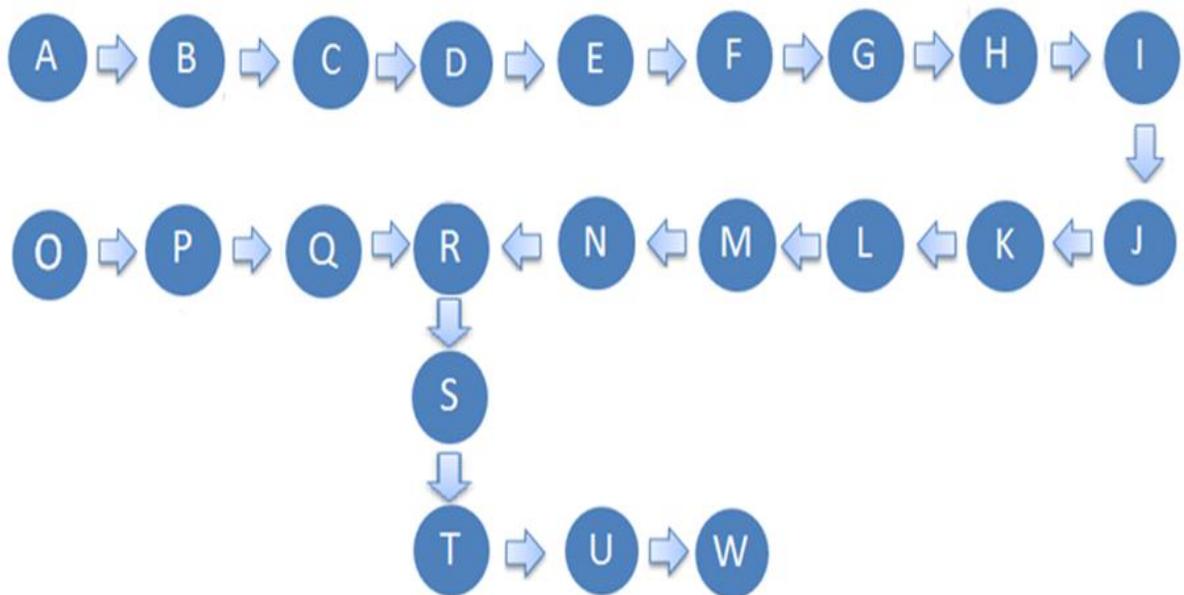


Figura 3120. Diagrama de precedencias ref 7622 modulo 8. Elaborado por el autor.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	89 de 112

## 20.4 DISTRIBUCION DE CARGAS DE TRABAJO A OPERAIOS

En la tabla 41 se encuentra la asignación de tareas a operarios del módulo 8 teniendo en cuenta la precedencia, los pesos de posición, el personal y las maquinas utilizado.

**Tabla 4120. Distribución balanceada de cargas de trabajo a operarios módulo 8 ref 7622**

OPERARIO	TAREA	TIEMPO	TIEMPO DE HOLGURA	MAQUINA	TIEMPO UTLZ MAQUINA(min)	TIEMPO UTLZ MAQUINA (hrs)
1	A	0.92	0.5	Plana	291.64	4.86
1	B1	0.5	0	Zigzag	158.5	2.64
2	B2	0.5	0.92	Zigzag	158.5	2.64
2	C	0.92	0	Plana	291.64	4.86
3	D	0.46	0.96	Plana	145.82	2.43
3	E	0.39	0.57	Fileteadora	123.63	2.06
3	K	0.4	0.17	Manual	126.8	2.11
4	F	0.52	0.9	2 Agujas	164.84	2.75
4	T	0.73	0.17	2 Agujas	231.41	3.86
5	H	0.24	1.18	Presilladora	76.08	1.27
5	W	0.81	0.37	Presilladora	256.77	4.28
6	I	0.86	0.56	Plana	272.62	4.54
6	L	0.41	0.15	Plana	129.97	2.17
7	J	0.83	0.59	Fileteadora	263.11	4.39
7	M	0.47	0.12	Fileteadora	148.99	2.48
8	N	0.9	0.52	Encauchadora	285.3	4.76
8	O	0.28	0.24	Manual	88.76	1.48
9	P	0.97	0.45	Plana c y c	307.49	5.12
9	Q1	0.32	0.13	Plana	101.44	1.69
10	Q2	0.33	1.09	Plana	104.61	1.74
10	R	1	0.09	Plana	317	5.28
11	S	0.82	0.6	Zigzag	259.94	4.33

Elaborado por el autor.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	90 de 112

Calculo de la eficiencia del módulo balanceado:

$$EF = \frac{\sum \text{tiempos de las tareas}}{OP * TC}$$

$$EF = \frac{13,57 \text{ min/unid}}{11 * 1,42 \text{ min/unid}}$$

$$EF = 0,86$$

Con el método aplicado para lograr el balanceo de línea se obtiene una eficiencia del 86% % trabajando con 11 operarios y 16 máquinas para lograr la producción de 317 unid/día.

## 20.5 DISTRIBUCION DE TRABAJO A LAS MAQUINAS EXISTENTES EN EL MODULO

**Tabla 42. Maquinas disponibles módulo 8.**

<b>MODULO 8: MAQUINAS DISPONIBLES</b>	
<b>MAQUINA</b>	<b>CANTIDAD</b>
Plana	5
Plana automatica	0
plana cose y corta	1
Fileteadora	2
2 agujas	1
Zig-zag	3
Collarin ribeteadora	1
Collarin Encaucadora	1
Presilladora	1
	<b>15</b>

Elaborado por el autor.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	91 de 112

## DIAGRAMA HOMBRE – MAQUINA

Después de haber realizado la asignación de operaciones a los 11 trabajadores calculados se procede a asignar cargas de trabajo a las 15 máquinas disponibles en el módulo siempre teniendo en cuenta las secuencias de las operaciones y el tiempo disponible de cada máquina en un turno de 8 horas

OPERARIO	1	1 2	2	3	3	4	5	6	7	8	9	9	10	11
MAQUINA	Plana	zig-zag	Plana	Plana	Filetead	2 Agujas	Presillad	Plana	Filetead	Coll Encauch	Plana cy c	Plana	Plana	Zigzag
HORAS														
0.0	0.5													
0.5	1.0													
1.0	1.5		B1		D	E	F	H						
1.5	2.0		2.64		2.43	2.06	2.75	1.27		J		P		Q1
2.0	2.5									4.39		5.12		1.69
2.5	3.0	A		C				I						
3.0	3.5	4.86		4.86				4.54		N				Q2
3.5	4.0									4.76				1.74
4.0	4.5		B2											
4.5	5.0		2.64											
5.0	5.5						T							
5.5	6.0						3.86							
6.0	6.5													
6.5	7.0							L	M					Q2
7.0	7.5							2.17	2.48					1.74

**Figura 3221. Diagrama hombre- máquina módulo 8 ref 7622. Elaborado por el autor.**

Según la distribución de tareas realizada en el diagrama anterior se observa que dos actividades se realizan en máquinas compartidas entre los operarios 1-2 y 9-10 sin afectar el tiempo disponible por el recurso para un total de 14 máquinas utilizadas ya que el collarín ribeteadora no se utiliza en esta referencia además de que hay 4 operaciones que se realizan de forma manual.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	92 de 112

## 20.6 DISTRIBUCION DE MAQUINAS EN EL MODULO 8

### DIAGRAMA DE RECORRIDO ACTUAL DEL PRODUCTO EN EL MODULO 8 REF 7622

El diagrama muestra el flujo actual del producto, su recorrido en el módulo teniendo en cuenta las secuencias de las actividades. El área total en el que está instalado el módulo 9 en las tareas de confección es de 11,04 metros cuadrados y cada estación de trabajo cuenta con un área de 0,54 metros por lo que de acuerdo a la información recogida del módulo se establece un una distancia estimada recorrida por el producto y el operario de 37,5 metros. La actividad A se realiza en el módulo 6 por ausencia de una maquina plana automática y la operación E se realiza en otra área que fue creada para la introducción de los aros y las varillas a las copas y los laterales por lo que esto hace que se aumenten más estas distancias.

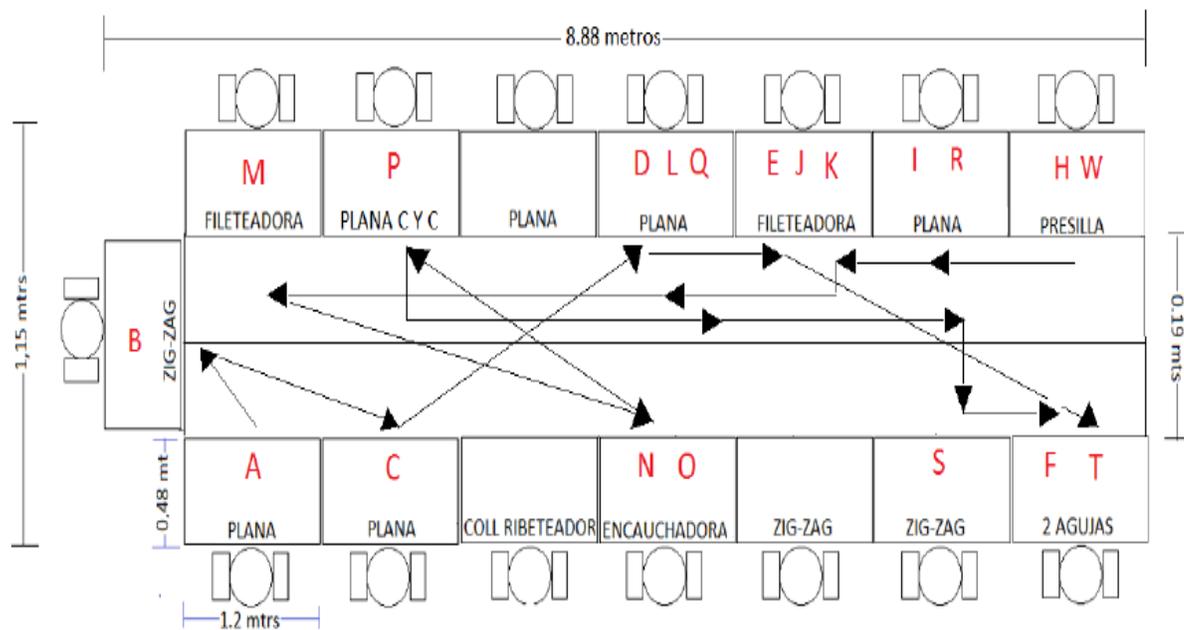
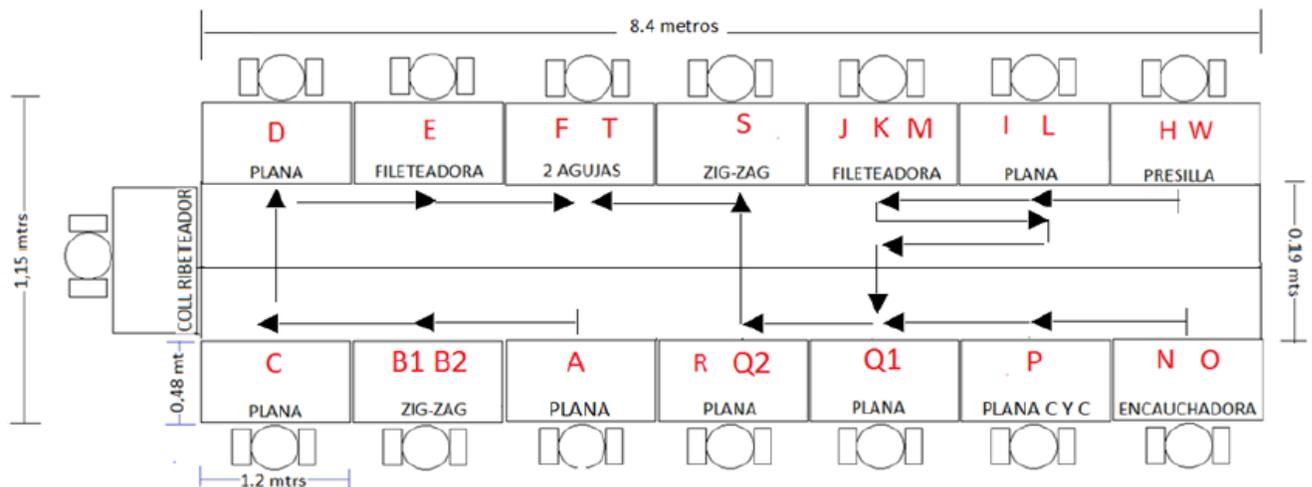


Figura 3322. Diagrama de recorrido actual módulo 8 ref 7622. E laborado por el autor.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	Código	00
		Página	93 de 112

## DIAGRAMA DE FLUJO OPTIMIZADO

Se realizó una reubicación de las maquinas del módulo 8 para procesar la referencia 7622 teniendo en cuenta la nueva redistribución de las cargas de trabajo a las operarias y los recursos disponibles, manejando un área de 9.66 metros cuadrados. Con el sistema actual se estableció un recorrido estimado del producto de 26.4 metros y con el modelo propuesto se estima un recorrido de 14.4 metros cada vez que se debe pasar trabajo a la siguiente estación por lo que se espera una reducción del transporte del 45,4 %.



**Figura 34. Diagrama de recorrido optimizado módulo 8 ref 7622. E laborado por el autor.**

Con el modelo de distribución de máquinas se espera un ahorro en costos por la eliminación de tiempos por recorridos innecesarios que aparecen cada vez que un operario tiene que levantarse e ir a llevar el producto a otro trabajador para su siguiente operación la distancia en recorridos que se desea eliminar se estima en 12 metros por recorrido y esta se incrementa significativamente ya que las operarias tienen que estar realizando estos transportes de producto constantemente.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	94 de 112

## 22. BALANCEO DE LINEA PARA EL MODULO 9 REFERENCIA 7544

De acuerdo a los tiempos obtenidos por cronometro para cada operación y teniendo en cuenta los suplementos establecidos por la OIT para procesos de confección da un tiempo total de 14,34 min/unidad o 860,4 seg/unid para la referencia 7544

### 22.1 CALCULO DEL TIEMPO DE CICLO

Es el tiempo que marca la velocidad de procesamiento del producto. Cada vez que se cumple el tiempo de ciclo, cada estación debe pasar el producto en proceso a la siguiente estación:

$$TC = \frac{\text{Tiempo de produccion por dia}}{\text{Produccion requerido por dia}}$$

$$TC = \frac{450 \text{ min/dia}}{300 \text{ unid/dia}}$$

$$TC = 1,5 \text{ min/unid}$$

Para cumplir con una demanda de 300 unidades se debe cumplir con producir 1 unidad en 1,5 min.

### 22.2 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE OPERADORES NECESARIOS

Determinar la cantidad mínima de operarios (OP) que en teoría se requiere para cumplir el límite de tiempo del ciclo de la estación de trabajo mediante la siguiente fórmula (se debe redondear al siguiente entero más alto)

$$OP = \frac{\sum \text{tiempos de las tareas}}{\text{Tiempo de ciclo}}$$

$$OP = \frac{13,96 \text{ min/unid}}{1,5 \text{ min/unid}}$$

$$OP = 9,30 \approx 10$$

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	95 de 112

Para cumplir con la demanda requerida teniendo como regla el tiempo de ciclo se necesitan 10 operarios

Ahora hay que seleccionar una regla principal para asignar tareas a las estaciones de trabajo y una segunda para desempatar para este caso se tendrá en cuenta como primera regla el peso de posición de cada operación y como segundo factor se tendrá en cuenta la disposición de los recursos y la relación operario-máquina.

### 22.3 PRECEDENCIAS DE OPERACIONES Y PESOS PONDERADOS

Determinación de las precedencias y de pesos ponderados de posición (sumando el tiempo de duración de este elemento y de todos los que le siguen secuencialmente).

**Tabla 43. Precedencias y pesos ponderados módulo 9 ref 7544.**

	OPERACIÓN	PRECEDENCIA	TIEMPO POR UNIDAD(min)	PESO POR POSICION
A	Pegar injerto	-----	0.7	11.75
B	Unir frente a huata	-----	0.3	11.35
C	Unir copas a huata base	A-B	0.8	11.05
D	Sesgar copas aro	C	0.73	10.22
E	Introducir aro a copa	D	0.34	9.49
F	Presillar * 4	E	0.24	9.15
G	Unir frentes	-----	0.32	9.23
H	unir prehormado a copas	F-G	0.88	8.91
I	Recortar prehormado sup	H	0.62	8.06
J	Forrar centro	I	0.47	7.41
K	Ribetear centro	J	0.46	6.94
L	Unir tiras a copas	K	0.42	6.29
M	unir prehormado por base	L	0.61	5.87
N	Recortar base	M	0.53	5.24
O	Ribetear base	N	0.65	4.71
P	unir espaldas	O-T	0.57	3.56
Q	Resortar base-sisa	-----	1.31	5.66
R	Encauchar espaldas	Q	0.65	4.35
S	Voltear espalda	R	0.38	3.7
T	Forrar espalda	S	0.33	3.32
U	sesgar espalda	P	1.2	2,29
W	Pegar gancho	U	0.85	1.79
X	Presillar *8	W	0.94	0.94

Elaborado por el autor.



### DIAGRAMA DE PRECEDENCIAS REF 7544

Esta herramienta visual permite ilustrar gráficamente la secuencia de las operaciones que se debe seguir para la elaboración del producto, esta referencia cuenta con 21 operaciones de confección y 2 manuales es de aclarar que la operación E no se realiza en el módulo este es llevado a otra área cerca, por lo que no se tuvo en cuenta en la sumatoria de tiempos totales ni en la asignación de tareas a operarios.

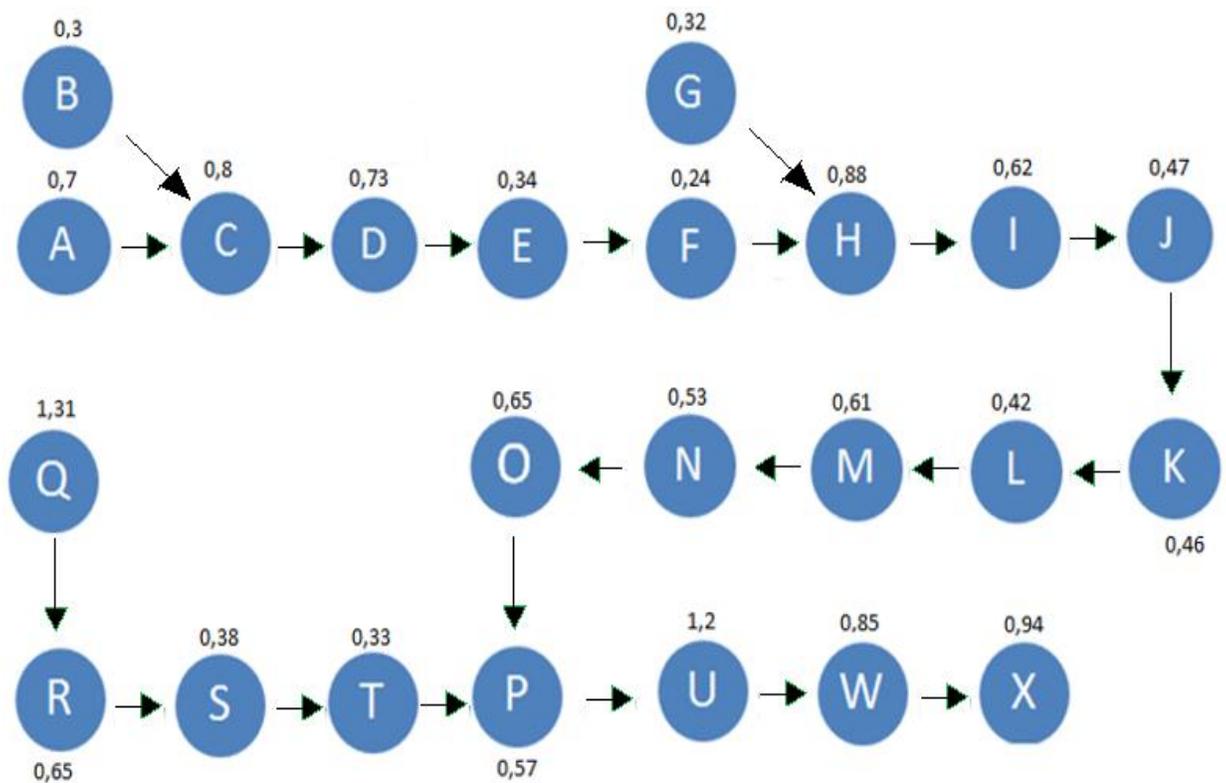


Figura 35. Diagrama de precedencias ref 7544 modulo 9. Elaborado por el autor.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	97 de 112

## 22.4 ASIGNACION DE CARGAS DE TABAJO A OPERARIAS DEL MODULO 9

En la siguiente tabla se encuentra la asignación de tareas a operarios teniendo en cuenta la precedencia, los pesos de posición, el personal y las maquinas utilizado.

**Tabla 44. Distribución balanceada de cargas de trabajo a operarios módulo 9 ref 7544.**

OPERARIO	TAREA	TIEMPO	TIEMPO DE HOLGURA	MAQUINA
1	A	0,7	0,8	Plana
1	C	0,8	0	plana
2	B	0,3	1,2	Zig-zag
2	D	0,73	0,47	2 agujas
2	J	0,47	0	Plana
3	F	0,24	1,26	Presilladora
3	G	0,32	0,94	Plana c y c
3	X	0,94	0	Presilladora
4	H	0,88	0,62	Plana
4	I	0,62	0	Fileteadora
5	k	0,46	1,04	Plana
5	L	0,42	0,62	Plana
5	M	0,61	0,01	plana
6	N	0,53	0,97	Fileteadora
6	O	0,65	0,32	plana
7	Q	1.31	0.19	Encauchadora
8	R	0.65	0.85	Fileteadora
8	S	0.38	0.47	Manual
8	T	0.33	0.14	Plana
9	P	0.57	0,93	Plana
9	W	0,85	0,08	Zig-zag
10	U	1,2	0,3	2 agujas

Elaborado por el autor.

Calculo de la eficiencia del módulo balanceado:

$$EF = \frac{\sum \text{tiempos de las tareas}}{OP * TC}$$

$$EF = \frac{13,96 \text{ min/unid}}{10 * 1,5 \text{ min/unid}}$$



$$EF = 0,93$$

Con el método aplicado para lograr el balanceo de línea se obtiene una eficiencia del 0,93 % trabajando con 10 operarios y 16 máquinas para lograr la producción de 300 unid/día.

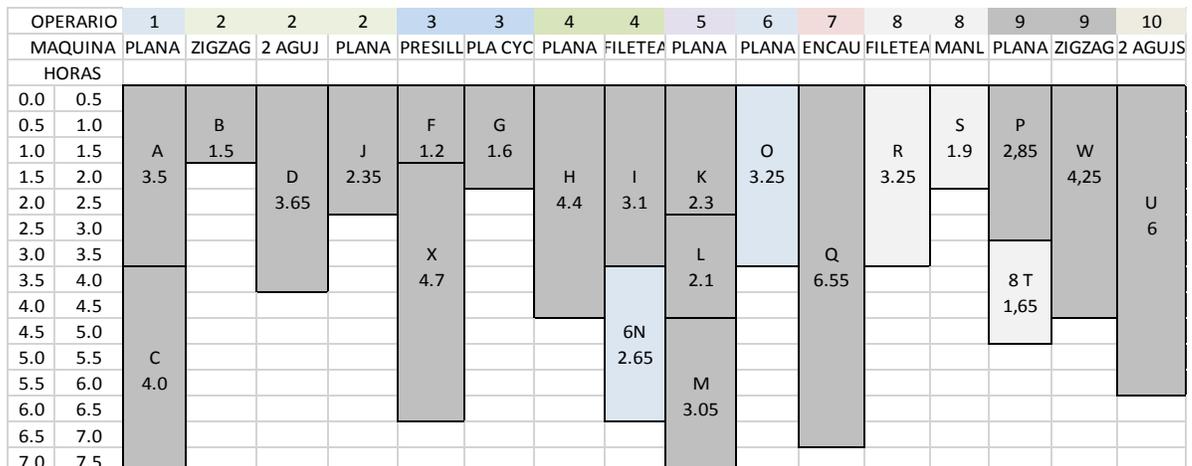
## 22.5 DISTRIBUCION DE TRABAJO A LAS MAQUINAS EXISTENTES EN EL MODULO

**Tabla 4521. Maquinas disponibles módulo 9**

MODULO 9: MAQUINAS DISPONIBLES	
MAQUINA	CANTIDAD
Plana	5
plana cose y corta	1
plana folder	1
Fileteadora	2
2 agujas	2
Zig-zag	2
Encaucadora	1
Presilladora	1
Ribeteadora	1
	16

Elaborado por el autor.

## DIAGRAMA HOMBRE – MAQUINA



**Figura 36. Diagrama hombre- máquina módulo 9 ref 7544. Elaborado por el autor.**



Mediante la distribución de tareas realizada en el diagrama anterior se observa que dos actividades se realizan en máquinas compartidas entre los operarios 4-6 y 8-9 sin afectar el tiempo disponible por el recurso para un total de 15 máquinas utilizadas ya que el collarín ribeteadora no se utiliza en esta referencia además de que la operación A es realizada en el módulo 6 por ausencia de una plana automática por lo que es recomendable contar con esta máquina en el módulo.

## 22.6 DISTRIBUCION DE MAQUINAS EN EL MODULO 9

### DIAGRAMA DE RECORRIDO ACTUAL DEL PRODUCTO EN EL MODULO 9

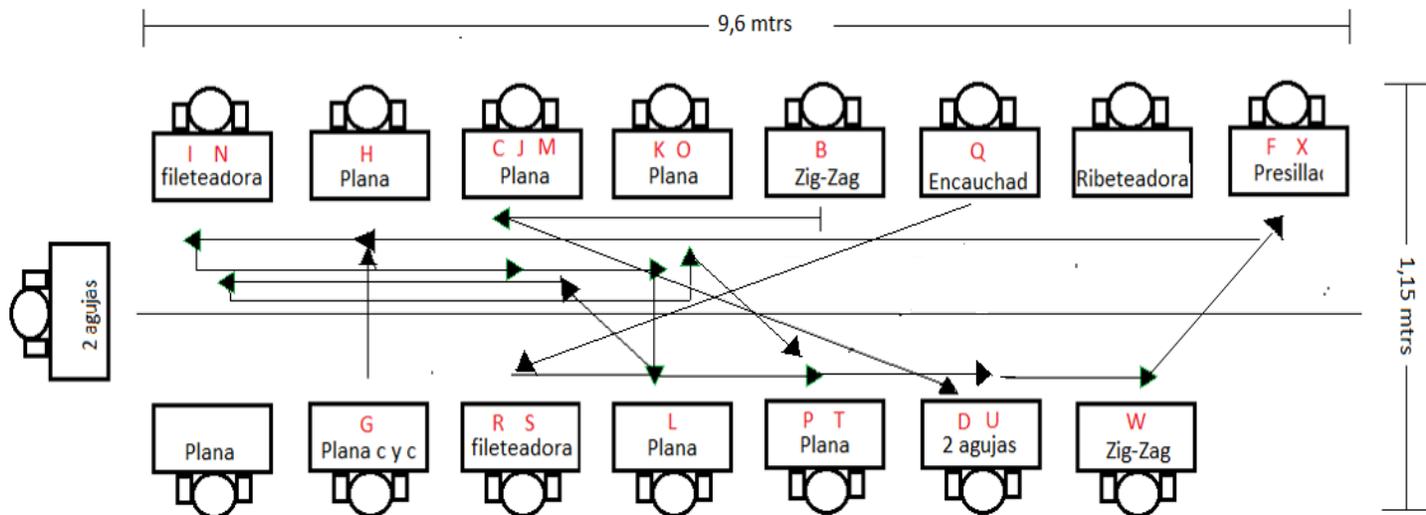


Figura 237. Diagrama de recorrido actual módulo 9 ref 7544. E laborado por el autor.

El diagrama muestra el flujo actual del producto, su recorrido en el módulo teniendo en cuenta la distribución de tareas actual a las operarias y las secuencias de las actividades. El área total en el que está instalado el módulo 9 en las tareas de confección es de 11,04 metros cuadrados y cada estación de trabajo cuenta con un área de 0,54 metros por lo que de acuerdo a la información recogida del módulo se establece un una distancia estimada recorrida por el producto y el operario de 37,5 metros. La actividad A se realiza en el módulo 6 por ausencia de una maquina plana automática y la operación E se realiza en otra área que fue creada para la introducción de los aros y las varillas a las copas y los laterales por lo que esto hace que se aumenten más estas distancias.



### DIAGRAMA DE FLUJO OPTIMIZADO

Se realizó una reubicación de las maquinas del módulo 9 para procesar la referencia 7544 teniendo en cuenta la nueva redistribución de las cargas de trabajo a las operarias y los recursos disponibles, manejando la misma área. Con el sistema actual se estableció un recorrido estimado del producto de 37,5 metros y con el modelo propuesto se estima un recorrido de 16,6 metros por lo que se espera una reducción del transporte del 55,7 %, en el siguiente diagrama se muestra el modelo para optimizar recorridos.

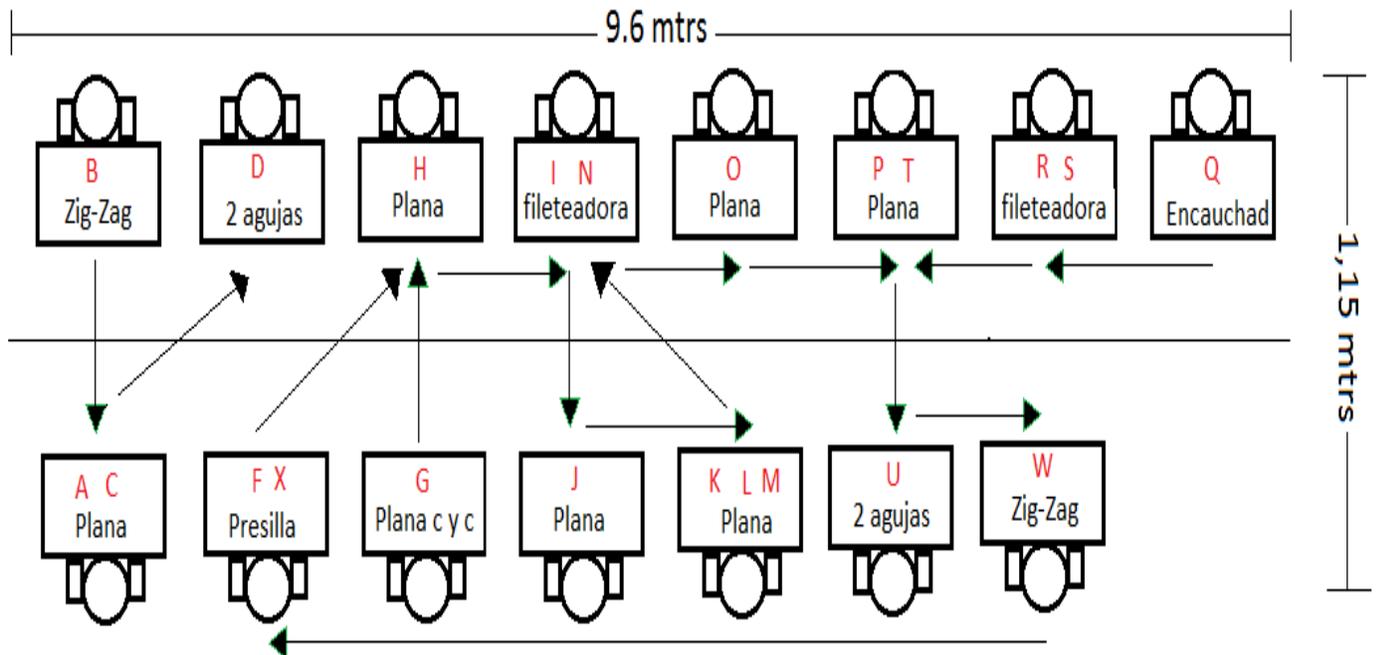


Figura 3824. Diagrama de recorrido optimizado módulo 9 ref 7544. E laborado por el autor.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	101 de 112

## 23. BALANCEO DE LINEA DEL MODULO 10 REFERENCIA 7625

### 23.1 CALCULO DEL TIEMPO DE CICLO

Es el tiempo que determina el ritmo de producción, o el tiempo que transcurre en la producción de cada pieza y se calcula de la siguiente forma:

$$TC = \frac{\text{Tiempo de produccion por dia}}{\text{Produccion requerido por dia}}$$

$$TC = \frac{450 \text{ min/dia}}{450 \text{ unid/dia}}$$

$$TC = 1 \text{ min/unid}$$

Para cumplir con una demanda de 450 unidades se debe cumplir con un flujo de producción de 1 unidad por minuto.

Cuellos de botella que superan al TC:

**Tabla 46. Cuellos de botella que superan**

	OPERACIÓN	TIEMPO POR UNIDAD(min)
A	Unir copas a prehor y recortar	1.45
B	Decorar espalda	1
C	Unir centro	0.28
D	Ensamblar copas	0.89
E	Sesgo copas	0.84
F	Unir lateral	1.2
G	Pespuntar	0.59
H	Pegar gancho,ojillo y marq	0.65
I	presillar * 12	1
		7.9

**Elaborado por el autor.**

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	102 de 112

Una técnica para eliminar los cuellos de botella es duplicar las operaciones a mitad del tiempo de ciclo original de tal forma que no supere el TC:

**Tabla 47. Eliminación cuello de botella**

	OPERACIÓN	TIEMPO POR UNIDAD(min)
A1	Unir copas a prehor y recortar	0.72
A2	Unir copas a prehor y recortar	0.72
B	Decorar espalda	1
C	Unir centro	0.28
D	Ensamblar copas	0.89
E	Sesgo copas	0.84
F1	Unir lateral	0.6
F2	Unir lateral	0.6
G	Pespuntar	0.59
H	Pegar gancho,ojillo y marq	0.65
I	presillar * 12	1
		7.89

Elaborado por el autor.

### 23.2 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE OPERADORES NECESARIOS

Determinar la cantidad mínima de operarios (OP) que en teoría se requiere para cumplir el límite de tiempo del ciclo de la estación de trabajo mediante la siguiente fórmula (se debe redondear al siguiente entero más alto)

$$OP = \frac{\sum \text{tiempos de las tareas}}{\text{Tiempo de ciclo}}$$

$$OP = \frac{7.89 \text{ min/unid}}{1 \text{ min/unid}}$$

$$OP = 7.89 \approx 8$$

Para cumplir con la demanda requerida teniendo como regla el tiempo de ciclo se necesitan 8 operarios

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	103 de 112

### 23.3 PRECEDENCIAS DE OPERACIONES Y PESOS PONDERADOS

Especificación de las precedencias y de pesos de posición (sumando el tiempo de duración de este elemento y de todos los que le siguen secuencialmente).

**Tabla 4822. Precedencias y pesos ponderados módulo 10 ref 7625.**

Operación	Precedencia	Tiempo Por Unidad(min)	# de operacio dependientes	Peso de posicion	Ordenamien tpor pesos	Tarea
A	-----	1.44	7	6.61	6.61	A
B	-----	1	7	6.45	6.45	B
C	B	0.28	6	5.45	5.45	C
D	A-C	0.89	5	5.17	5.17	D
E	D	0.84	4	4.28	4.28	E
F	E	1.2	3	3.44	3.44	F
G	F	0.59	2	2.24	2.24	G
H	G	0.65	1	1.65	1.65	H
I	H	1	0	1	1	I

Elaborado por el autor.



### DIAGRAMA DE PRECEDENCIAS REF.7625

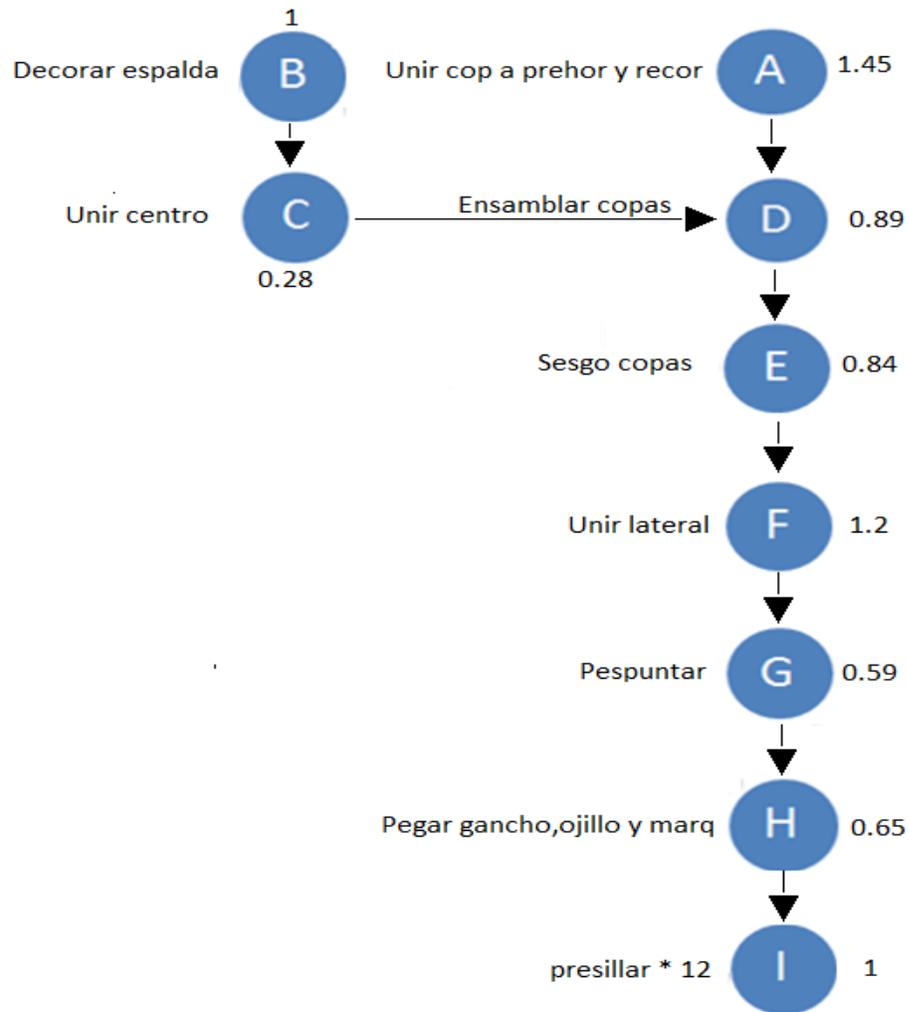


Figura 25. Diagrama de precedencias ref 7625 modulo 10. Elaborado por el autor.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	105 de 112

### 23.4 ASIGNACION DE CARGAS DE TRABAJO A OPERARIOS

En la tabla 49 se encuentra la asignación de tareas a operarios teniendo en cuenta la precedencia, los pesos de posición, el personal y las maquinas utilizado.

**Tabla 49. Distribución balanceada de cargas de trabajo a operarios módulo 10 ref 7625.**

OPERARIO	TAREA	TIEMPO	TIEMPO DE HOLGURA	MAQUINA	TIEMPO UTLZ MAQUINA(min)	TIEMPO UTLZ MAQUINA (hrs)
1	A1	0.72	0.28	Fileteadora	324	5.4
2	A2	0.72	0.28	Fileteadora	324	5.4
2	C	0.28	0	Plana	126	2.1
3	B	1	1	Zig-Zag	450	7.5
4	D	0.89	0.11	Plana	400.5	6.675
5	E	0.98	0.02	2 agujas	441	7.35
6	F1	0.6	0.4	Plana	270	4.5
6	G1	0.4	0	Plana	180	3
7	F2	0.6	0.4	Plana	270	4.5
7	G2	0.4	0	Plana	180	3
8	H	0.65	0.35	Zig-Zag	292.5	4.875
9	I	1	0	Presilladora	450	7.5

Elaborado por el autor.

Para poder asignar cargas de trabajo a los 9 operarios fue necesario dividir la operación de unir laterales para asignarla a dos operarios diferentes y así obtener una carga completa

Calculo de la eficiencia del módulo balanceado:

$$EF = \frac{\sum \text{tiempos de las tareas}}{OP * TC}$$

$$EF = \frac{8.24 \text{ min/unid}}{9 * 1 \text{ min/unid}}$$

$$EF = 0,91$$

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	<b>106 de 112</b>

Con el método aplicado para lograr el balanceo de línea se obtiene una eficiencia del 91 % trabajando con 9 operarios y 14 máquinas para lograr la producción de 450 unid/día.

### **23.5 DISTRIBUCION DE TRABAJO A LAS MAQUINAS EXISTENTES EN EL MODULO**

Tabla de máquinas disponibles

***Tabla 50. Maquinas disponibles módulo 10***

<b>MODULO 10: MAQUINAS DISPONIBLES</b>	
<b>MAQUINA</b>	<b>CANTIDAD</b>
Plana	6
plana cose y corta	1
Fileteadora	2
2 agujas	1
Zig-zag	2
Collarin ribeteadora	1
Collarin Encaucadora	1
Presilladora	1
	<b>15</b>

**Elaborado por el autor.**

#### **DIAGRAMA HOMBRE – MAQUINA REF.7625**

Ya teniendo las distribuciones de operaciones a los 9 trabajadores calculados se procede a asignar cargas de trabajo a las 14 máquinas disponibles en el módulo siempre teniendo en cuenta las secuencias de las operaciones y el tiempo disponible de cada máquina en un turno de 8 horas



OPERARIO		1	2	2	3	4	5	6	7	8	9
MAQUINA		FILETEA	FILETE	PLANA	ZIG-ZAG	PLANA	2 AGUJS	PLANA	PLANA	ZIGZAG	PRESILLA
HORAS											
0.0	0.5	A1 5.4	A2 5.4	C 2.1	B 7.5	D 6.67	E 7.35	F1 4.5	F2 4.5	H 4.87	I 1
0.5	1.0										
1.0	1.5										
1.5	2.0										
2.0	2.5										
2.5	3.0										
3.0	3.5										
3.5	4.0										
4.0	4.5										
4.5	5.0										
5.0	5.5							G1 3	G2 3		
5.5	6.0										
6.0	6.5										
6.5	7.0										
7.0	7.5										

Figura 40. Diagrama hombre- máquina módulo 10 ref 7625. Elaborado por el autor.

Por medio de la distribución de cargas de trabajo a las maquinas se observó que para esta referencia no se requieren dos planas, una collarín encauchadora y una collarín ribeteadora existentes en el módulo y en total se utilizarían 10 máquinas

### 23.6 DISTRIBUCIÓN DE MAQUINAS EN EL MODULO 10

DIAGRAMA DE RECORRIDO ACTUAL DEL PRODUCTO EN EL MODULO 10 REF 7625

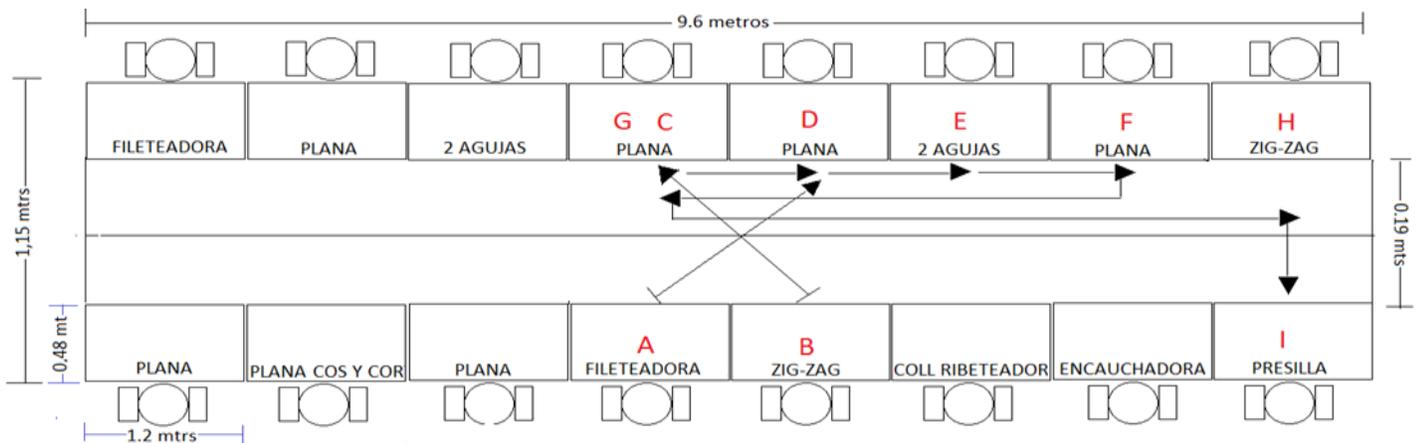


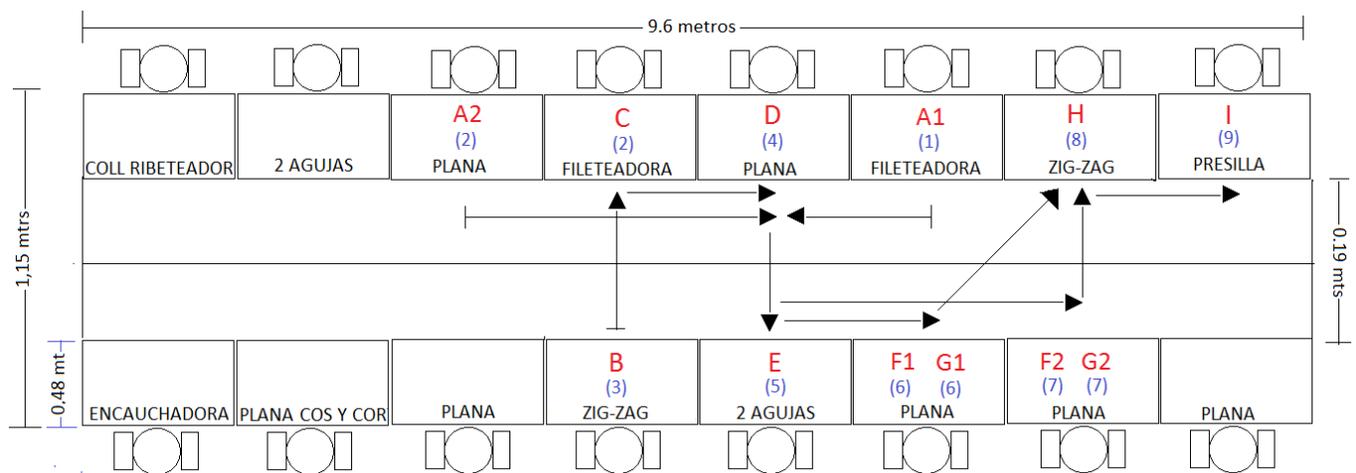
Figura 4126. Diagrama de recorrido optimizado módulo 10 ref 7625. E laborado por el autor.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	108 de 112

El diagrama muestra el flujo actual del producto, su recorrido en el módulo teniendo en cuenta las secuencias de las actividades. El área total en el que está instalado el módulo 10 en las tareas de confección es de 11,04 metros cuadrados y cada estación de trabajo cuenta con un área de 0,54 metros por lo que de acuerdo a la información recogida del módulo se establece un una distancia estimada recorrida por el producto y el operario de 14.4 metros.

### DIAGRAMA DE FLUJO OPTIMIZADO REF .7625

Se realizó un modelo de reubicación de las maquinas del módulo 10 para procesar la referencia 7625 teniendo en cuenta que en la nueva redistribución de las cargas de trabajo a las operarias fue necesario dividir tres operaciones para equilibrar las tareas asignadas por lo que se necesitan más estaciones también teniendo como base las secuencias de operaciones para disminuir transportes entre tareas y las maquinas necesarias para disminuir transportes entre tareas para optimizar el flujo del producto y cumplir con la meta esperada. Con el sistema actual se estableció un recorrido aproximado del producto de 14.4 metros y con el modelo propuesto se estima un recorrido de 10,8 metros por lo que se espera una reducción del transporte del 25 % en el siguiente diagrama se muestra el modelo para optimizar recorridos en esta referencia.



**Figura 4227. Diagrama de recorrido optimizado módulo 10 ref 7625. E laborado por el autor.**

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	<b>109 de 112</b>

## 24. EVALUACION DEL METODO PROPUESTO

La siguiente tabla muestra la comparación de producción del modelo actual con el modelo propuesto.

**Tabla 51. Comparación de eficiencias modelo actual modelo propuesto.**

COMPARACION DE LAS EFICIENCIAS MODELO ACTUAL-MODELO PROPUESTO						
TURNO DE 8 HORAS						
MODULOS	REFERENCIAS	UNID PRODUCIDAS ACTUALMENTE	OPERARIAS REQUERIDAS	UNID PRODUCIDAS CON EL NUEVO MODELO	OPERARIOS REQUERIDOS	DIFERENCIA DE PRODUCCION
MODULO 1	7633	300	10	320	10	20
MODULO 2	7519	300	10	350	10	50
MODULO 3	7608	250	10	300	10	50
MODULO 4	7596	350	10	400	10	50
MODULO 5	6140	330	11	350	11	20
MODULO 6	3025	400	8	423	8	23
MODULO 7	3028	300	10	375	10	75
MODULO 8	7622	300	10	317	10	17
MODULO 9	7544	300	10	300	10	0
MODULO 10	7625	350	8	450	8	100
		<b>3180</b>		<b>3585</b>		<b>405</b>

Elaborado por el autor.

Analizando las referencias anteriormente estudiadas se espera un crecimiento en la producción de brasier del 12 % en un turno de 8 horas aplicando los métodos propuestos, por lo que es probable que se puede aumentar la productividad ya que se está produciendo más unidades con los mismos recursos.

El sistema propuesto debe operar igualmente con el diseño de redistribución de máquinas ya que se espera que sea una de las bases para ahorrar tiempos que no le dan valor agregado al producto.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	110 de 112

## 25. CONCLUSIONES

El balanceo de línea para operaciones de confección es un proceso constante de trabajo para el mejoramiento, ya que por diversos factores como el rendimiento de las operarias hace que los tiempos de operaciones sean cambiantes a medida que el operario adquiere mejor rendimiento y depende del encargado estudiar tiempos de operación constantemente ya que estos son los que determinan que una línea quede correctamente balanceada

Es complejo tener un patrón de distribución de máquinas para todas las referencias que se manejan en los 10 módulos de la línea de brasier ya que en cada módulo se procesan varias referencias y cada una de estas tiene una secuencia de operaciones diferente, es por esto que el sistema de recorrido actual con la distribución de máquinas existentes genera transportes de material que no le están dando valor agregado al producto, y se resume en costos por tiempos de transportes de largas distancias por lo que se procede a diseñar un modelo de distribución y ordenamiento de las maquinas por referencia que se debe ejecutar con el apoyo del área de planeación para establecer un orden de las referencias que entran a producción y que la reubicación de máquinas no sea tan constante, además de que se debe contar con personal con condiciones óptimas ya que se requiere aplicación de cierto esfuerzo para mover las maquinas

El principal problema que se tuvo a la hora de balancear líneas en los módulos de confección fue tener en cuenta la polivalencia de las operarias, ya que es de vital importancia y es un factor de condición que determina la distribución de cargas de trabajo.

Al momento de diseñar el modelo de optimización se encontró una serie de restricciones que hicieron algo difícil el diseño de la propuesta ya que se encontraron limitantes como la falta de algunas máquinas, algunas operarias solo sabían manejar una operación por lo que dificultó el balanceo de línea.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	111 de 112

## 26. RECOMENDACIONES

Algunas operarias solo saben manejar una operación y dificulta la tarea de balancear la línea de producción, por lo que es recomendable que estas operarias se capaciten en al menos otra operación de confección que sería de gran ventaja a la hora de repartir cargas de trabajo y buscar el balanceo adecuado.

Se evidencio la falta de algunas máquinas indispensables en algunos módulos de trabajo, este factor ocasiona que las operarias tengan que buscar estas máquinas en otros módulos para continuar con su trabajo, en ocasiones estas tienen que ponerse de acuerdo para utilizarlas ya que pueden ser requeridas por más de un módulo generando así pérdidas de tiempos, por lo cual es recomendable la adquisición de nuevas máquinas por parte de la empresa para que cada módulo cuente con las maquinas necesarias.

Al momento de que una referencia nueva se empieza a trabajar en el área de producción se ven muchos inconvenientes a la hora de repartir cargas de trabajo, debido a que no se toman los tiempos de operación de dicha referencia antes de empezar a fabricarla y muchas veces se le asignan tiempos de otras referencias por lo que genera tiempos incorrectos de operación de este modo es recomendable que se asignen tiempos adecuados para cada referencia nueva que llega a esta área por medio del método de cronometraje ya que de los tiempos depende el éxito del balanceo de línea

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial	<b>Código</b>	00
		<b>Página</b>	112 de 112

## 27. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Cabrera, e., & Saavedra, X. (2008). *Metodos eficientes de produccion aploicados a una industria textil*. Quito.
- Carrillo, T., Guerra, R., Solis, M., & Soto, C. (2013). Implementacio de balanceo de linea yu reduccion de defectos en una empresa medica. *revista aristas*, 12-13.
- (2015). *El sector textil vive su cuarto de hora gracias a la devaluación*.
- Gudiel, S. (2005). Implementacion de un sistema de produccion modular para una empresa de confecciones de prendas de vestir. *scielo.org*, 3-4.
- Ingeniería de método incremental con herramientas de modelamiento. (2008). *Revista Virtual Pro*, 5-6.
- Jacobs, R., & Chase, R. (2011). *Administracion nde operaciones produccion y cadena de suministro*. California: The McGraw-Hill Companies.
- Lopez, j. j., Riesco, M. A., & Rodriguez, r. (2009). *Acercamiento al balanceo de lineas de produccion y rotacion del personal condiscapacidad y maxima productividad*. Obregon.
- Lopez, M., Solano, M., & Sosa, J. (2011). balanceo de lineas utilizando manufactura esbelta herramientas de manufactura esbelta. *revista el buzón de pacioli*, 4-5.
- Luna, A., & angel, m. (2014). analisis del cluster textil. *revista gestion*, 2-3.
- Medina, A., & Avila, A. (2002). Evolucion de la teoria administrativa.una vision des del apsicologia organizacional. *scielo.org*, 3-4.
- Rodriguez, J. C. (2011). Balanceo de las Líneas de Producción Fender y Trunk. *Universidad Tecnologica de Queretano*, 25-26.
- Rodríguez, L., Abril, L., Guevara, F., & Olvera, H. (s.f.). *Balanceo de la linea de produccion AS01-ASSY del telefono celular astro*. juarez.