

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE  
PROTECTORES PARA ESQUINAS DE LA MICROEMPRESA DIDÁCTICOS NUEVO  
MILENIO**

**ANGIE CAMILA PÉREZ CÁRDENAS**

**JULIAN FELIPE VANEGAS AYALA**



**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**BOGOTÁ D.C**

**2018**

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE  
PROTECTORES PARA ESQUINAS DE LA MICROEMPRESA DIDÁCTICOS NUEVO  
MILENIO**

**ANGIE CAMILA PÉREZ CÁRDENAS 201613011603**

**JULIAN FELIPE VANEGAS AYALA 201623002603**

**Trabajo de Grado para optar el título de Ingeniero Industrial**

**DIRECTOR:**

**Ing. Gustavo Andrés Romero Duque**



**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**BOGOTÁ D.C**

**2018**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

---

**Firma del jurado**

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero agradecemos a Dios por permitirnos alcanzar nuestras metas, renovando las fuerzas día tras día y dándonos salud para culminar nuestros estudios, por proveer el recurso económico para suplir todas las necesidades que nuestra carrera demandó, por colocar en nuestro camino personas que fueron ayuda idónea en el desarrollo del presente proyecto, las cuales no escatimaron en la enseñanza que nos brindaron.

A nuestros padres y familiares que desde el principio creyeron en nosotros y realizaron un enorme esfuerzo para que lográramos cumplir nuestros sueños y ser hoy profesionales capacitados dispuestos a poner el conocimiento adquirido al servicio de la comunidad o la organización que lo requiera.

Agradecemos la entrega de cada uno de los docentes que, desde sus conocimientos y experiencia en cada uno de los campos, nos inculcaron la pasión por la investigación y la mejora continua, tanto personal como profesional.

Destacamos en su labor docentes como nuestro director de proyecto de grado, el Ing. Gustavo Andrés Romero Duque, por su entrega, el conocimiento, la experiencia, las herramientas aportadas y entusiasmo en cada paso que dábamos en el transcurso de este documento, igualmente destacamos la labor de la Ing. Ruth Milena Suárez Castro por poner a nuestro servicio su conocimiento y experiencia en el análisis de la simulación aquí presentada. Y por último y no menos importante, le agradecemos por cada consejo y aporte conceptual a este proyecto de grado al Ing. Adolfo León Agaton.

Le agradecemos de antemano a la Fundación Universitaria Los Libertadores, por permitirnos crecer profesionalmente y poder finalmente tener el honor de ser ingenieros industriales.

## DEDICATORIA

*Llena de felicidad y agradecimiento quiero dedicar este proyecto de grado y el título otorgado a mis padres, por ser el cimiento fundamental en todo lo que soy, porque me han brindado todas las oportunidades para desarrollarme íntegramente como persona, han sido mi guía y apoyo en momentos difíciles y sin ellos hoy nada de esto sería posible.*

*Angie Camila Pérez Cárdenas*

*Le dedico este trabajo y el título otorgado a mi mamá, por su esfuerzo, fortaleza, valentía, entrega diaria y apoyo incondicional. A mi hermano, que con su voluntad, pasión y ejemplo me motiva a ser cada día mejor ser humano y profesional. Finalmente, pero no menos importante, a mi padre, que desde el cielo nos bendice.*

*Julian Felipe Vanegas Ayala*

## CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS .....	VIII
LISTA DE TABLAS .....	X
LISTA DE ECUACIONES.....	XI
LISTA DE ANEXOS.....	107
RESUMEN .....	12
INTRODUCCIÓN .....	13
1. PROPUESTA DE TRABAJO .....	14
1.1. Descripción del problema .....	14
1.2. Formulación .....	14
1.3. Justificación .....	15
1.4. Objetivos.....	15
1.4.1. Objetivo general.....	15
1.4.2. Objetivos específicos .....	15
1.5. Marco referencial .....	16
1.5.1. Marco teórico .....	16
1.5.2. Marco relacional .....	21
1.5.3. Marco contextual.....	25
1.6. Metodología .....	30
1.7. Alcance .....	32
2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	37
2.1. Análisis del sistema.....	37
2.1.1. Diagrama de actividades del proceso actual .....	44
2.2. Identificación de causas .....	46
2.2.1. Análisis y ponderación de causas.....	47
3. ANÁLISIS DE PROPUESTAS VIABLES .....	50
3.1. Planteamiento de mejoras al método actual .....	50
3.2. Tiempos actuales.....	50
3.3. Documentación de las propuestas de mejora .....	58
3.4. Análisis e interpretación de los resultados .....	75
3.5. Análisis de escenarios .....	77

3.6. Reporte de las modificaciones .....	93
3.7. Informe técnico del cálculo de la mejora .....	95
3.8. Presupuesto de implementación de las mejoras .....	97
3.9. Periodo de retorno de la inversión PRI .....	100
CONCLUSIONES .....	102
RECOMENDACIONES .....	104
REFERENCIAS .....	105

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Influencia de las actividades de métodos, estándares y diseño del trabajo en la operación de la empresa .....	17
Figura 2. Oportunidades de ahorro con la aplicación de ingeniería de métodos y estudio de tiempos.....	19
Figura 3. Formas de modelar un sistema real .....	20
Figura 4. Tipos de simulación.....	21
Figura 5. Arquitectura empresarial interna .....	23
Figura 6. Therbligs efectivos .....	24
Figura 7. Therbligs no efectivos .....	24
Figura 8. Protectores para esquinas.....	28
Figura 9. Alcances trazados en el proyecto.....	32
Figura 10. EDT del proyecto .....	33
Figura 11. Cronograma del proyecto .....	34
Figura 12. Diagrama Ruta Crítica del proyecto .....	36
Figura 13. Distribución actual.....	38
Figura 14. Materias primas para protectores para esquinas .....	38
Figura 15. Plano con actividades parte 1 .....	39
Figura 16. Plano con actividades parte 2 .....	40
Figura 17. Plano con actividades parte 3 .....	41
Figura 18. Plano con actividades parte 4 .....	42
Figura 19. Plano con actividades parte 5 .....	42
Figura 20. Plano con actividades parte 6 .....	43
Figura 21. Plano con actividades parte 7 .....	43
Figura 22. Diagrama de flujo del proceso.....	45
Figura 23. Diagrama de Ishikawa .....	46
Figura 24. Histograma .....	49
Figura 25. Número de ciclos a observar, criterio General Electric .....	52
Figura 26. Sistema de suplementos.....	53
Figura 27. Diagrama de flujo de proceso protectores para esquinas.....	57
Figura 28. Diagrama de actividades implementando las mejoras viables.....	58
Figura 29. Áreas definidas .....	59
Figura 30. Diagrama de relación de actividades .....	60
Figura 31. Diagrama de bloques .....	61
Figura 32. Diagrama de bloques propuesto .....	61
Figura 33. Distribución propuesta.....	62
Figura 34. Distribución propuesta 3D.....	62
Figura 35. Método propuesto mesa 1 .....	63
Figura 36. Método propuesto mesa 2.....	63
Figura 37. Método propuesto mesa 6.....	64
Figura 38. Método propuesto mesa 3.....	64
Figura 39. Método propuesto mesa 5.....	65
Figura 40. Método propuesto mesa 4.....	65

Figura 41. Método propuesto estante 1 .....	66
Figura 42. Puesto de trabajo propuesto .....	67
Figura 43. Cotización de puestos de trabajo .....	68
Figura 44. Diseño de cotización - Mueble organizador .....	69
Figura 45. Tiempos estimados con las propuestas de mejora .....	70
Figura 46. Diagrama de flujo de procesos con propuestas viables .....	71
Figura 47. Distribución propuesta en FlexSim® .....	72
Figura 48. Distribución estadística de la actividad "cortar lona" .....	73
Figura 49. Cuello de botella en mesa 6 .....	78
Figura 50. Escenario 1 .....	79
Figura 51. Escenario 2 .....	80
Figura 52. Escenario 3 .....	82
Figura 53. Escenario 4 .....	84
Figura 54. Escenario 5 .....	86
Figura 55. Escenario 6 .....	88
Figura 56. Escenario 7 .....	90
Figura 57. Escenario 8 .....	90
Figura 58. Diagrama de flujo del proceso – escenario escogido.....	94
Figura 59. Distribución - escenario escogido.....	95
Figura 60. Presupuesto mano de obra requerida .....	99

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Relación proveedor-recurso .....	29
Tabla 2. Actividades y precedencia .....	35
Tabla 3. Ponderación de causas .....	48
Tabla 4. Toma de tiempos.....	51
Tabla 5. T.T. de actividades actuales .....	55
Tabla 6. Herramienta From-to / Origen-destino .....	60
Tabla 7. Distribución estadística de datos.....	74
Tabla 8. Informe de simulación parte uno .....	76
Tabla 9. Informe de simulación parte dos.....	76
Tabla 10. Reporte escenario 1 parte uno.....	79
Tabla 11. Reporte escenario 1 parte dos .....	80
Tabla 12. Reporte escenario 2 parte uno.....	81
Tabla 13. Reporte escenario 2 parte dos .....	81
Tabla 14. Reporte escenario 3 parte uno.....	83
Tabla 15. Reporte escenario 3 parte dos .....	83
Tabla 16. Reporte escenario 4 parte uno.....	84
Tabla 17. Reporte escenario 4 parte dos .....	85
Tabla 18. Reporte escenario 5 parte uno.....	86
Tabla 19. Reporte escenario 5 parte dos .....	86
Tabla 20. Reporte escenario 6 parte uno.....	88
Tabla 21. Reporte escenario 6 parte dos .....	89
Tabla 22. Reporte escenario 7 parte uno.....	91
Tabla 23. Reporte escenario 7 parte dos .....	91
Tabla 24. Reporte escenario 8 parte uno.....	91
Tabla 25. Reporte escenario 8 parte dos .....	92
Tabla 26. Cálculo realizado para la implementación de la propuesta.....	97
Tabla 27. Presupuesto de la implementación.....	97
Tabla 28. Presupuesto contratación nuevo empleado .....	98
Tabla 29. Presupuesto de estantes organizadores .....	100
Tabla 30. Cálculo del PRI.....	100

## LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1.....	96
Ecuación 2.....	96

## RESUMEN

La productividad es uno de los factores decisivos para la sostenibilidad de una microempresa, ya que permite un aumento de su competitividad logrando una permanencia en el mercado, sin embargo, la productividad depende de muchas variables que se encuentran en el sistema productivo, como son, el método, la mano de obra, los materiales, el medio, dentro de otras, las cuales deben evaluarse con el fin de encontrar mejoras que den paso al aumento de productividad.

En el presente proyecto de investigación se estudió cómo se relaciona el mejoramiento del método para aumentar la productividad y así satisfacer la demanda, ya que se realizó un diagnóstico del proceso de los protectores para esquinas utilizando el diagrama de Ishikawa y se determinaron las causas a tratar por medio de un histograma.

Seguido, se analizaron y generaron las diferentes propuestas, tales como la estandarización de tiempos, la implementación de organizadores para almacenar producto en proceso, una distribución en planta que disminuyó los recorridos innecesarios, la eliminación de un puesto de trabajo y una reasignación de tareas que hicieron más eficiente la línea de producción, lo que incrementó el porcentaje del cumplimiento de la demanda actual en un 43,25%, lo que da un cumplimiento total del 87%.

Para la elaboración del proyecto fue indispensable el conocimiento técnico y científico de un ingeniero industrial que visualizó, dimensionó y gestionó el proceso lógico y analítico en la línea de producción, por el cual la microempresa mejoró notablemente su productividad.

## INTRODUCCIÓN

El estudio del trabajo es una técnica que se relaciona directamente con la productividad, ya que estudia diferentes variables que se encuentran en los procesos productivos, los cuales deben ser caracterizados, evaluados y posteriormente mejorados.

La ingeniería industrial es una rama de la ingeniería que permite una formación interdisciplinar, la cual tiene como finalidad dar un óptimo aprovechamiento de los recursos presentes en las empresas productoras y/o de servicios con el objetivo de aumentar las utilidades.

Para todo esto existe un conjunto de técnicas especializadas, algunas de estas son: ingeniería de métodos y tiempos, estandarización, distribución en planta, simulación entre otras.

Dichas técnicas se utilizaron en el presente proyecto, el cual buscó identificar y atacar las diferentes causas que generan bajos niveles de producción, al plantear, proponer e implementar dichas mejoras se obtuvo un aumento de la productividad, logrando de esta manera cumplir en mayor porcentaje con la demanda actual.

## **1. PROPUESTA DE TRABAJO**

### **1.1. Descripción del problema**

La microempresa Didácticos Nuevo Milenio es una compañía dedicada a la fabricación y comercialización de material educativo y didáctico dirigido principalmente a los jardines de la primera infancia (cero a cinco años), con una larga trayectoria de más de 25 años en el mercado; se caracteriza por ser una industria familiar la cual ha crecido y sostenido empíricamente.

Dentro de los productos que fabrica la microempresa actualmente, se encuentra el protector para esquinas, el cual tiene como finalidad disminuir el impacto del niño al golpearse con uno de los bordes de las paredes, dicho producto ha tenido gran acogida por parte del mercado, ya que está siendo exigido por la secretaría de educación en las diferentes instituciones educativas en las que se encuentren niños menores a cinco años, por esta razón la demanda ha superado las expectativas.

La microempresa no ha logrado cumplir con un gran porcentaje de la demanda, aproximadamente la compañía cumple con un 43,75% ya que, debido a diferentes variables en su proceso, dentro de ellas el método de producción, tiene una productividad baja, lo que imposibilita el suministro de producto a la totalidad de sus clientes.

De acuerdo con lo anterior, se identifica la necesidad de realizar un estudio del trabajo específicamente para el producto seleccionado, protectores para esquinas, el cual permitirá que la productividad aumente, estableciendo un método estándar de fabricación, disminuyendo el tiempo de producción y realizando una nueva distribución en planta.

### **1.2. Formulación**

Por esta razón, se hace necesario responder a la pregunta de investigación, ¿mejorando el método, la distribución en planta y la estandarización del proceso, en qué cantidad aumentan los productos terminados con respecto a la producción actual de los protectores para esquinas?

### **1.3. Justificación**

El estudio del trabajo es vital para las microempresas manufactureras, ya que es un aspecto determinante para la productividad, sin embargo, la gran mayoría de microempresas no cuentan con dicho análisis, ya sea por desconocimiento o por falta de recursos para llevarlo a cabo, por lo tanto, hay ausencia de métodos estandarizados lo cual imposibilita una programación de la producción.

Por las anteriores razones se hace necesario que en toda microempresa se realice una evaluación sistemática de los métodos utilizados para realizar las actividades que componen el proceso, ya que esto permite una mejora continua en el desarrollo de su actividad productiva, lo cual aumenta su competitividad en el mercado.

La microempresa Didácticos Nuevo Milenio no es ajena a esta exigencia, por esta razón se hace necesario el desarrollo del presente proyecto, el cual permitirá un estudio del trabajo donde se dará paso a la estandarización en los métodos y tiempos de su proceso productivo, reduciendo en lo posible los tiempos de fabricación y, por tanto, aumentando la eficiencia en la línea de producción del producto realizado por la microempresa.

Para llevar a cabo este proyecto se dispondrá de diferentes herramientas de diagnóstico, tales como Diagrama de Ishikawa, Diagrama de Pareto, etc., encaminadas a aplicar múltiples técnicas de la ingeniería industrial como son: estudio del trabajo, estudio de tiempos y movimientos, distribución en planta, estandarización y simulación.

### **1.4. Objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo general**

Diseñar una propuesta de mejoramiento para el proceso productivo de los protectores para esquinas de la microempresa Didácticos Nuevo Milenio.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Diagnosticar el proceso actual por medio de herramientas, tales como diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto e histograma, etc. con el fin de identificar las fallas presentes en el proceso y establecer el nivel de importancia para determinar las causas a tratar.
- Proponer un escenario viable para dar solución a las causas definidas en el diagnóstico, haciendo uso del estudio de tiempos y distribución en planta con el fin de aumentar la productividad del sistema actual.
- Ejecutar y analizar por medio de la simulación las mejoras desarrolladas en el transcurso del proyecto para finalmente evaluar la eficiencia del proceso.

## **1.5. Marco referencial**

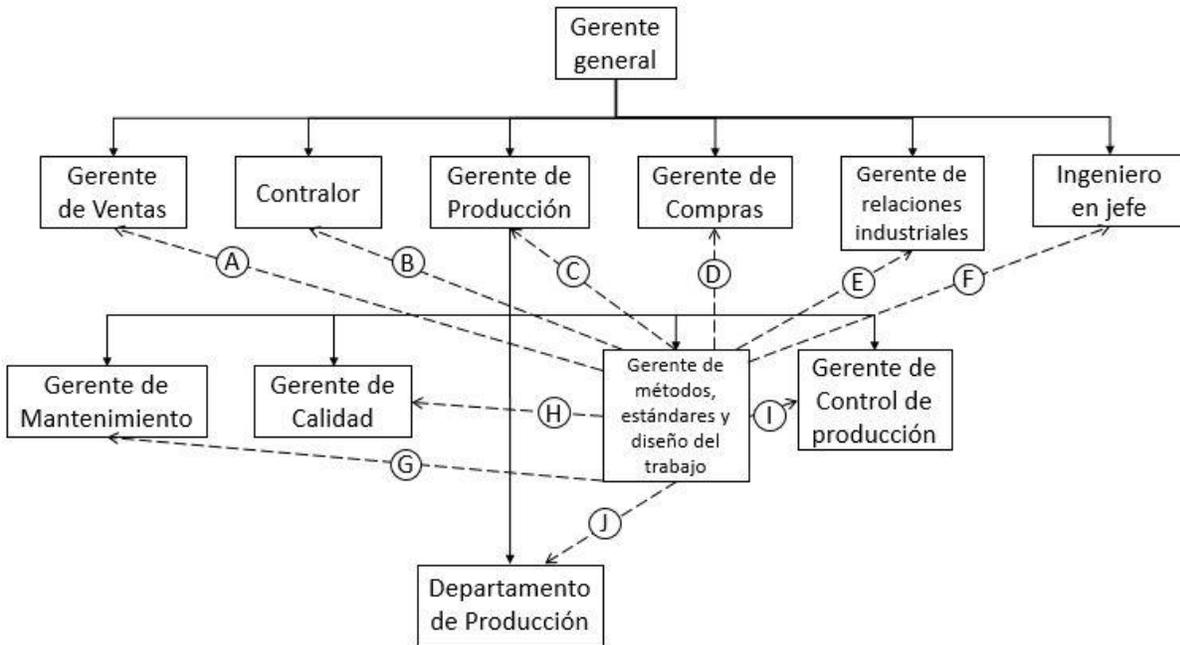
### **1.5.1. Marco teórico**

La alta dirección de las microempresas tiende a contratar especialistas para que diagnostiquen, analicen y resuelvan como mejorar la productividad de sus compañías. El área de producción de una industria puede reconocerse como el corazón de la misma, si la actividad de esta se interrumpe, toda la empresa deja de ser productiva. El área de producción incluye las actividades de ingeniería de métodos, estándares de estudio de tiempos y diseño del trabajo.

En toda compañía se determina si el producto se fabrica de manera competitiva y es en este punto donde se requiere de la iniciativa, habilidad e ingenio para desarrollar herramientas eficientes, interacciones idóneas entre el operario, la máquina y los puestos de trabajo, para fabricar nuevos productos, con el fin de asegurar que este superará todas las pruebas que impone una competencia fuerte.

La persona encargada de esta área es el gerente de métodos, estándares y diseño del trabajo, quien se ocupa de conseguir el menor costo de producción posible y la mayor satisfacción del empleado, siempre y cuando no sacrifique la seguridad del mismo en el puesto de trabajo, es decir, el trabajo en esta área repercute en toda la producción.

Figura 1. Influencia de las actividades de métodos, estándares y diseño del trabajo en la operación de la empresa



Fuente: (Niebel & Freivalds, 2005)

La influencia en cada una de las áreas se especifica de la siguiente manera:

- A) El costo está determinado principalmente por los métodos de fabricación.
- B) Los estándares de tiempo son la base de los costos estándar.
- C) Los estándares (directos e indirectos) proporcionan las bases para medir el desempeño de los departamentos de producción.
- D) El tiempo es el común denominador para comparar equipos y suministros competitivos.
- E) Se mantienen buenas relaciones laborales con estándares equitativos y un entorno de trabajo seguro.
- F) El diseño de los métodos y procesos tiene una gran influencia en el diseño del producto.
- G) Los estándares establecen las bases del mantenimiento preventivo y predictivo.
- H) Los estándares aseguran la calidad.
- I) La programación se basa en los estándares de tiempo.
- J) Los métodos, estándares y diseño del trabajo indican cómo y en qué tiempo se hará el trabajo.

El estudio del trabajo es el examen sistemático de los métodos para realizar actividades con el fin de mejorar la utilización eficaz de los recursos y de establecer normas de rendimiento con respecto

a las actividades que se están realizando, explica la OIT en “Introducción al estudio del trabajo”, 4ta edición.

Éste tiene por objetivo analizar detenidamente de qué manera se realiza dicha actividad, con el fin de simplificar o modificar el método de producción para eliminar el trabajo excesivo o innecesario, el uso extra de recursos que generan elevados costos de producción y además se puede establecer el tiempo tipo de dicha actividad, todo con el fin de mejorar la productividad de la compañía.

La productividad se puede definir tal como la relación entre la producción e insumos, (Organización Internacional del Trabajo, 1996), esta definición se puede extender como un término para valorar o medir el nivel en que se puede producir cierto elemento de un insumo dado. Se debe tener en cuenta siempre si el elemento producido es un bien tangible o intangible, de ello depende su medición.

Con tal fin de analizar las causas de cierto problema o efecto negativo que se tenga en las microempresas, ya sean productoras o prestadoras de servicios, se puede utilizar el diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de causa-efecto o Ishikawa, creado en 1943 por el japonés Kaoru Ishikawa, este es la representación gráfica de las relaciones múltiples de causa-efecto entre las diversas variables que intervienen en un proceso *et al* (Pimienta Prieto, 2012).

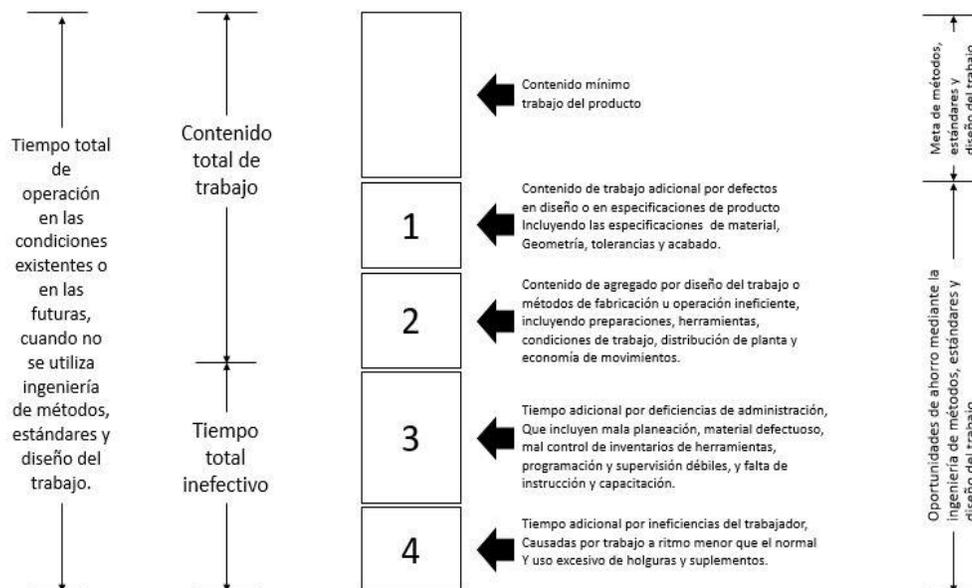
Una herramienta complementaria de la representación gráfica de causa-efecto, es el diagrama de Pareto, el cual permite presentar en orden de importancia la contribución de cada elemento al efecto total o problema a solucionar, además de ordenar las oportunidades de mejora de cada aspecto evaluado. Esta representación gráfica, que es un ejemplo clásico de histograma, maneja el principio de Pareto, “los pocos vitales y los muchos triviales”; este se explica desde dicha proporción, es decir, en la mayoría de los casos en investigaciones, los “pocos vitales” resultan ser aproximadamente un 20% y el restante son los “muchos triviales”, por tanto, se dice que los “pocos vitales”, con el 20% de influencia, son los responsables de la gran parte del efecto producido o del problema a solucionar (Instituto Uruguayo de Normas Técnicas, 2009).

Una técnica fiable con la cual se puede complementar todos los métodos propuestos es la redistribución de planta, esta permite disminuir los desplazamientos largos y repetitivos, los cuales generan un desperdicio de tiempo, éste fácilmente se puede convertir en tiempo productivo. La distribución en planta se define como la ordenación física de los elementos industriales.

Esta ordenación, ya practicada o en proyecto, incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios, como el equipo de trabajo y el personal de taller *et al* (Martinez Carbajal, 2004).

La simulación, como técnica complementaria y fundamental, es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y experimentar con él, para comprender el comportamiento o evaluar nuevas estrategias para el funcionamiento del sistema *et al* (Tarifa, 2010).

Figura 2. Oportunidades de ahorro con la aplicación de ingeniería de métodos y estudio de tiempos



Fuente: (Niebel & Freivalds, 2005)

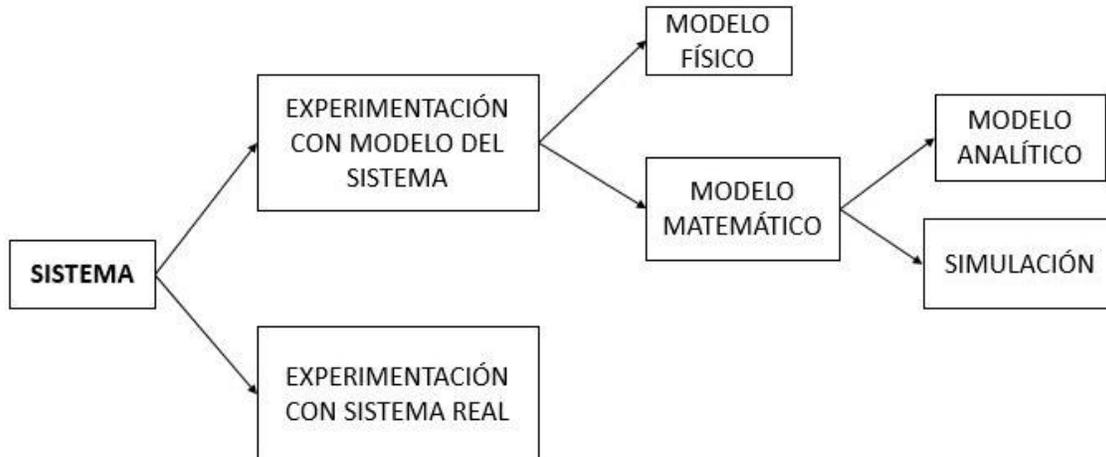
Desarrollar la simulación permite imitar un sistema real por medio de un modelo computacional basándose en conocimientos supuestos acerca del comportamiento de las partes, solo contiene los

elementos del sistema real que sean necesarios para responder la pregunta de interés. No se busca una respuesta exacta sino una aproximación adecuada.

Es pertinente usar la simulación en el análisis y la toma de decisiones sobre sistemas complejos, esta complejidad del sistema parte de variables interdependientes y a esto se suma la aleatoriedad, es decir, la casualidad presente en diversos fenómenos que se caracterizan por tener causas complejas, no lineales y por tanto, no parecen ser predecibles, si se puede resolver el problema de forma analítica, si se puede implementar un experimento físico, si la información sobre el sistema no está disponible y si los recursos no son acordes a las necesidades, tales como tiempo, costo, etc.

(Guasch, Piera, Casanovas, & Figueras, 2005).

Figura 3. Formas de modelar un sistema real



Fuente: (Guasch, Piera, Casanovas, & Figueras, 2005)

Existe cuatro tipos de simulación, según sea determinado el cómo trabajar la misma, partiendo desde el tiempo o la aleatoriedad como se puede observar en la figura 4.

Hay un sin número de simuladores para computador, todos ellos con el único fin de estudiar los sistemas reales y verificar como estos cambian a medida que sus variables y condiciones lo hacen.

El simulador FlexSim® aporta todas estas oportunidades, además de que es un software completo y totalmente didáctico, donde se podrá apreciar cada detalle de los sistemas de producción, debido

a este se pueden representar todos los modelos de redistribución en una planta que, de otro modo, sería totalmente imposible.

Figura 4. Tipos de simulación



Fuente: (Guasch, Piera, Casanovas, & Figueras, 2005)

### 1.5.2. Marco relacional

El presente proyecto es de gran importancia, ya que de acuerdo con lo mencionado por (A., 2015) en su estudio, en Colombia el “96% de las empresas son microempresas, y Bogotá concentra el mayor número de éstas con el 96,4%”, por lo tanto, es primordial enfocar el interés en un crecimiento empresarial y desarrollo organizacional de las mismas.

Para el desarrollo del proyecto es necesario determinar una metodología para la cual se puede tomar en cuenta lo planteado por (Cordero García, Jimenez, & Salazar Valerio, 2009) los cuales llevaron a cabo una investigación cuantitativa, que se fundamenta en aspectos observables y susceptibles de cuantificar, estos autores se enfocaron en el Servicio de Farmacia del Hospital México, específicamente, la Unidad de Compras y Control Interno, perteneciente a la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS) ubicado en la Uruca, San José.

Otra aplicación de esta metodología se puede ver en el artículo de (Argote, 2017), el cual utiliza la observación directa con cámara de filmación y registro de los tiempos de las operaciones con

cronómetro, calculando los tiempos promedios de las operaciones (TR), el tiempo normal (TN), y el tiempo tipo o estándar (TP).

Para finalizar con el tema de metodología se debe estudiar el trabajo de (Acosta, 2012) en el que se realiza un estudio con cronómetro y se siguen los pasos mostrados a continuación:

### **Preparación**

- Selección de la operación
- Selección del trabajador
- Análisis de comprobación del método de trabajo
- Actitud frente al trabajador

### **Ejecución**

- Obtener y registrar la información
- Descomponer la tarea en elementos
- Cronometrar
- Cálculo del tiempo observado

### **Valoración**

- Ritmo normal del trabajador promedio
- Técnicas de valoración
- Cálculo del tiempo base o valorado

### **Suplementos**

- Análisis de demoras
- Estudio de fatiga
- Cálculo de suplementos y sus tolerancias

### **Tiempo estándar**

- Error de tiempo estándar
- Cálculo de frecuencia de los elementos
- Determinación de tiempos de interferencia
- Cálculo de tiempo estándar

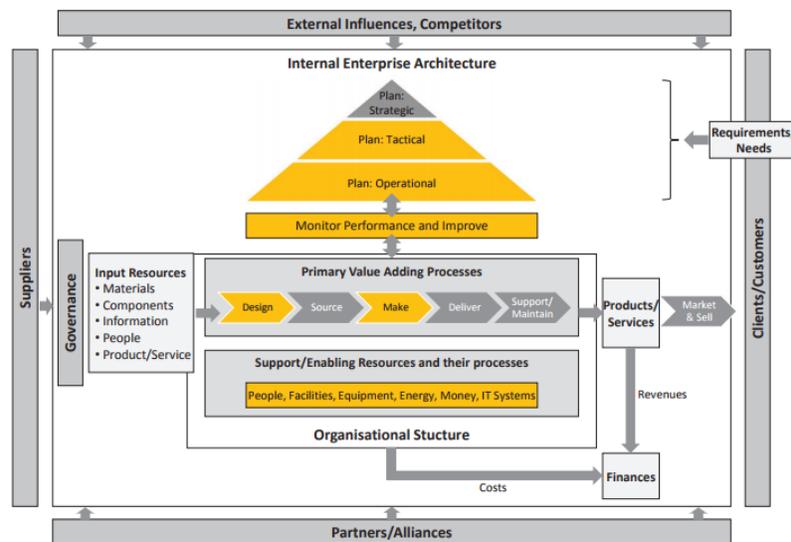
(K., 2017) creó un modelo de enseñanza aplicado en fábricas de aprendizaje, a través del cual se pretende capacitar y desarrollar habilidades para los futuros ingenieros industriales en el análisis y medición de tiempos y movimientos (MTM Methods - Time Measurement).

MTM es un sistema de tiempos predeterminados y se utiliza para el diseño de procesos de trabajo, por lo tanto, las tareas manuales se analizan, describen, estructuran y planifican mediante módulos de proceso definidos.

MTM-1 separa a las secuencias de movimiento en los movimientos básicos y cada movimiento básico se relaciona con una cantidad de tiempo estrictamente relacionada con diferentes factores.

Este artículo es de gran importancia para el desarrollo del presente proyecto, ya que se puede decir que explica las bases fundamentales a través de las cuales se puede encaminar el desarrollo del mismo, todo esto se puede observar a través de la gráfica siguiente en la que se contempla el funcionamiento de una empresa productora.

Figura 5. Arquitectura empresarial interna



Fuente. Friedrich Morlock et al. / Procedia Manufacturing 9. (2017). 369 – 375

Se puede añadir información al análisis MTM-1, teniendo en cuenta el trabajo de grado de (Rivas, 2005) en cual se enuncian las figuras que describen a los Therbligs en dos partes que se pueden observar a continuación:

Figura 6. Therbligs efectivos

<b>THERBLIG</b>	<b>SÍMBOLO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Alcanzar	AL	Movimiento con la mano vacía desde y hacia el objeto; el tiempo depende de la distancia; en general precede a soltar y va seguido de tomar.
Mover	M	Movimiento con la mano llena; el tiempo depende de la distancia, el peso y el tipo de movimiento; en general está precedido por tomar y seguido de soltar o posicionar
Tomar	T	Cerrar los dedos alrededor de un objeto; inicia cuando los dedos hacen contacto con el objeto y termina cuando se logra el control; depende del tipo de tomar; en general está precedido por alcanzar y seguido por mover.
Soltar	S	Dejar el control de un objeto; por lo común es el <i>therblig</i> más corto.
Preposicionar	PP	Posicionar un objeto en un lugar predeterminado para su uso posterior; casi siempre ocurre junto con mover, como al orientar una pluma para escribir.
Usar	U	Manipular una herramienta al usarla para lo que fue hecha; se detecta con facilidad.
Ensamblar	E	Unir dos partes que van juntas; se detectan con facilidad en el avance del trabajo.
Desensamblar	DE	Opuesto al ensamble, separación de partes que están juntas; en general precedido de posicionar o mover; seguido de soltar.

Fuente. (Niebel B. , 2001)

Figura 7. Therbligs no efectivos

<b>THERBLIG</b>	<b>SÍMBOLO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Buscar	B	Ojos o manos que deben encontrar un objeto; inicia cuando los ojos se mueven para localizar un objeto.
Seleccionar	SE	Elegir un artículo entre varios; comúnmente sigue a buscar.
Posicionar	P	Orientar un objeto durante el trabajo; en general va precedido de mover y seguido de soltar (en contraste a <i>durante</i> para preposicionar).
Inspeccionar	I	Comparar un objeto con un estándar, casi siempre con la vista, pero también puede ser con otros sentidos.
Planear	PL	Hacer una pausa para determinar la siguiente acción; en general se detecta como una duda antes del movimiento.
Retraso inevitable	RI	Más allá del control del operario debido a la naturaleza de la operación; por ejemplo, la mano izquierda espera mientras la derecha termina un alcance más lejano.
Retraso evitable	R	Sólo el operario es responsable del tiempo ocioso, como al toser.
Descanso para contrarrestar la fatiga	D	Aparece en forma periódica, no en todos los ciclos; depende de la carga de trabajo físico.
Sostener	SO	Una mano detiene un objeto mientras la otra realiza un trabajo provechoso.

Fuente. (Niebel B. , 2001)

El proyecto también se puede fundamentar con los Sistemas de Tiempo de Movimiento Predeterminados (PMTS), empleado por (Koptaka, 2017), el cual contempla la evolución histórica del análisis del trabajo, que contiene una variedad de procesos y técnicas precisas.

Inicialmente, la investigación elaborada por Taylor y sus estudios del tiempo, conllevo a observar un trabajo y dividirlo en tareas; las normas de trabajo permitieron al trabajador, laborar más rápido y con mejor calidad que antes.

Muchos científicos realizaron estudios con un mayor desarrollo de estándares de trabajo y Sistemas de Tiempo de Movimiento Predeterminados (PMTS). La fundación de PMTS fue establecida por la investigación y desarrollo de Frank B. y Lillian M. Gilbreth.

Los sistemas de medición de trabajo PMTS, basados en la división del trabajo en movimientos humanos básicos, aplicado a la naturaleza de cada movimiento imparte las condiciones bajo las cuales se debe hacer.

Una de las ventajas PMTS es que requieren una descripción detallada del método de trabajo, y por lo tanto son útiles para estudiar cómo el trabajo se hace, cómo se puede mejorar, así como medir el tiempo que debe tomar.

PMTS permitió el uso de tablas estándar predeterminadas de los movimientos corporales más pequeños, e integrarlos para predecir el tiempo necesario para realizar una tarea sencilla. Los sistemas de tiempo de movimiento predeterminados han adquirido una importancia crucial, pueden predecir el tiempo de trabajo y la calidad sin observar el trabajo real.

Es de gran ayuda atender a las recomendaciones que realiza (Pacheco, 2007) en su proyecto, las cuales hacen referencia a reformar o redistribuir la disposición actual de los sitios de trabajo, con el fin de disminuir a un máximo los transportes que allí se realizan, mejorando así el flujo del material, disminución en los tiempos de transporte de los operarios y aumentando de este modo la cantidad de piezas que se puedan producir.

### **1.5.3. Marco contextual**

La microempresa Didácticos Nuevo Milenio reafirma sus intenciones de crecer como microempresa destacada en el mercado, reconociendo sus fortalezas y debilidades como compañía.

Su deseo es abarcar un gran porcentaje dentro del mercado con sus productos, lo cual es actualmente imposible debido a su baja productividad, por tanto, existe cierto porcentaje de la demanda que se puede satisfacer si se aumentara la misma.

Actualmente son reconocidos por su recorrido de 25 años en el mercado, sus clientes y proveedores los reconocen como una compañía próspera y en crecimiento, sin embargo, no todos los clientes que se contactan con la compañía obtienen sus productos, es decir, la microempresa debe rechazar ciertos pedidos para poder cumplir con la demanda.

Conociendo esto, la microempresa asume el reto de mejorar su productividad con las propuestas de mejora en este proyecto de grado; las diferentes propuestas empiezan con el estudio del trabajo de la planta de producción, se analizará el método de fabricación del producto, el cual es empírico, con el fin de establecer un método y estandarizarlo, en conjunto con la toma de tiempos y movimientos para hallar un tiempo tipo de este producto.

Todo lo anterior lo justificará un trabajo de diagnóstico inicial con el cual se utilizarán herramientas tales como el Diagrama de Ishikawa, éste evidenciará las falencias en la planta de producción que afectan para que su productividad aumente, así mismo, un diagrama de Pareto y sus análisis correspondientes con el histograma obtenido, determinando los pocos vitales y los muchos triviales.

La redistribución en planta es una de las alternativas para hacer más eficiente las líneas de producción, y con tal fin en la microempresa Didácticos Nuevo Milenio se analizarán diferentes tipos de estrategias, las cuales eliminarán los desplazamientos largos y transformarán este tiempo invertido de forma inofensiva, a un tiempo de carácter productivo.

El campo de la simulación digital permitirá visualizar todas las mejoras físicas planteadas, en este tipo de software, específicamente en FlexSim®, se podrán generar todas aquellas alternativas que den paso a una mejora significativa en cuanto a productividad en la línea de producción.

### ***1.5.3.1. Objeto social***

La microempresa Didácticos Nuevo Milenio tiene como objeto social satisfacer las necesidades de maestros y niños, siempre con altos niveles de calidad en: diseño, fabricación y comercialización de los diferentes productos ofrecidos para dotación escolar.

### ***1.5.3.2. Objetivos empresariales***

- Proveer oportunamente productos de decoración que a su vez sean educativos y faciliten el aprendizaje
- Crear diseños nuevos de productos para dotación escolar de acuerdo con las necesidades del cliente.
- Utilizar materias primas de excelente calidad
- Satisfacer enteramente al cliente.

### ***1.5.3.3. Política de calidad***

En Didácticos Nuevo Milenio fabricamos material educativo, didáctico y decorativo, estamos comprometidos con nuestros clientes en proveer oportunamente productos de dotación escolar que faciliten el aprendizaje; es la mejora continua de nuestros procesos el camino; crear diseños únicos, la utilización de materias primas de excelente calidad y la satisfacción entera del cliente son nuestros propósitos y nuestros colaboradores la base para lograrlo.

### ***1.5.3.4. Misión***

Somos una microempresa dedicada al diseño, fabricación y comercialización de material didáctico y educativo, nuestro objetivo va dirigido a satisfacer las necesidades de maestros y niños como usuarios directos de nuestros productos, garantizando el mejoramiento continuo con el compromiso de nuestro personal capacitado y calificado, identificándonos por la calidad y el cumplimiento.

### **1.5.3.5. *Visión***

Didácticos Nuevo Milenio está comprometida a ser la primera microempresa del mercado nacional y ocupar un renglón importante en el mercado internacional, en el diseño, elaboración, y comercialización de material didáctico con miras a satisfacer de forma rápida, amena, ágil y económica el proceso de aprendizaje haciendo la diferencia por su calidad, cumplimiento y servicio.

### **1.5.3.6. *Productos y servicios***

La microempresa ofrece productos como tableros acrílicos, sellos didácticos, antimachucones, protectores para esquinas, parques y piscina de pelotas, entre otros, enfocándonos principalmente en la fabricación y distribución de todo tipo de material y decoración en fomi.

Figura 8. Protectores para esquinas



Fuente: Didácticos Nuevo Milenio (2018)

### **1.5.3.7. *Proveedores***

Los proveedores son de vital importancia en el proceso de producción ya que, proporcionan los recursos necesarios para la producción de sus bienes y servicios, es por eso por lo que se realiza una identificación de los proveedores y su respectivo suministro como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Relación proveedor-recurso

NOMBRE DEL PROVEEDOR	RECURSO QUE PROVEE
Bondex	Pegantes y Siliconas
Cartones de Colombia	M.P Protectores
Distripak	Bolsas para decoración
Papelería Panther Pink	Misceláneos
Plastianchos	Plásticos para empaque de PT
Reatas y lonas	Lona para protectores
Plásticos de la sabana	Espumas de polietileno
Tritón	Grapas industriales

Fuente: Didácticos Nuevo Milenio (2018)

#### **1.5.3.8. Intermediarios de marketing**

Actualmente la microempresa cuenta con 3 intermediarios los cuales se encargan de promocionar el producto y hacerlo llegar a los consumidores finales, cada uno de estos intermediarios se especifica en distintos tipos de clientes, uno se encarga de los clientes fuera de la ciudad de Bogotá, otro atiende la demanda en la ciudad y el último atiende la demanda virtual, este último juega un papel muy importante dentro de la compañía, ya que no tiene límites al momento de dar a conocer el producto y puede implementar diversas estrategias que ofrece la era digital.

#### **1.5.3.9. Clientes**

El tipo de clientes que la microempresa Didácticos Nuevo Milenio tiene es de carácter consumidor ya que compra los bienes y servicios para consumo personal; los clientes potenciales de la microempresa son los colegios jardines e instituciones educativas, ya que la población objeto son los niños en etapa escolar, no se distingue entre sexo, raza, religión, cultura etc., ya que es un producto dirigido hacia ambos géneros que promueve la educación sin discriminar ningún tipo de condición o discapacidad.

El cliente no es excluido por ser colegio público o privado, no se distingue el número de estudiantes ni el PEI de cada institución; se suplen las necesidades escolares, educativas y didácticas a solicitud del consumidor siempre con la mejor calidad y trabajando en la mejora continua.

#### **1.5.3.10. Competidores**

Se identifican tres competidores, Didácticos Símbolos y Signos, Didácticos Pinocho y Arisma, estos son grandes competidores con una importante capacidad de inversión en tecnología e innovación, ofrecen productos muy similares y a precios con poca variación respecto a los que ofrece la microempresa que se está analizando actualmente, sin embargo se observa un valor agregado por la microempresa Didácticos Nuevo Milenio, ya que esta ofrece un servicio personalizado, el cual permite diseños a gusto del cliente, no exige mínimo de productos a fabricar, ofrece servicio puerta a puerta, permite al cliente elegir entre diversos tipos de materias primas con el fin fabricar productos prácticamente únicos y adicionalmente presenta una calidad superior en muchos aspectos.

Toda la información en este ítem (1.5.3) fue suministrada por la microempresa Didácticos Nuevo Milenio, de acuerdo con sus políticas empresariales.

### **1.6. Metodología**

Actualmente la mayoría de las microempresas no cuentan con la capacidad económica para contratar un trabajo desarrollado por ingenieros industriales, que les garantice inicialmente el diagnóstico en el campo de trabajo y de allí la extracción de la problemática principal a solucionar, posteriormente un estudio que permita identificar a través de qué técnicas se puede resolver el problema, y finalmente como resultado de ello obtener una propuesta de mejoramiento a determinado sistema de producción en las microempresas.

Por tanto, para abordar todos los campos de la metodología de la investigación, según Roberto Hernández-Sampieri (2014), inicialmente se debe conocer el enfoque de cada investigación, es decir, si ésta es de carácter cuantitativo, cualitativo o en algunos casos si es de enfoque mixto.

Definir el alcance de cada investigación es una de las tareas más importantes en la estructuración de la misma, esta define el objetivo final de cada proyecto; existen cuatro tipos de alcances, tales

son: exploratorio, descriptivo, explicativo y en el caso particular del alcance del presente proyecto, correlacional, éste se basa en asociar variables mediante un patrón predecible para un grupo o población (Hernández-Sampieri, 2014).

A fin de diseñar el método de producción estándar de los protectores para esquinas y determinar el tiempo tipo se ha establecido una metodología que cuanta con tres etapas; la primera etapa inicial con una observación directa en el campo de trabajo, en la cual se identificarán visualmente las fallas que se presentan en la fabricación del producto.

Continuando en la primera etapa se desarrolla un diagrama de Ishikawa con el cual se busca facilitar gráficamente la comprensión de las fallas, para seguido de esto realizar un análisis por medio de un diagrama de Pareto con la finalidad de determinar las fallas que se intervendrán.

Al concluir este diagrama y establecer los pocos vitales y los muchos triviales utilizando el histograma obtenido, se da paso a la segunda etapa, que tiene por objetivo la creación del método de producción, el cual se desarrollará mediante las filosofías propuestas por Frank y Lillian Gilbreth, en la que se establecen las pautas para el análisis y proposición del método, dentro de estas pautas se encuentran la descomposición del proceso en elementos, la identificación de movimientos innecesarios y la consideración de la fatiga.

Como tercera y última etapa se llevarán a cabo las consignas que se den como resultado de la fase investigativa y experimental, tales como consolidar el presupuesto estimado para la implementación de las diferentes propuestas, la redistribución de planta es una de ellas, con el fin de evitar desplazamientos largos dentro del proceso de producción, además de resaltar y evidenciar la mejora significativa del método actual, rudimentario, al método propuesto, claro está, basándose en la simulación ejecutada en la fase número dos.

Este alcance se trazó junto con las actividades en cada fase, técnicas para desarrollar dichas actividades, además de los productos resultantes de cada una de las actividades y finalmente su duración. Este archivo se puede observar en la figura 9 de este proyecto.

1.7. Alcance

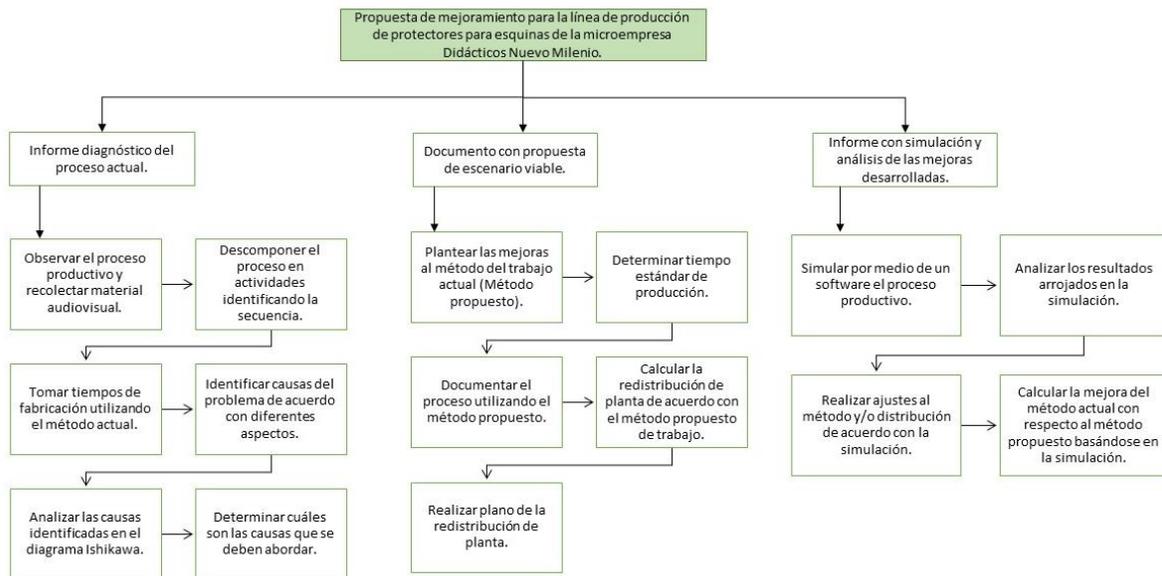
Figura 9. Alcances trazados en el proyecto

OBJETIVO	ACTIVIDADES	TECNICAS	PRODUCTOS	TIEMPO (días)
Diagnosticar el proceso actual por medio de herramientas de diagnóstico con el fin de identificar las fallas presentes en el proceso y establecer el nivel de importancia para determinar las causas a tratar.	Observar el proceso productivo y recolectar material audiovisual.	Observación de campo	Fotografías, videos y descripción de los hallazgos.	3
	Descomponer el proceso en actividades identificando la secuencia	Diagrama de flujo	Figura diagrama de flujo del proceso actual.	3
	Tomar tiempos de fabricación utilizando el método actual.	Toma de tiempos con cronometro	Tabla con actividades y tiempos	5
	Identificar causas del problema evaluando a diferentes aspectos.	Diagrama Ishikawa 6 M	Figura diagrama Ishikawa	2
	Analizar las causas identificadas en el diagrama Ishikawa	Método del juicio de opinión ejecutiva y ponderación de causas	Tabla de ponderado de acuerdo a los diferentes evaluadores	2
	Determinar cuales son las causas que se deben abordar	Diagrama de Pareto	Histograma	2
Proponer un escenario viable para dar solución a las causas definidas en el diagnóstico, haciendo uso del estudio de tiempos y distribución en planta con el fin de aumentar la productividad del sistema actual.	Plantear la mejoras del método de trabajo actual (Método propuesto)	Estudio del trabajo	Reporte con propuestas y/o mejoras al sistema	7
	Determinar tiempo estándar de producción	Estudio de tiempos y movimientos	Informe técnico del calculo de estandarización	12
	Documentar el proceso utilizando el método propuesto	Diagrama de flujo del proceso	Grafico diagrama de flujo de proceso	12
	Calcular la redistribución de planta de acuerdo al método propuesto de trabajo	Planeación sistemática del diseño de instalaciones (SLP)	Informe técnico del calculo de la mejora y resutado final	6
	Realizar plano de la redistribución de planta	Diseño en software especializado	Figura plano propuesta de distribución en planta	2
Ejecutar y analizar por medio de la simulación las mejoras desarrolladas en el transcurso del proyecto para finalmente evaluar la eficiencia del proceso.	Simular por medio de un software el proceso productivo	Técnicas de modelado y simulación	Video ejecutando la simulación Archivo digital del modelo Informe técnico de resultados	18
	Analizar los resultados arrojados en la simulación	Análisis de escenarios	Informe	5
	Realizar ajustes al método y/o distribución de acuerdo a la simulación		Reporte de las modificaciones propuestas	5
	Calcular la mejora del método actual con respecto al método propuesto basandose en la simulación	Calculo de incremento en porcentaje	Informe técnico del calculo de la mejora y resultado final	3

Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Al tener el alcance del proyecto trazado, el cual es diseñar una propuesta de mejoramiento para el proceso productivo de los protectores para esquinas de la microempresa Didácticos Nuevo Milenio, se realiza la metodología EDT con el fin de dividir aún más los paquetes de trabajo, por tanto, se crea la estructura de descomposición del trabajo, la cual simplificará el trabajo en el proyecto, llevando así a visualizar la mayor parte de las actividades que se realizarán en él.

Figura 10. EDT del proyecto

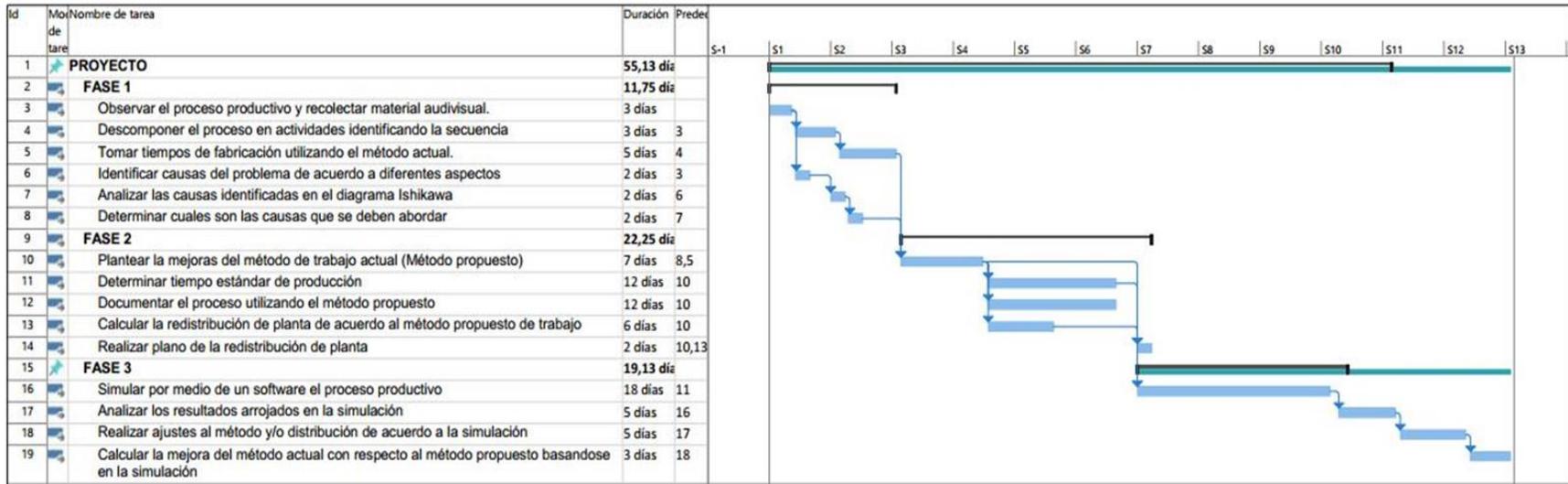


Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

A continuación, se pueden visualizar las actividades del proyecto que se llevarán a cabo, el cronograma, el momento de inicio y fin, la duración de cada fase y actividad; estas son metodologías complementarias en la formulación de proyectos del PMBok<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> PMBok: es la guía de los fundamentos para la dirección de proyectos; es un libro en el que se presentan estándares, pautas y normas para la gestión de proyectos.

Figura 11. Cronograma del proyecto



Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Con el fin de encontrar la ruta crítica de las actividades del proyecto, se aplicó la herramienta PERT-CPM, iniciando con la definición de la secuenciación de cada actividad como se observa en la tabla 2. Se nombran las actividades en orden numérico por fase, empezando desde el 1,1, la cual sería la actividad “Observar el proceso productivo y recolectar material audiovisual” y así sucesivamente cada una de estas.

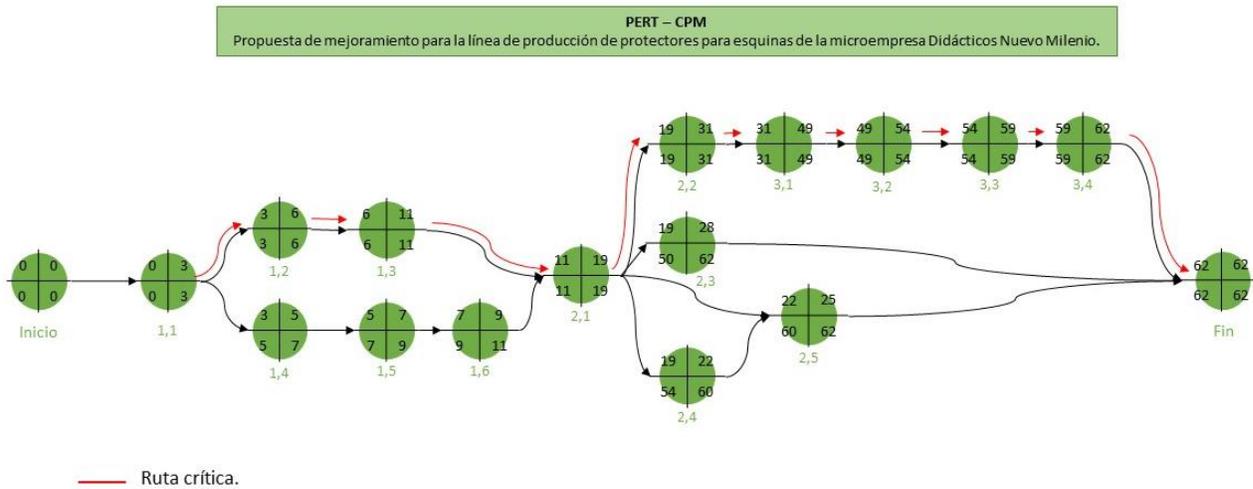
Tabla 2. Actividades y precedencia

ACTIVIDAD	PRECEDENCIA	DURACIÓN (Días)
1,1	-	3
1,2	1,1	3
1,3	1,2	5
1,4	1,1	2
1,5	1,4	2
1,6	1,5	2
2,1	1,3; 1,6	7
2,2	2,1	12
2,3	2,1	12
2,4	2,1	6
2,5	2,1; 2,4	2
3,1	2,2	18
3,2	3,1	5
3,3	3,2	5
3,4	3,3	3

Fuente: Pérez &amp; Vanegas (2018)

Con base en esta tabla se desarrolla la herramienta, la cual permitirá determinar la ruta crítica del proyecto, el esquema es el siguiente:

Figura 12. Diagrama Ruta Crítica del proyecto



Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Como se observa en la figura 12, se determina que la ruta crítica del proyecto “Propuesta de mejoramiento para la línea de producción de protectores para esquinas de la microempresa Didácticos Nuevo Milenio” se encuentra en las actividades 1,1 - 1,2 - 1,3 - 2,1 - 2,2 - 3,1 - 3,2 - 3,3 – 3,4, debido a que estas no cuentan con ninguna holgura para poder ser realizadas en algún otro momento diferente, lo que nos señala una guía a tener en cuenta para el cumplimiento de los objetivos planteados.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

### 2.1. Análisis del sistema

Se observa una planta de producción con un área especializada para la fabricación de protectores para esquinas de 28,3 m<sup>2</sup>, compuesta por seis puestos de trabajo y cuatro estantes de almacenamiento, sin embargo, solo uno está destinado para este proceso (Estante 1, figura 13).

También se observa que no cuentan con estantes especializados los cuales permitan un adecuado almacenamiento de producto en proceso, a través del cual se puedan secar las diferentes capas de pegante que se deben aplicar. Se debe aclarar que existe un espacio que se denominó como “No utilizable” debido a que este es un pasillo que comunica con otra área de la edificación, además se entiende que por temas de seguridad no es posible obstaculizar los pasillos de la planta.

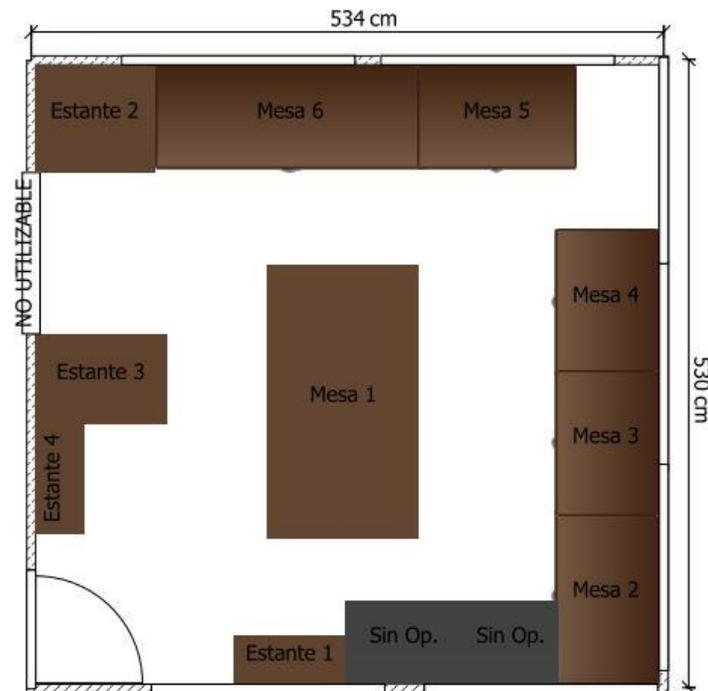
Adicionalmente se encuentra un área llamada “sin operación”, la cual pertenece a un espacio destinado para colocar diferentes objetos los cuales no están relacionados con el proceso productivo, pero deben ser tenidos en cuenta para la distribución en planta.

Con respecto a los colaboradores, se identifican dos operadoras y un supervisor, este último se encuentra encargado no solamente de dirigir y controlar este proceso, también tiene a cargo los demás productos que fabrica la compañía.

Se puede evidenciar notablemente que nunca se ha realizado un estudio de tiempos y movimientos, por lo tanto, no existe un método de producción estandarizado, tampoco existe una capacitación constante del personal ni procedimientos establecidos, la distribución en planta no lleva ninguna secuencia lógica lo que alarga los desplazamientos y obviamente el tiempo de producción.

La distribución actual en planta se observa en la figura 13 que se muestra a continuación.

Figura 13. Distribución actual



Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

El proceso de fabricación inicia solicitando las principales materias primas necesarias para la producción de los protectores para esquinas, las cuales son: yumbolon (polietileno expandido), ángulos en cartón y lona impermeable de varios colores, se puede observar en la figura 14.

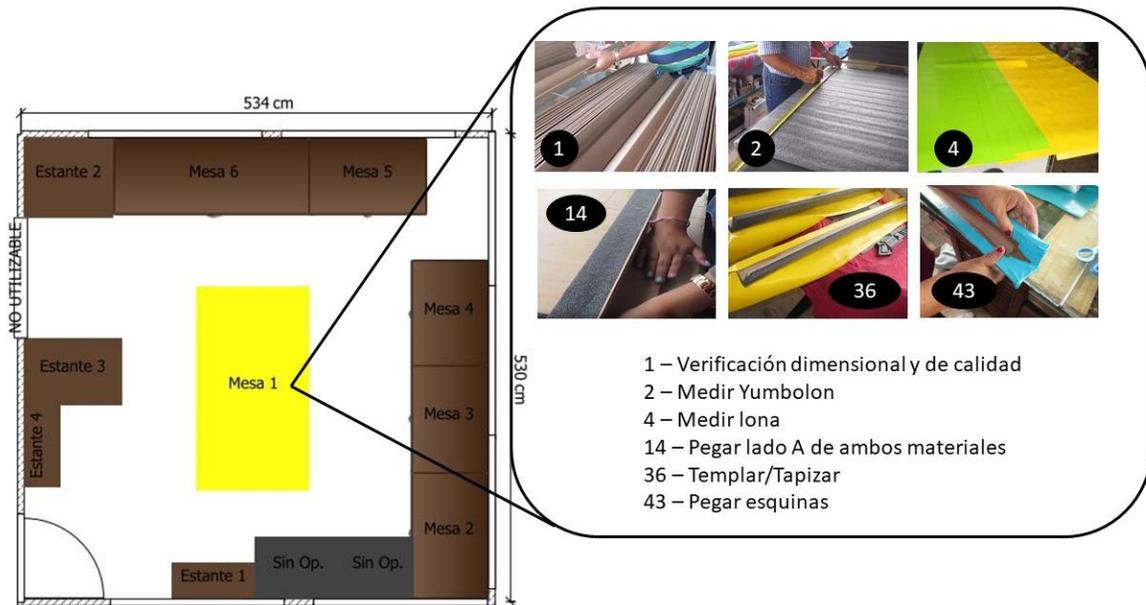
Figura 14. Materias primas para protectores para esquinas



Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Seguido de esto se realiza una verificación visual y de resistencia de los ángulos de cartón con el fin de garantizar el uso de materiales de calidad los cuales brinden el cumplimiento del objetivo principal del producto, en la figura 15 numeral 1 se observa como el operador ejecuta dicha inspección.

Figura 15. Plano con actividades parte 1



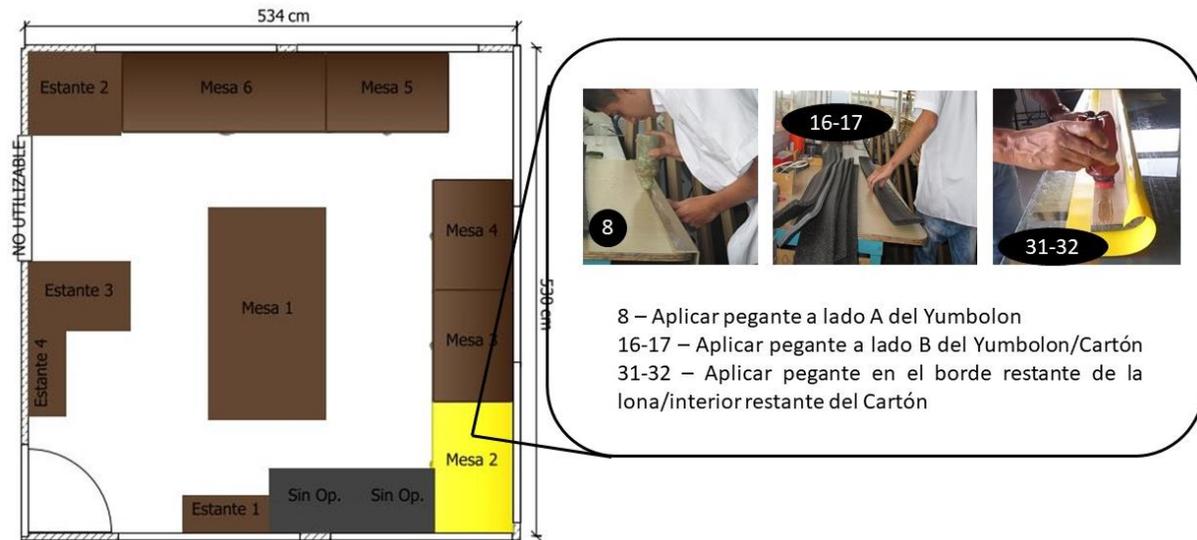
Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Una vez se ejecuta la verificación de calidad se procede a medir el yumbolon de acuerdo con las medidas necesarias, se miden 9 tiras de 11 cm de ancho por 120 cm de largo, luego con la ayuda de una regla de madera se trazan las medidas, y por último con un cuchillo de zapatería se corta por las líneas trazadas.

El mismo procedimiento se realiza con la lona de colores, en la cual se trazan 8 pedazos de 19 cm de ancho por 130 cm de largo, a continuación, se cortan las medidas y se traza una línea del ancho de la regla a un lado de la tira, la cual más adelante servirá de guía para aplicar el pegante. El siguiente paso es aplicar pegante a uno de los bordes (Lado A) del yumbolon, luego se aplica pegante al ángulo de cartón y se deja secar por 4 minutos aproximadamente

Después de que el pegante se haya secado en ambas partes se procede a realizar el ensamble de las dos piezas, operación que se puede observar el numeral 14 de la figura 15.

Figura 16. Plano con actividades parte 2

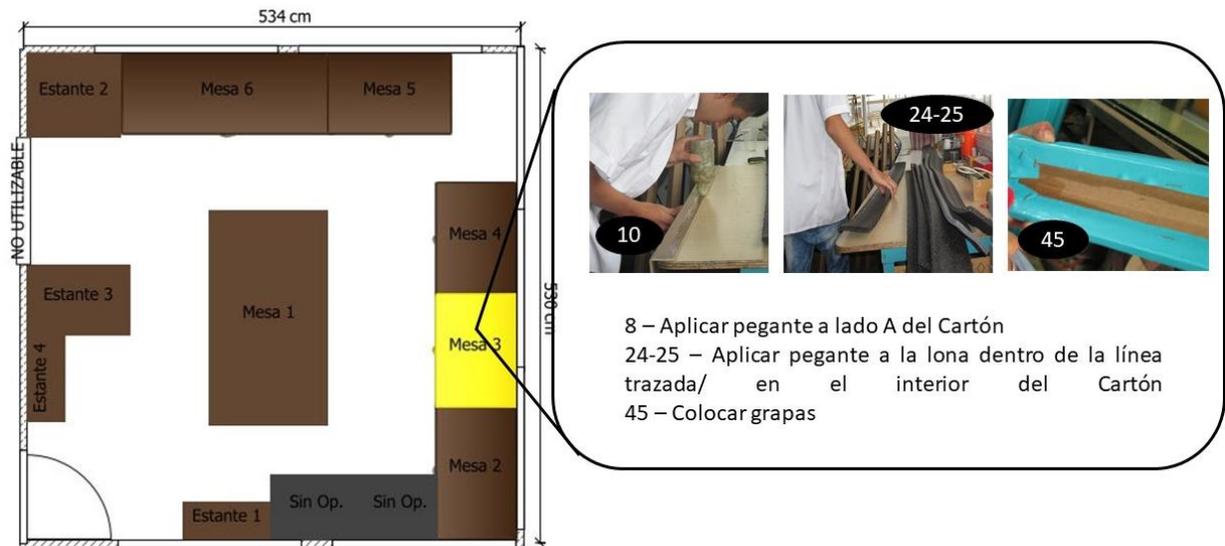


Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Se repiten los pasos para pegar el lado A, pero ahora con el objetivo de pegar el lado B, en la figura 16 se observa la aplicación de pegante al yumbolon, y seguido al ángulo de cartón (numerales 16-17), se debe dejar secar la misma cantidad de tiempo que en el paso anterior, una vez el pegante se encuentre seco se debe completar el ensamble, empezando por el borde y repartiendo el material hacia el centro.

Cuando ha finalizado el ensamble, se retira el sobrante que se genera al pegar las piezas. Como ensamble “C” se realiza la unión de la pieza con la lona de colores, se inicia aplicando pegante a un lado de la pieza, sobre el borde del ángulo como se muestra en la figura 16, seguido se aplica pegante a la lona dentro de la línea que se trazó anteriormente numeral 4.

Figura 17. Plano con actividades parte 3

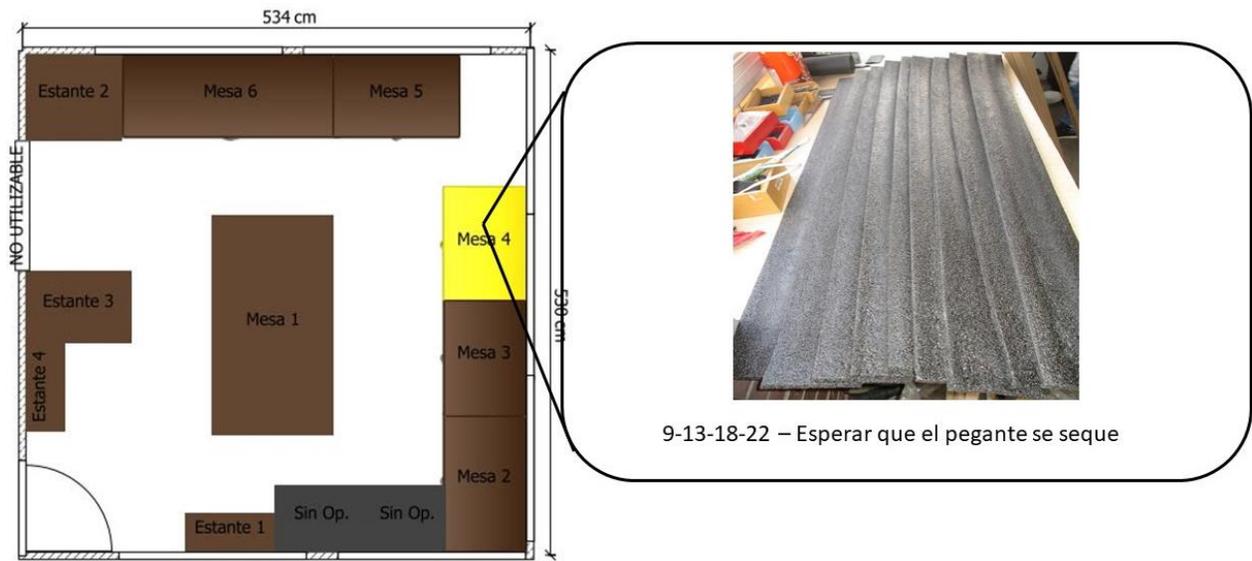


Fuente: Pérez &amp; Vanegas (2018)

Se deja secar el mismo tiempo estipulado anteriormente y se adhiere la lona a la pieza ensamblada ejerciendo presión con las manos, seguido de esto se aplica pegante al otro lado del cartón y al borde restante de la lona. Cuando se han secado las dos partes se debe pegar la lona al ángulo del cartón, en la figura 16 numeral 36 se evidencia que el operador tiempla la lona al pegarla con el fin de eliminar las arrugas o bolsas al momento del pegado.

Para lograr un pegado de las esquinas se deben efectuar ciertos cortes a los sobrantes después del pegado final (Figura 20 numeral 38), posteriormente se aplica pegante a las esquinas de la lona (numeral 39), se deja secar el tiempo necesario y se pega ejerciendo presión, ya que al haber mayor cantidad de pliegues, el pegado se dificulta.

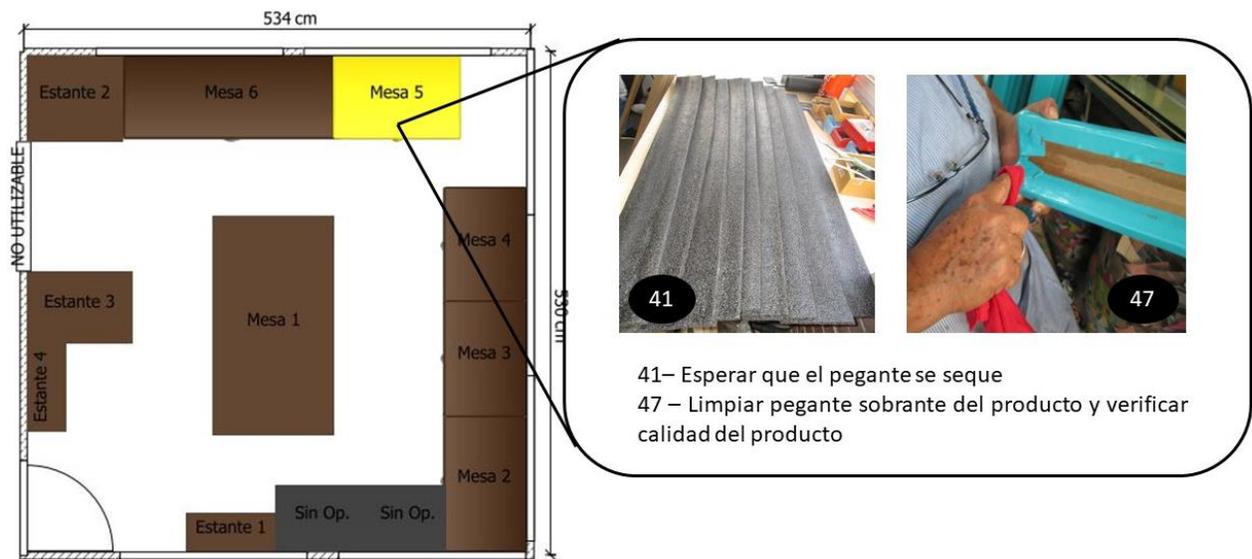
Figura 18. Plano con actividades parte 4



Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Para reforzar el pegado de las piezas, se agregan grapas industriales a lo largo de los bordes y esquinas, colocando aproximadamente 20 grapas por cada protector para esquinas, las cuales garantizan que el producto tenga mayor calidad al no desprenderse fácilmente, lo que permite una mejor manipulación por parte del cliente.

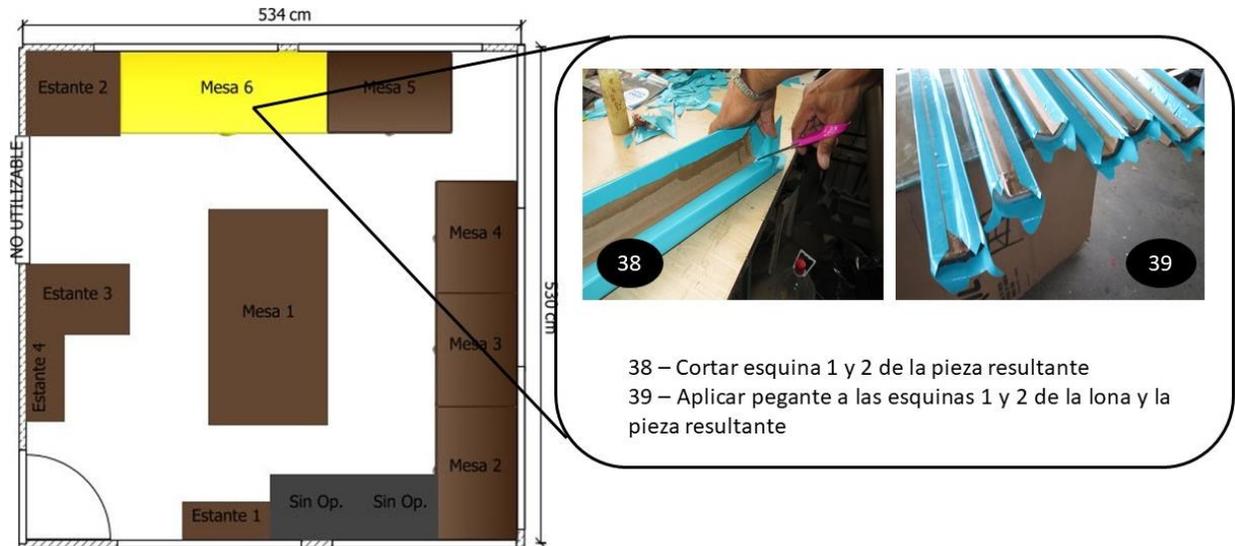
Figura 19. Plano con actividades parte 5



Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

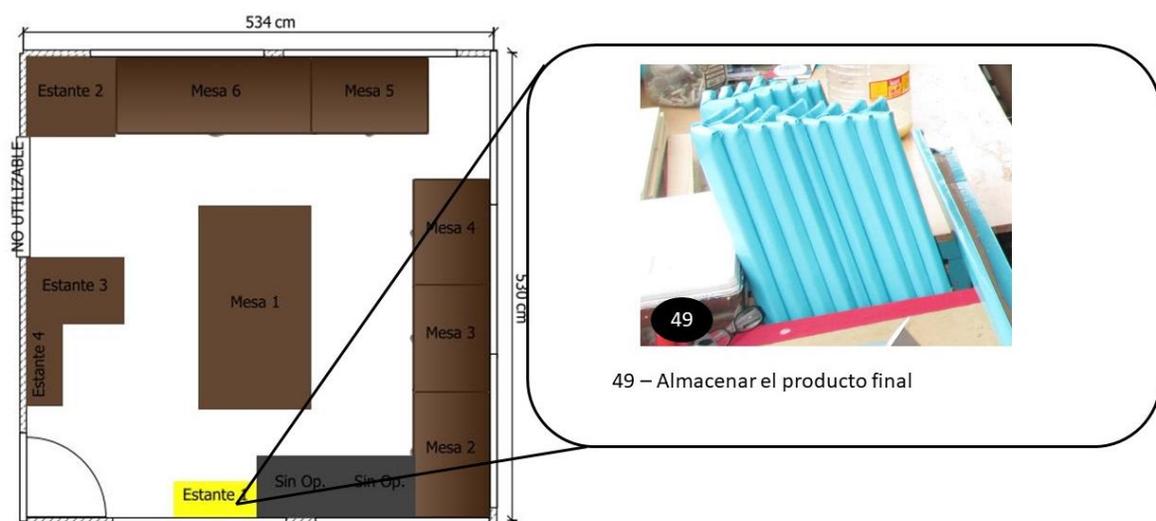
Por último, se realiza una inspección visual de calidad en la que se verifica que la lona no se encuentre despegada de la pieza ensamblada entre el yumbolon y el cartón, que las grapas colocadas se encuentren correctamente incrustadas brindando mayor sujeción a la lona y que no existan excesos de pegante, los cuales deberán ser limpiados con disolvente. Por último, se almacena el producto final como se muestra en la figura 21.

Figura 20. Plano con actividades parte 6



Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Figura 21. Plano con actividades parte 7



Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

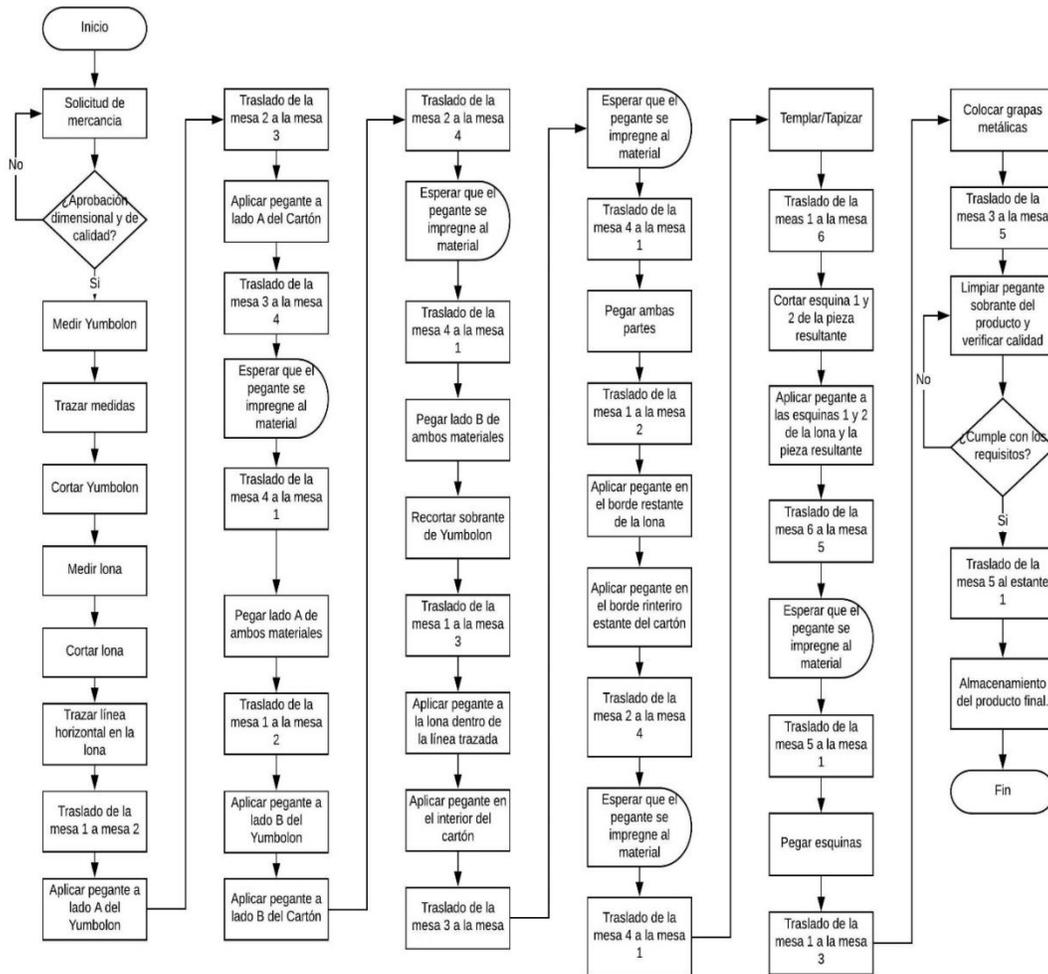
### **2.1.1. Diagrama de actividades del proceso actual**

La empresa Didácticos Nuevo Milenio para el proceso de la elaboración de los protectores para esquinas, dispone de unas actividades relativamente secuenciales, debido a que pocos procesos se pueden hacer de manera independiente o simultánea para acelerar el proceso. Además, se añade otra restricción la cual es la mano de obra en el proceso, debido a su infraestructura e instalaciones. El flujograma del proceso actual para la fabricación de este tipo de productos se puede observar en la figura 22.

Como producto complementario se realizó un manual de codificación para documentos que aporta al sistema de gestión de calidad, en este se establecen los parámetros para codificar los diferentes documentos emitidos la empresa, también se estandariza el formato para encabezado y pie de página, el cual debe estar identificado con macroproceso, proceso y subproceso, del mismo modo debe estar estipulada la fecha de creación y la versión. En el Anexo A se puede observar completamente el manual de codificación que fue utilizado en los diagramas de flujo de proceso mostrados a lo largo de este proyecto.

Figura 22. Diagrama de flujo del proceso.

	<b>MISIONAL</b>		Fecha ult. revisión	12/07/2018
	<b>PRODUCTIVO</b>		Versión	1.0
	<b>DOCUMENTACIÓN DEL PROCESO O</b>		<b>CÓDIGO</b>	<b>MI-PR-DP-DG-000</b>
	<b>FLUJOGRAMA PROTECTORES PARA ESQUINA</b>			



CÓDIGO		VERSIÓN		FECHA	
MI-PR-DP-DG-000		1.0		12/07/2018	
Elaboró:		Revisó:		Aprobó:	
Cargo:		Cargo:		Cargo:	
Firma:		Firma:		Firma:	

Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

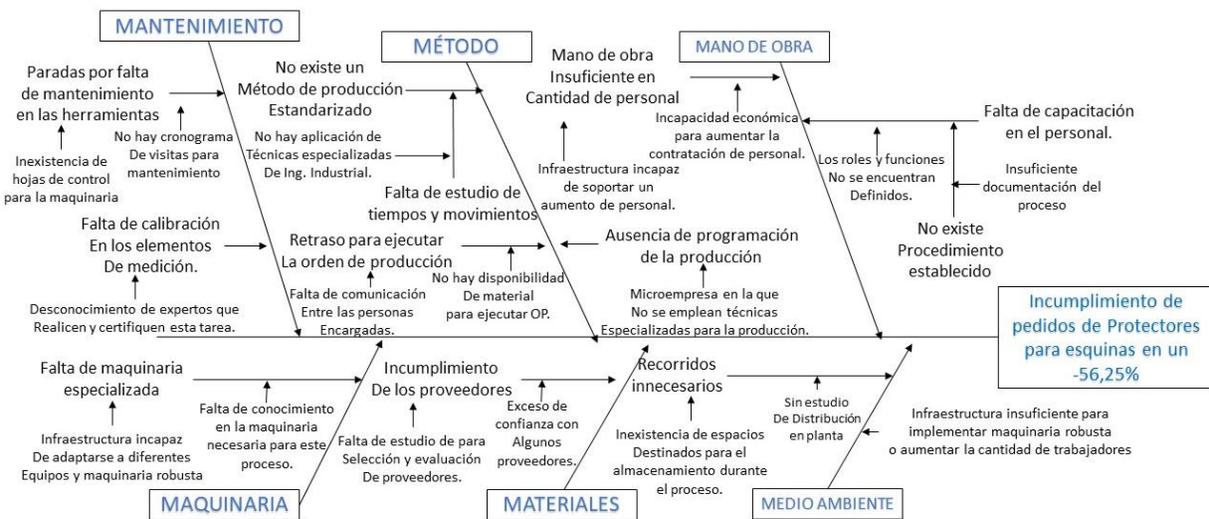
## 2.2. Identificación de causas

El diagnóstico es fundamental para determinar las causas que influyen en el problema central, el cual se pretende disminuir a partir de diferentes técnicas de la ingeniería industrial; para el presente proyecto se identifica como problema principal el incumplimiento de pedidos de protectores para esquinas, en un (-56,25%). Este porcentaje se dedujo del total de pedidos realizados en el mes de enero de 2018, los cuales fueron de 1600 unidades, dando cumplimiento únicamente a 700 unidades.

La técnica de diagnóstico de Ishikawa es muy recomendable para este tipo de problemas, ya que a través de los diferentes aspectos que analiza, se puede encontrar las variables que influyen en gran medida en la generación del problema; tales aspectos son el mantenimiento, el método, la mano de obra, la maquinaria, el medio ambiente y los materiales (Pimienta Prieto, 2012).

Por tanto, se generó un diagrama Ishikawa el cual se puede ver en la figura 23, allí se analizan las causas que pueden incurrir a generar el incumplimiento de pedidos que actualmente la empresa maneja, específicamente en el producto protectores para esquinas.

Figura 23. Diagrama de Ishikawa



Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Se hallaron causas tales como el incumplimiento de los proveedores en los materiales, debido a que en varias ocasiones los pedidos se han retrasado en su planeación, producto de que los recursos necesarios para realizar los protectores para esquinas en la microempresa no son los suficientes en

el momento de iniciar la ejecución de cada pedido, sin embargo, según la información proporcionada por la empresa, esta situación es inusual.

Por otra parte, se encuentre la falta de maquinaria especializada, la cual haría el proceso aún más rápido por la automatización, afecta de manera sustancial las entregas de pedidos, ya que al implementar alguna maquinaria esta disminuiría los tiempos de producción, esto se traduce en más unidades/mes, no obstante el valor de la inversión para implementar esta maquinaria es muy alto.

Las paradas por falta de mantenimiento a las diferentes herramientas, como también la falta de calibración para las mismas, generan igualmente un retraso en la producción de los protectores para esquinas, no obstante al no utilizar gran cantidad de herramientas en este proceso el impacto se reduce, ya que se limita únicamente a la afilada del cuchillo que utilizan para cortar el material.

La mano de obra es un factor altamente influyente, ya que encierra varias causas que generan el problema del incumplimiento en pedidos, ya sea por la falta de capacitación del personal, debido a que no existe un procedimiento establecido, o que en muchas ocasiones la cantidad de personas es insuficiente para ejecutarlo.

El análisis en los aspectos de medio ambiente se centra en identificar los factores de infraestructura del puesto de trabajo los cuales pueden contribuir a que los pedidos se retrasen, ya sea por recorridos innecesarios y/o largos, esto se debe a que en la microempresa nunca se ha realizado un estudio de distribución en planta.

Por parte del método analizado, se identifica que no existe un método de producción estandarizado, ya que el estudio de tiempos y movimientos nunca se ha realizado para este proceso, al igual se puede inferir que el incumplimiento de pedidos se debe a los retrasos para la ejecución de la orden de producción.

### **2.2.1. Análisis y ponderación de causas**

Se realizó una tabla de ponderado, ver tabla 3, en la que tres evaluadores (Gerente general, jefe de producción y un operador) dieron un nivel de importancia a cada causa, siendo 10 el valor de mayor importancia y cero sin relevancia.

Seguido a esto, a cada evaluador se le asignó un grado de influencia: al gerente general un 0,5 debido a que es la persona de la cual se depende totalmente de una manera económica para que los proyectos lleguen a un fin material, al jefe de producción el 0,3 ya que esta persona tiene conocimiento técnico y se relaciona directamente con los proyectos que se puedan implementar y al operador 0,2 porque es la persona involucrada 100% en la actividad, sin embargo, debido a que es un producto relativamente nuevo, la percepción y conocimiento de la actividad del operador puede mejorar de manera sustancial con el tiempo.

Cada nivel que los evaluadores dieron a las diferentes causas fue multiplicado por el grado de influencia que tenía cada uno, por ejemplo, el gerente general dio un nivel de 3 a la causa “la distribución de planta actual genera recorridos innecesarios” este valor se multiplica por el grado, que en este caso es de 0,5, lo que da como resultado 1,5.

Luego, estos valores son sumados para hallar la frecuencia y calcular el porcentaje, y el porcentaje acumulado a través del cual se grafica el histograma (Figura 24), en la tabla 3 se observa la información recolectada de las operaciones anteriormente descritas.

Tabla 3. Ponderación de causas

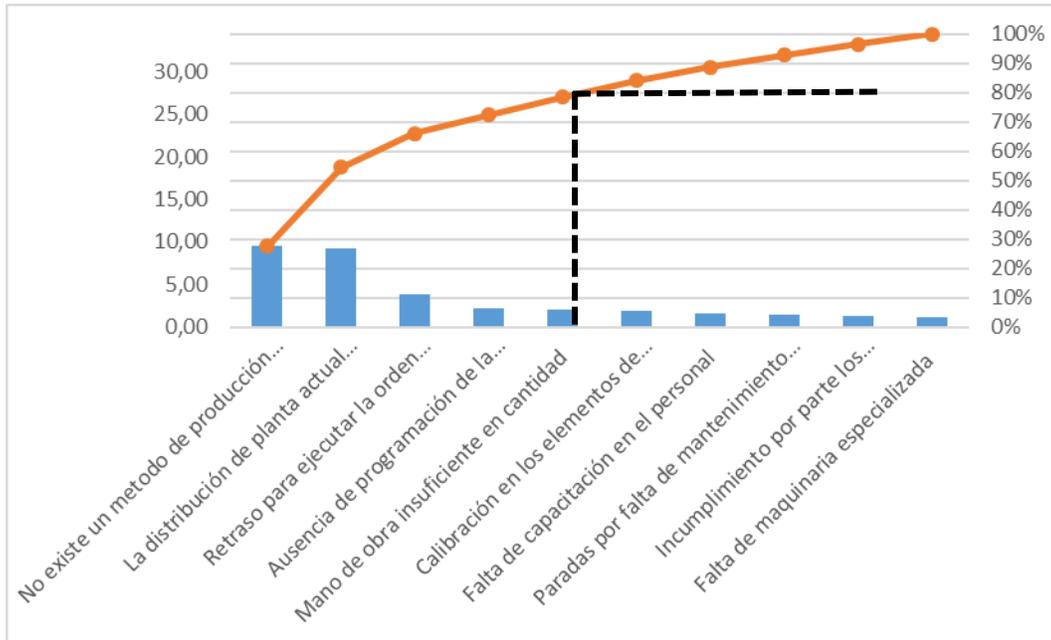
CAUSA	EVA 1	EVA 2	EVA 3	EVA 1	EVA 2	EVA 3	SUMA	% Acum	%
No existe un metodo de producción estandarizado	10	9	9	5	2,7	1,8	9,50	28%	28%
La distribución de planta actual genera recorridos innecesarios	9	10	9	4,5	3	1,8	9,30	55%	27%
Retraso para ejecutar la orden producción	5	2	4	2,5	0,6	0,8	3,90	66%	11%
Ausencia de programación de la producción	3	1	2	1,5	0,3	0,4	2,20	72%	6%
Mano de obra insuficiente en cantidad	2	1	4	1	0,3	0,8	2,10	78%	6%
Calibración en los elementos de medición	2	3	0	1	0,9	0	1,90	84%	6%
Falta de capacitación en el personal	1	3	1	0,5	0,9	0,2	1,60	89%	5%
Paradas por falta de mantenimiento en las herramientas	1	1	3	0,5	0,3	0,6	1,40	93%	4%
Incumplimiento por parte los proveedores	1	2	1	0,5	0,6	0,2	1,30	97%	4%
Falta de maquinaria especializada	1	1	2	0,5	0,3	0,4	1,20	100%	3%
							<b>TOTAL</b>	34,40	100%

Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

De acuerdo con el histograma mostrado en la figura 24, se puede concluir que las causas que se atacarán en este proyecto de grado son (1) la inexistencia de un método de producción y (2) la inadecuada distribución en planta que genera recorridos innecesarios. Estas dos causas

corresponden al 20% vitales que de acuerdo con el principio de Pareto son las que generan el 80% triviales, por esta razón se fundamenta en el 80/20 y se establecen las causas a tratar.

Figura 24. Histograma



Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Cabe aclarar que la línea de color naranja en el histograma representa la frecuencia acumulada, más no una línea de tendencia.

### 3. ANÁLISIS DE PROPUESTAS VIABLES

#### 3.1. Planteamiento de mejoras al método actual

Según el análisis al diagrama de Pareto y el histograma presentado en la sección anterior, se determinó que el 20% de las causas (pocos vitales) influyentes en el problema de incumplimiento en la entrega de pedidos en el producto protectores para esquinas son: la inexistencia de un método establecido de producción y los recorridos innecesarios debido a la distribución de planta actual.

Para lograr mitigar estas causas, se analizaron los tiempos actuales de la actividad de producción de cada producto (Tabla 4), y se determinó que:

- Para lograr disminuir los tiempos de espera en la producción de cada elemento se recomienda trabajar lotes de 15 piezas, con el fin de que al finalizar de aplicar el pegante a cada 15 piezas, el pegante en la primera pieza ya se encuentre en el punto necesario para su sujeción con otro elemento. Actualmente, como se comenta en la sección 1, las personas encargadas de esta etapa del proceso no conocen la propiedad del pegante en donde, aplicado sobre elementos compatibles y tomando un tiempo prudente para el cual este producto sea absorbido por la porosidad de los materiales, éste obtiene una máxima capacidad de adherencia. Por lo tanto, en la práctica, se disminuirán los tiempos ociosos de los operarios y así mismo se realizarán más productos/día.
- Debido a la infraestructura y la distribución de la planta de producción, para poder aplicar la mejora anteriormente mencionada, esta debe modificarse. Se propone como una opción viable de implementación en conjunto con la anterior, realizar una modificación en la distribución de planta actual, además de implementar ciertos estantes con espacios superiores para el trabajador, donde le permitirá trabajar las 15 piezas al mismo tiempo, esto permitirá que la producción aumente, de la misma manera eliminará los tiempos de espera y además se reducirán considerablemente los tiempos de recorridos innecesarios, cabe aclarar que es imposible eliminarlos por completo, debido a la infraestructura de la planta de producción.

#### 3.2. Tiempos actuales

Las actividades anteriormente presentadas en el diagrama de flujo del proceso actual se presentan en la tabla 4 de actividades con sus respectivos tiempos tomados durante la inspección y el análisis de la actividad. Anexo B.

Tabla 4. Toma de tiempos

Item	Descripción - Actividad	No. de muestras	T10	T20	T30	T40	T50	T60	T70	T80	T90	T100	T150	T200
1	Verificación dimensional y de calidad	30	59,1	52,9	63,5									
2	Medir Yumbolon	60	38,1	35,3	33,0	35,5	35,7	37,2						
3	Cortar Yumbolon	30	69,7	69,2	69,3									
4	Medir lona	40	43,2	43,7	41,7	42,7								
5	Cortar lona	30	85,6	84,9	78,8									
6	Trazar línea horizontal en la lona	60	33,1	29,5	35,7	31,7	34,7	34,4						
7	Traslado de la mesa 1 a la mesa 2	200	4,3	4,5	4,8	4,0	4,1	3,8	3,6	4,6	4,9	4,1	3,2	4,8
8	Aplicar pegante a lado A del Yumbolon	40	53,8	55,5	45,9	48,2								
9	Traslado de la mesa 2 a la mesa 3	200	2,4	3,8	2,1	3,0	3,9	3,5	3,1	2,7	2,1	2,7	3,9	2,6
10	Aplicar pegante a lado A del Cartón	60	38,6	34,6	36,8	33,5	39,2	39,6						
11	Traslado de la mesa 3 a la mesa 4	200	3,1	4,0	3,1	3,1	3,4	3,9	3,5	3,5	3,5	3,1	3,2	3,2
12	Esperar que el pegante se impregne al material	15	242,1											
13	Traslado de la mesa 4 a la mesa 1	200	3,1	3,8	3,4	3,3	3,7	3,0	3,4	3,1	4,7	3,6	3,1	3,4
14	Pegar lado A de ambos materiales	40	46,2	51,5	50,4	47,4								
15	Traslado de la mesa 1 a la mesa 2	200	4,9	3,9	3,2	3,4	4,8	3,5	4,4	3,6	4,9	3,2	3,0	3,1
16	Aplicar pegante a lado B del Yumbolon	60	36,7	32,8	38,5	36,4	28,2	34,4						
17	Aplicar pegante a lado B del Carton	60	36,2	36,5	35,5	37,9	28,2	35,4						
18	Traslado de la mesa 2 a la mesa 4	200	4,5	5,3	5,5	5,6	5,9	5,3	4,3	5,1	4,0	5,4	4,6	5,9
19	Esperar que el pegante se impregne al material	15	243,2											
20	Traslado de la mesa 4 a la mesa 1	200	4,0	5,0	4,2	4,0	3,1	3,7	3,1	3,6	4,1	3,7	4,9	3,1
21	Pegar lado B de ambos materiales	40	54,7	54,7	54,4	54,0								
22	Recortar sobrante de Yumbolon	200	9,1	8,3	10,8	8,2	8,3	8,6	10,0	10,7	10,1	9,6	9,6	9,9
23	Traslado de la mesa 1 a la mesa 3	200	4,2	4,9	3,9	4,3	3,0	3,6	3,8	3,0	3,5	4,7	3,1	3,8
24	Aplicar pegante a la lona dentro de la línea trazada	60	38,9	39,6	41,5	39,5	41,6	40,6						
25	Aplicar pegante a un lado en el interior del Carton	60	32,6	30,5	28,3	31,2	30,9	31,6						
26	Traslado de la mesa 3 a la mesa 4	200	3,1	2,5	4,0	2,3	3,5	2,4	3,5	2,8	2,9	3,4	3,6	2,4
27	Esperar que el pegante se impregne al material	15	244,3											
28	Traslado de la mesa 4 a la mesa 1	200	3,7	3,8	3,3	4,2	4,5	4,2	3,1	3,5	4,8	4,7	3,1	4,4
29	Pegar ambas partes	30	89,1	86,2										
30	Traslado de la mesa 1 a la mesa 2	200	4,0	3,4	3,4	4,5	3,5	4,5	3,3	4,6	3,2	4,5	3,1	3,1
31	Aplicar pegante en el borde restante de la lona	60	38,1	36,5	31,1	33,1	38,1	35,2						
32	Aplicar pegante en el borde interior restante del Carton	60	34,3	37,0	36,5	36,5	35,6	37,4						
33	Traslado de la mesa 2 a la mesa 4	200	4,3	5,4	4,4	4,6	4,8	4,3	5,6	5,4	5,2	5,5	5,1	4,5
34	Esperar que el pegante se impregne al material	15	244,5											
35	Traslado de la mesa 4 a la mesa 1	200	4,1	4,2	4,9	4,2	3,5	3,9	4,3	3,5	3,9	4,6	4,4	4,3
36	Templar/ Tapizar	20	95,3	100,5										
37	Traslado de la mesa 1 a la mesa 6	200	4,6	4,0	4,1	4,1	4,7	4,8	4,9	4,0	4,8	4,4	4,4	4,1
38	Cortar esquina 1 y 2 de la pieza resultante	40	42,5	43,2	42,0	45,8								
39	Aplicar pegante a las esquinas 1 y 2 de la lona y la pieza resultante	100	20,6	25,4	25,5	23,4	22,9	23,5	24,0	20,6	25,9	24,6		
40	Traslado de la mesa 6 a la mesa 5	200	2,2	3,2	2,5	3,4	2,7	3,0	3,3	2,5	3,6	3,9	2,5	3,5
41	Esperar que el pegante se impregne al material	15	251,3											
42	Traslado de la mesa 5 a la mesa 1	200	2,3	3,1	3,3	3,8	3,8	3,7	2,1	4,0	2,9	3,3	3,4	3,6
43	Pegar esquinas	30	59,7	62,8	59,1									
44	Traslado de la mesa 1 a la mesa 3	200	4,2	4,2	4,4	4,9	4,4	4,6	4,6	4,0	4,6	4,8	4,3	4,2
45	Colocar grapas metálicas	30	69,7	66,0	69,4									
46	Traslado de la mesa 3 a la mesa 5	200	4,8	5,8	4,9	5,3	5,3	5,6	5,2	5,1	4,2	5,3	4,7	4,6
47	Limpiar pegante sobrante del producto y verificar calidad del producto	15	173,2											
48	Traslado de la mesa 5 al estante 1	200	7,5	7,9	7,9	7,0	7,6	7,3	7,1	7,4	7,7	8,0	7,1	7,3
49	Almacenar el producto final	60	33,8	37,7	28,7	28,3	35,1	32,4						

Fuente: Pérez &amp; Vanegas (2018)

Como se puede observar, se tomaron muestras desde 15 hasta 200 tomas de datos de diferentes actividades dependiendo del tiempo que tomara realizar un ciclo de la actividad, todo ello como se establece en la Figura 25, metodología recomendada por la compañía General Electric<sup>2</sup>.

Figura 25. Número de ciclos a observar, criterio General Electric

Tiempo de Ciclo (minutos)	Número de Ciclos que cronometrar
0,10	200
0,25	100
0,50	60
0,75	40
1,00	30
2,00	20
4,00 – 5,00	15
5,00 – 10:00	10
10,00 – 20,00	8
20,00 – 40,00	5
Más de 40,00	3

Fuente: (García Criollo, 1998)

Con el fin de identificar los tiempos tipo<sup>3</sup> (T.T.) de cada actividad, se realizó la inspección de cada una de estas y se analizaron la valoración del trabajo y los suplementos que se deberían tener en cuenta para cada actividad, tomando los valores de los suplementos adoptados por la OIT.

Los factores que deben tenerse en cuenta para calcular el suplemento son los siguientes (Niebel & Freivalds, 2005):

- Trabajo de pie
- Postura anormal
- Levantamiento de peso o uso de fuerza
- Intensidad de la luz
- Calidad del aire
- Tensión visual
- Tensión auditiva
- Tensión mental

<sup>2</sup> Método General Electric: La compañía determinó el número de ciclos que se deben repetir las actividades a cronometrar dependiendo de su tiempo promedio.

<sup>3</sup> Tiempo tipo (T.T.): También llamado Tiempo Estándar, es aquel tiempo que define la duración de una actividad aplicando las técnicas del estudio del trabajo.

- Monotonía mental
- Monotonía física.

Los porcentajes de los suplementos (Supl.) presentados en la tabla 5, es un porcentaje acumulado de los suplementos constantes y variables determinados por la OIT en Introducción del Estudio del trabajo. Estos porcentajes se pueden ver en la figura 26.

Figura 26. Sistema de suplementos

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	
<b>A. Suplemento por trabajar de pie</b>	2	4	4
<b>B. Suplemento por postura anormal</b>			45
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	
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
Trabajos precisos o fatigosos			2
Trabajos de gran precisión o muy fatigosos			5
<b>G. Ruido</b>			
Continuo			0
Intermitente y fuerte			2
Intermitente y muy fuerte			5
Estridente y fuerte			5
<b>H. Tensión mental</b>			
Proceso bastante complejo			1
Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos			4
Muy complejo			8
<b>I. Monotonía</b>			
Trabajo algo monótono			0
Trabajo bastante monótono			1
Trabajo muy monótono			4
<b>J. Tedio</b>			
Trabajo algo aburrido			0
Trabajo bastante aburrido			2
Trabajo muy aburrido			5

Fuente: (Organización Internacional del Trabajo, 1996)

Determinado esto, se procede a hallar el tiempo normal (T.N.) de cada actividad, lo cual no es más que el tiempo promedio que tarda cada actividad en realizarse. Identificados estos dos valores en

cada actividad, se calcula el T.T. de las actividades, multiplicando el T.N. por 1 más el suplemento correspondiente, por ejemplo, para el caso de la actividad 1, que cuenta con un T.N. de 40,9(s), se multiplica este valor por 1,21, debido a que el suplemento es de 0,21, dando como resultado 49,25(s). Estos valores determinados se pueden observar en la tabla 5.

Estos suplementos se calcularon de la siguiente manera, se suman los suplementos fijos del 0,11 que corresponden al suplemento del 0,07 por necesidades básicas y el 0,04 correspondiente a la base por fatiga, esto estipulado en la OIT (Organización Internacional del Trabajo, 1996); además a ellos se agregan 0,04 debido a que todos los trabajos se realizan de pie, igualmente se suman 0,01 por parte de la tensión mental, el cual es un proceso bastante complejo; se agregan 0,04 y 0,01 debido a que el trabajo se categoriza como un trabajo muy monótono y por el tedio, ya que es un trabajo muy aburrido, estos valores fueron extraídos de la OIT (Organización Internacional del Trabajo, 1996), lo que da como resultado la suma de 0,21, o 21% en suplementos.

Tabla 5. T.T. de actividades actuales

Item	Descripción - Actividad	T.N. (s)	Supl.	T.T. (s)
1	Verificación dimensional y de calidad	40,7	21%	49,25
2	Medir yumbolon	25,1	21%	30,37
3	Cortar yumbolon	48,3	21%	58,41
4	Medir lona	29,3	21%	35,42
5	Cortar lona	59,0	21%	71,35
6	Trazar línea horizontal en la lona	22,1	21%	26,76
7	Traslado de la mesa 1 a la mesa 2	2,8	11%	3,14
8	Aplicar pegante a lado A del yumbolon	34,9	21%	42,22
9	Traslado de la mesa 2 a la mesa 3	2,1	11%	2,35
10	Aplicar pegante a lado A del cartón	25,8	21%	31,22
11	Traslado de la mesa 3 a la mesa 4	2,5	11%	2,72
12	Esperar que el pegante se seque	243,0	0%	243,00
13	Traslado de la mesa 4 a la mesa 1	2,8	11%	3,07
14	Pegar lado A de ambos materiales	34,1	21%	41,22
15	Traslado de la mesa 1 a la mesa 2	2,8	11%	3,11
16	Aplicar pegante a lado B del yumbolon	23,5	21%	28,49
17	Aplicar pegante a lado B del cartón	23,5	21%	28,40
18	Traslado de la mesa 2 a la mesa 4	3,5	11%	3,90
19	Esperar que el pegante se seque	243,0	0%	243,00
20	Traslado de la mesa 4 a la mesa 1	2,8	11%	3,11
21	Pegar lado B de ambos materiales	37,7	21%	45,65
22	Recortar sobrante de yumbolon	6,9	21%	8,34
23	Traslado de la mesa 1 a la mesa 3	2,8	11%	3,09
24	Aplicar pegante a la lona dentro de la línea trazada	28,6	21%	34,66
25	Aplicar pegante a un lado en el interior del cartón	21,7	21%	26,26
26	Traslado de la mesa 3 a la mesa 4	2,0	11%	2,27
27	Esperar que el pegante se seque	243,0	0%	243,00
28	Traslado de la mesa 4 a la mesa 1	2,7	11%	3,03
29	Pegar ambas partes	61,1	21%	73,98
30	Traslado de la mesa 1 a la mesa 2	2,8	11%	3,14
31	Aplicar pegante en el borde restante de la lona	25,0	21%	30,26
32	Aplicar pegante en el borde interior restante del cartón	26,1	21%	31,53
33	Traslado de la mesa 2 a la mesa 4	3,5	11%	3,90
34	Esperar que el pegante se seque	243,0	0%	243,00
35	Traslado de la mesa 4 a la mesa 1	2,8	11%	3,12
36	Templar/Tapizar	68,0	21%	82,29
37	Traslado de la mesa 1 a la mesa 6	3,1	11%	3,47
38	Cortar sobrante de lona en las esquinas de la pieza resultante	30,4	21%	36,83
39	Aplicar pegante a las esquinas de la lona de la pieza resultante	16,3	21%	19,72
40	Traslado de la mesa 6 a la mesa 5	2,1	11%	2,33
41	Esperar que el pegante se seque	243,0	0%	243,00
42	Traslado de la mesa 5 a la mesa 1	2,1	11%	2,37
43	Pegar esquinas	44,1	21%	53,30
44	Traslado de la mesa 1 a la mesa 3	3,2	11%	3,51
45	Colocar grapas metálicas	47,9	21%	58,02
46	Traslado de la mesa 3 a la mesa 5	3,5	11%	3,89
47	Limpiar pegante sobrante del producto y verificar calidad del producto	125,6	21%	151,99
48	Traslado de la mesa 5 al estante 1	5,2	11%	5,81
49	Almacenar el producto final	23,7	21%	28,67

Fuente: Pérez &amp; Vanegas (2018)

Para dimensionar las actividades aquí presentadas en un ámbito industrial, se llevaron a un diagrama de flujo de proceso, el cual se puede observar en la figura 27. Éste permite identificar para que actividades se lleva a cabo una operación, definido como un óvalo, el transporte está identificado por una flecha, los controles o monitoreos con un cuadro, las demoras con una “D” en figura y finalmente el almacenamiento con un triángulo.

Figura 27. Diagrama de flujo de proceso protectores para esquinas

	<b>MISIONAL</b>		Fecha ult. revisión	20/05/2018
	<b>PRODUCTIVO</b>		Versión	1.0
	<b>DOCUMENTACIÓN DEL PROCESO</b>			
	<b>DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PROTECTORES PARA ESQUINA</b>		<b>CÓDIGO</b>	<b>MI-PR-DP-DG-001</b>

RESUMEN		#	Tiempo
	Operaciones	16	1046.7
	Transporte	8	61.3
	Controles	4	49.3
	Esperas	5	1215.0
	Almacenamiento	1	28.7
<b>TOTAL</b>		<b>34</b>	<b>2401.0</b>

No. 1

Empieza: Verif. Dimensional

Termina: Almacenamiento

Elaborado por: Autores

Fecha: 20 de mayo del 2018

Descripción Actividades		Op.	Trp.	Ctr.	Esp.	Alm.	Tiempo (s)
1	Verificación dimensional y de calidad						49.25
2	Medir yumbolon						30.37
3	Cortar yumbolon						58.41
4	Medir lona						35.42
5	Cortar lona						71.35
6	Trazar línea horizontal en la lona						26.76
7	Traslado de la mesa 1 a la mesa 2						3.14
8	Aplicar pegante a lado A del yumbolon						42.22
9	Traslado de la mesa 2 a la mesa 3						2.35
10	Aplicar pegante a lado A del cartón						31.22
11	Traslado de la mesa 3 a la mesa 4						2.72
12	Esperar que el pegante se seque						243.00
13	Traslado de la mesa 4 a la mesa 1						3.07
14	Pegar lado A de ambos materiales						41.22
15	Traslado de la mesa 1 a la mesa 2						3.11
16	Aplicar pegante a lado B del yumbolon						28.49
17	Aplicar pegante a lado B del cartón						28.40
18	Traslado de la mesa 2 a la mesa 4						3.90
19	Esperar que el pegante se seque						243.00
20	Traslado de la mesa 4 a la mesa 1						3.11
21	Pegar lado B de ambos materiales						45.65
22	Recortar sobrante de yumbolon						8.34
23	Traslado de la mesa 1 a la mesa 3						3.09
24	Aplicar pegante a la lona dentro de la línea trazada						34.66
25	Aplicar pegante a un lado en el interior del cartón						26.26
26	Traslado de la mesa 3 a la mesa 4						2.27
27	Esperar que el pegante se seque						243.00
28	Traslado de la mesa 4 a la mesa 1						3.03
29	Pegar ambas partes						73.98
30	Traslado de la mesa 1 a la mesa 2						3.14
31	Aplicar pegante en el borde restante de la lona						30.26
32	Aplicar pegante en el borde interior restante del cartón						31.53
33	Traslado de la mesa 2 a la mesa 4						3.90
34	Esperar que el pegante se seque						243.00
35	Traslado de la mesa 4 a la mesa 1						3.12
36	Templar/ Tapizar						82.29
37	Traslado de la mesa 1 a la mesa 6						3.47
38	Cortar sobrante de lona en las esquinas de la pieza resultante						36.83
39	Aplicar pegante a las esquinas de la lona de la pieza resultante						19.72
40	Traslado de la mesa 6 a la mesa 5						2.33
41	Esperar que el pegante se seque						243.00
42	Traslado de la mesa 5 a la mesa 1						2.37
43	Pegar esquinas						53.30
44	Traslado de la mesa 1 a la mesa 3						3.51
45	Colocar grapas metálicas						58.02
46	Traslado de la mesa 3 a la mesa 5						3.89
47	Limpiar pegante sobrante del producto y verificar calidad del producto						151.99
48	Traslado de la mesa 5 al estante 1						5.81
49	Almacenar el producto final						28.67
<b>TOTAL</b>							<b>2401.0</b>

CÓDIGO		VERSIÓN		FECHA	
MI-PR-DP-DG-001		1.0		20/05/2018	
Elaboró:		Revisó:		Aprobó:	
Cargo:		Cargo:		Cargo:	
Firma:		Firma:		Firma:	

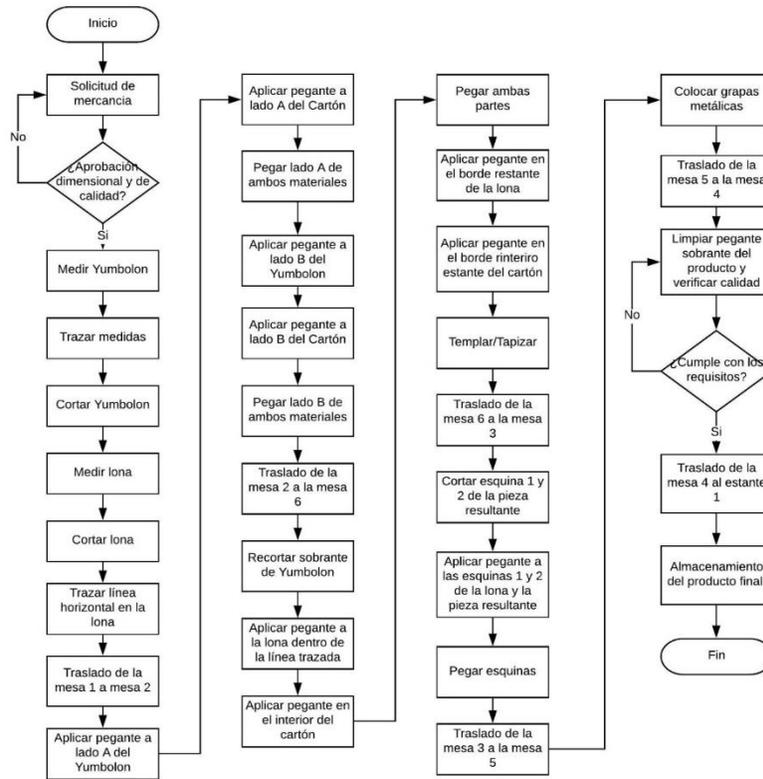
Fuente: Pérez &amp; Vanegas (2018)

### 3.3. Documentación de las propuestas de mejora

Las propuestas de mejora se evidencian inicialmente en el diagrama de actividades (Figura 28), el cual se compara con el anterior, presentado en la primera sección de este proyecto. De esta comparación se puede definir que las esperas, con las propuestas viables especificadas anteriormente, se disminuirá en gran cantidad, igualmente el tiempo ocioso del operario disminuirá en su tiempo de trabajo, dado por entendido que la productividad en su área de trabajo aumentará.

Figura 28. Diagrama de actividades implementando las mejoras viables

	MISIONAL	Fecha ult. revisión	12/07/2018
	PRODUCTIVO	Versión	2.0
	DOCUMENTACIÓN DEL PROCESO	CÓDIGO	MI-PR-DP-DG-000
	FLUJOGRAMA PROTECTORES PARA ESQUINA		

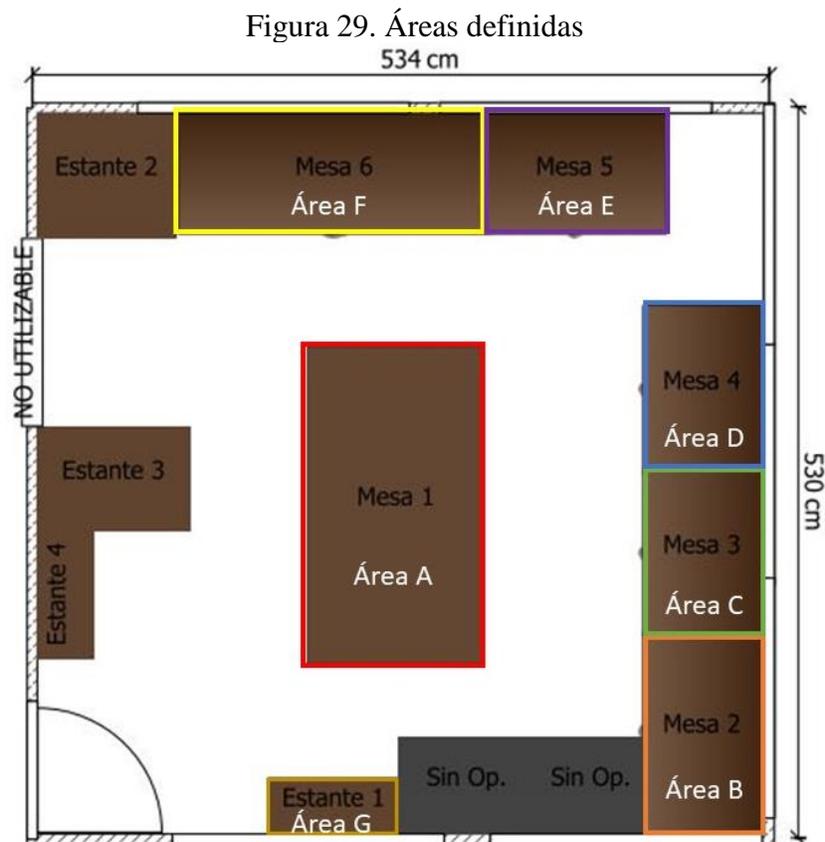


CÓDIGO	VERSIÓN	FECHA
MI-PR-DP-DG-000	2.0	12/07/2018
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:
Cargo:	Cargo:	Cargo:
Firma:	Firma:	Firma:

Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Para complementar la propuesta realizada, se realiza una redistribución en planta con el modelo SPL (Systematic Plan Layout), siguiendo el método de producción sin esperas debido a que se trabajarán lotes de 15 piezas y se modificará el puesto de trabajo del operario; el flujo del proceso se puede observar en la figura 28.

Inicialmente para aplicar este modelo de distribución se debe utilizar la herramienta From-To, u origen-destino, en esta se podrán visualizar todos los movimientos que se realizan de un área a otra (Ver tabla 7). En la figura 29 se pueden observar la definición de las áreas de la planta actual:



Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

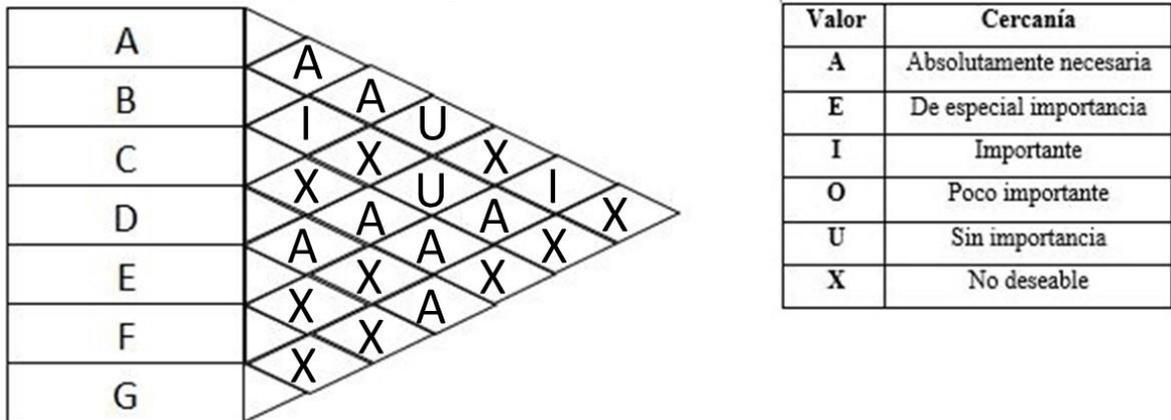
Tabla 6. Herramienta From-to / Origen-destino

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>
<b>A</b>	<b>X</b>	27	11	-	-	9	-
<b>B</b>	-	<b>X</b>	7	18	-	-	-
<b>C</b>	-	-	<b>X</b>	13	8	-	-
<b>D</b>	21	-	-	<b>X</b>	-	-	-
<b>E</b>	13	-	-	-	<b>X</b>	-	17
<b>F</b>	-	-	-	-	12	<b>X</b>	-
<b>G</b>	-	-	-	7	-	-	<b>X</b>

Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

La metodología SPL se inicia realizando un diagrama de relaciones entre los departamentos ya enlistados y utilizados en la Carta From-To / Origen-destino. El diagrama de relaciones utiliza el esquema de la Figura 30 para analizar las áreas y valora en forma subjetiva la cercanía física que debe tener cada departamento de acuerdo con la clasificación A, E, I, O, U, X señalada en el cuadro adjunto.

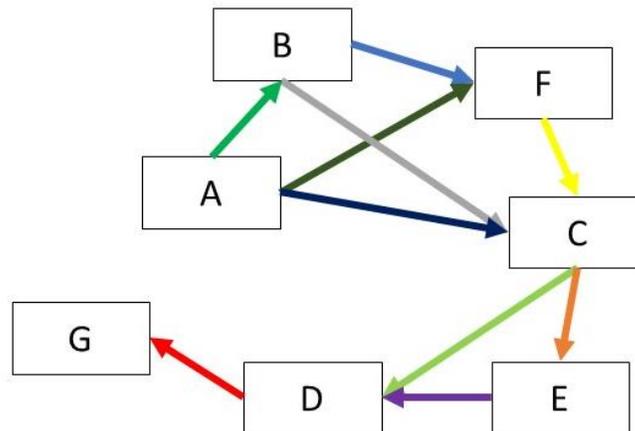
Figura 30. Diagrama de relación de actividades



Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Determinando este diagrama de relación de actividades, se procede a elaborar un diagrama de bloques con el objetivo de visualizar la ubicación de las áreas de acuerdo con el grado de importancia en cercanía previamente establecido. El sentido se visualiza en la unión de las áreas por medio de líneas diferenciadas por colores.

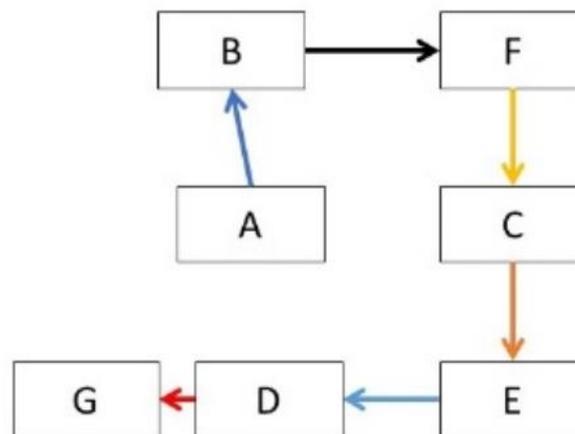
Figura 31. Diagrama de bloques



Fuente: Pérez &amp; Vanegas (2018)

Este tipo de diagramas son vitales para realizar una distribución óptima en área de producción, es por ello por lo que se ha creado la opción más viable teniendo en cuenta las herramientas utilizadas anteriormente y el método de producción propuesto. Esta se puede observar en la figura 32.

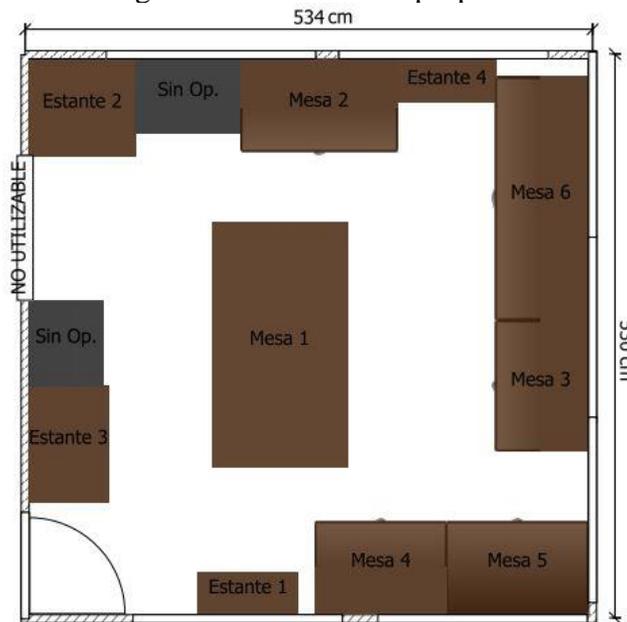
Figura 32. Diagrama de bloques propuesto



Fuente: Pérez &amp; Vanegas (2018)

Realizado esta redistribución con la metodología SPL, es posible recrear la distribución propuesta por medio de software especializados, con el objetivo de visualizar de manera clara y aún más real dicha distribución, ver figuras 33 y 34.

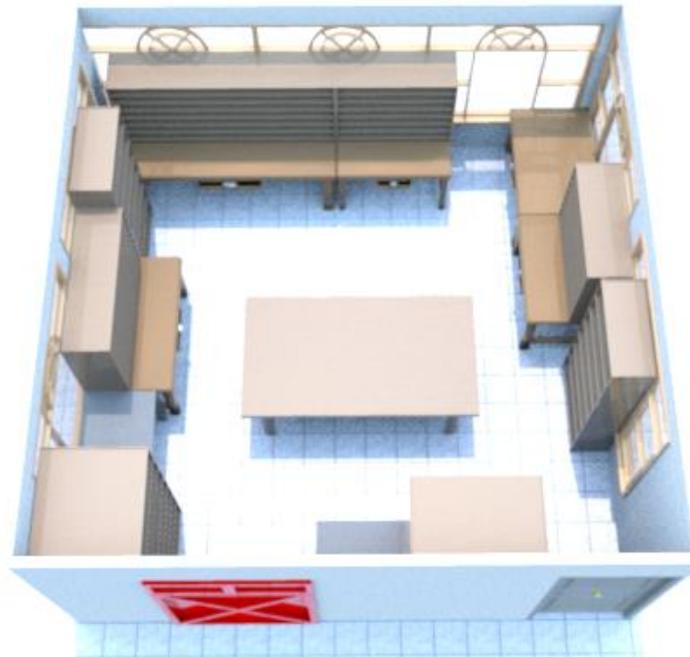
Figura 33. Distribución propuesta



Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

La imagen 3D de esta distribución de planta se puede observar en la figura 34.

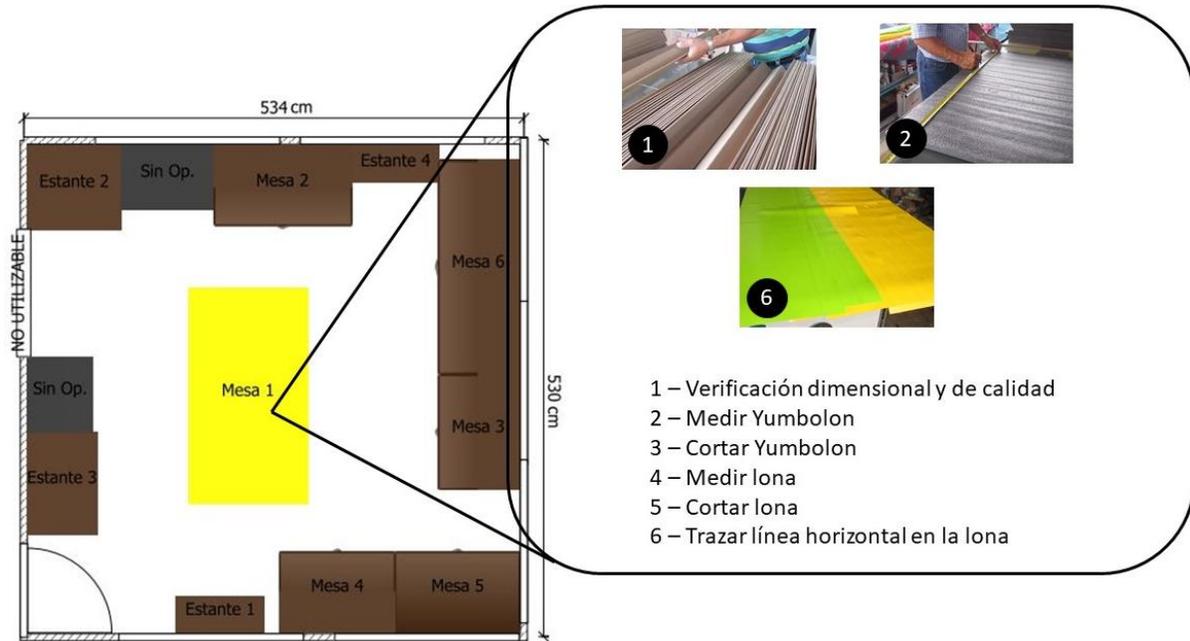
Figura 34. Distribución propuesta 3D



Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

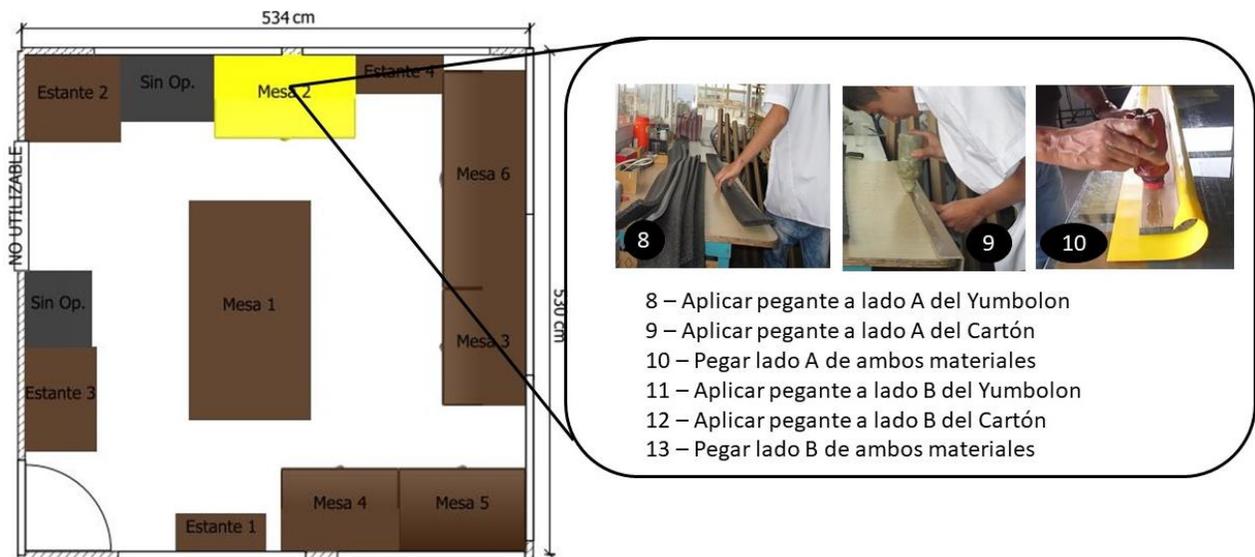
Por tanto, como se observa en la figura 28, el método de producción constará de 31 actividades, las cuales se realizarán en las siguientes mesas, basándose en la distribución propuesta.

Figura 35. Método propuesto mesa 1



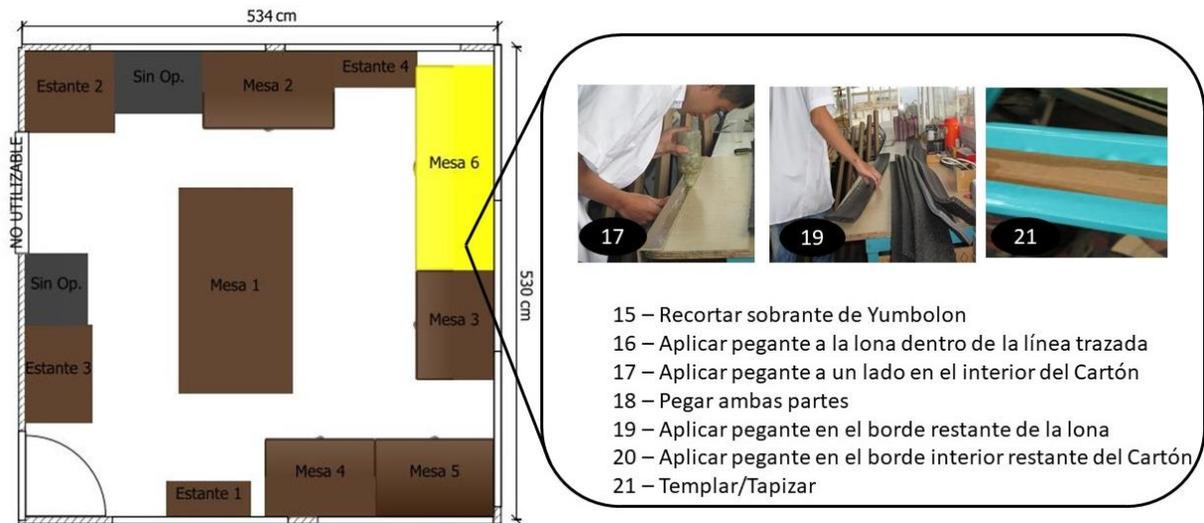
Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Figura 36. Método propuesto mesa 2



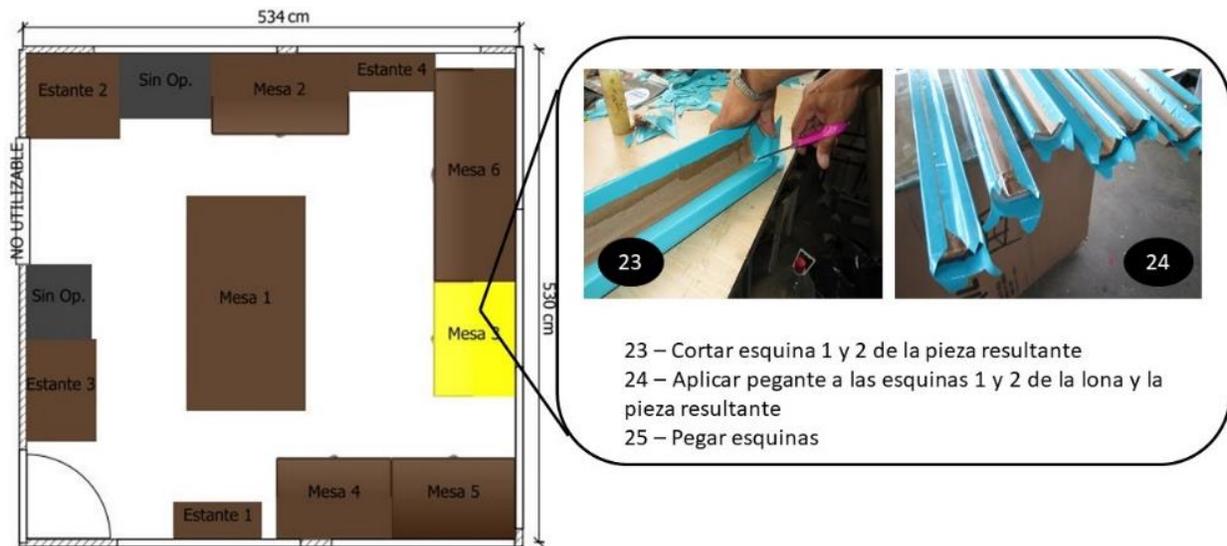
Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Figura 37. Método propuesto mesa 6



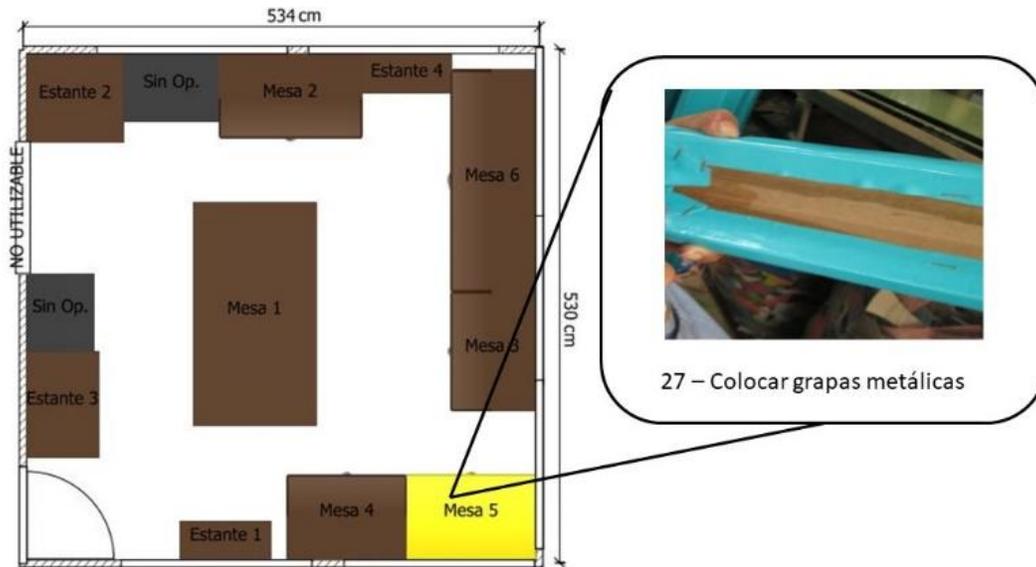
Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Figura 38. Método propuesto mesa 3



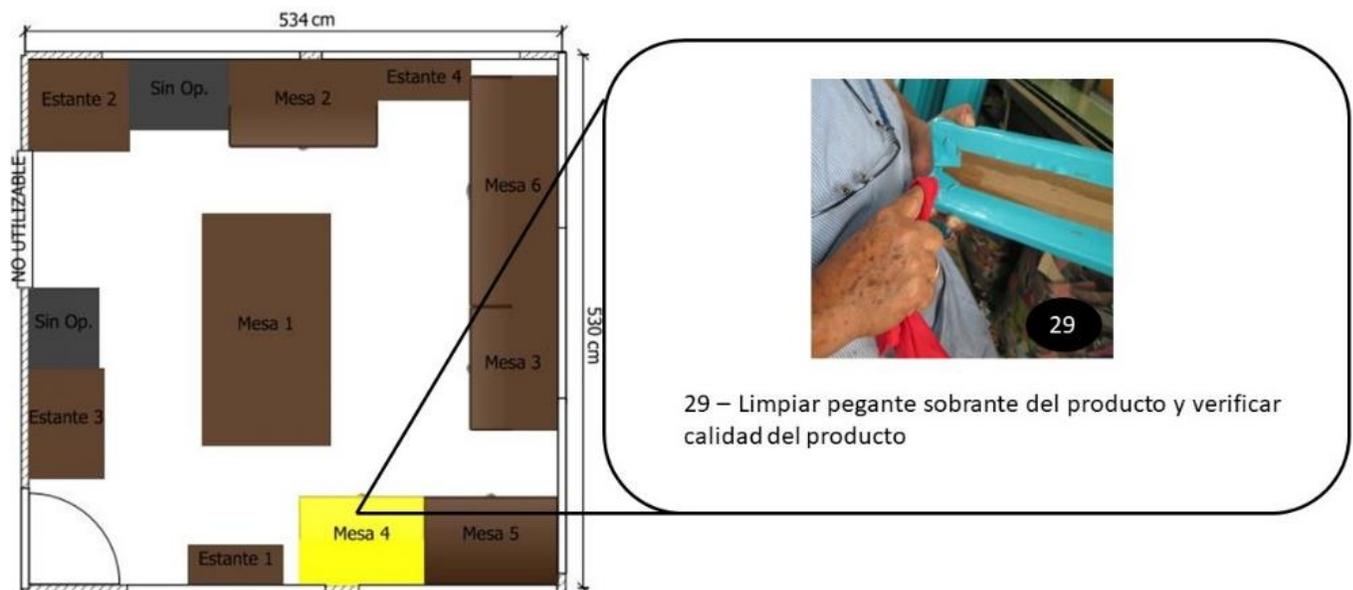
Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Figura 39. Método propuesto mesa 5



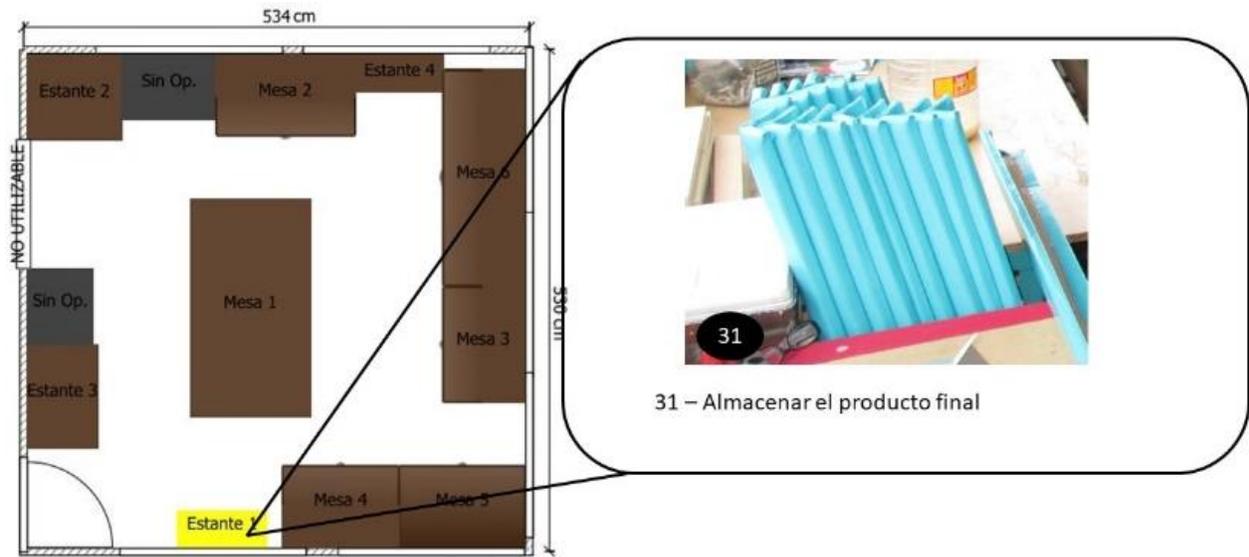
Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Figura 40. Método propuesto mesa 4



Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Figura 41. Método propuesto estante 1



Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Con respecto a la propuesta complementaria a la redistribución de planta, se modificaron cuatro puestos de trabajo con el objetivo de optimizar el método como ya se había especificado, precisamente en los procesos de secado del pegante en los materiales.

Estos puestos de trabajo se complementarán con un estante del mismo material de las mesas, el cual se ubicará en la parte superior de las mismas, como se puede observar en la figura 42, la función de estos estantes es vital, se trabajarán lotes de 15 piezas para eliminar el proceso de espera por el secado del pegante en los materiales, estas piezas reposarán en el estante mientras se cumple el ciclo de trabajo de cada actividad.

Figura 42. Puesto de trabajo propuesto



Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

El valor de cada uno de los estantes que modificarán estos puestos de trabajo es de 370,000 COP incluido IVA lo cual daría un valor total para los cuatro estantes es de 1,480,000 COP, estos estantes los suministrará la empresa Industrial de muebles Herrera, en la figura 43 se puede observar la cotización realizada a la fecha y que será entregada igualmente a la empresa junto con este documento.

Figura 43. Cotización de puestos de trabajo



25 de Julio 2018

CTZ 1030-18

Bogotá

Estimada Srta Camila Pérez

Acorde a su solicitud nos permitimos enviar el presupuesto correspondiente a:

CANT	PRODUCTO	VALOR UNIT
1	Mueble organizador en tubo redondo de 1-1/2" con entrepaños en madera y tubo de 3/4", con soporte para sujetar al banco de trabajo.	\$ 370.000

VALIDEZ DE LA OFERTA: UN MES

FORMA DE PAGO: 50% anticipo 50% contra entrega.

LUGAR DE ENTREGA: En punto de fábrica.

TIEMPO DE ENTREGA: A convenir.

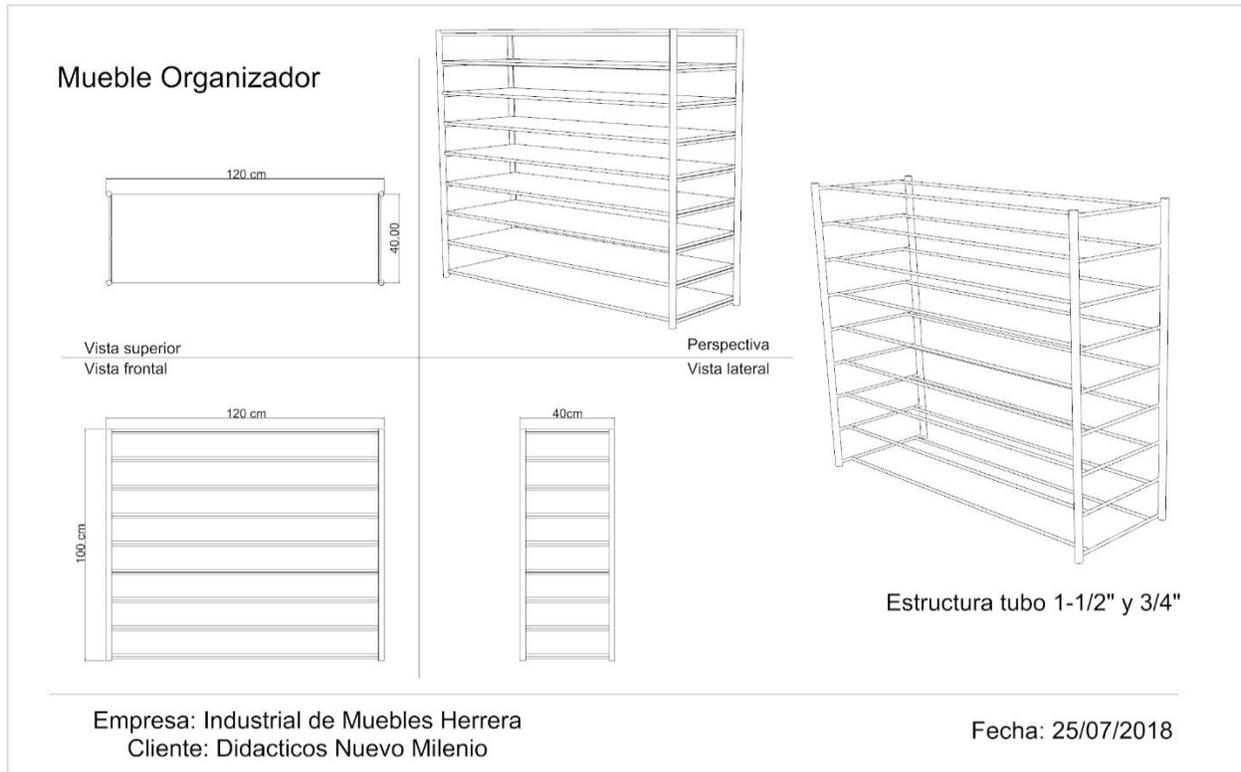
GARANTIA: Un año de garantía por defectos de fabricación.

Quedamos a la espera de sus comentarios, cualquier aclaración o

Cordialmente,  
 Carolina Herrera  
 Tel: 3114952

Fuente: Industrial de muebles Herrera (2018)

Figura 44. Diseño de cotización - Mueble organizador



Fuente: Industrial de muebles Herrera (2018)

Con el fin de visualizar de manera directa los tiempos que se disminuirían al eliminar las demoras de secado del pegado y la reducción en los recorridos innecesarios, se desarrolló la estandarización de los tiempos del método propuesto, la cual se puede observar en la figura 45.

Figura 45. Tiempos estimados con las propuestas de mejora

ten	Descripción - Actividad	T.N. (s)	Supl.	T.T. (s)
1	Verificación dimensional y de calidad	40,7	21%	49,25
2	Medir Yumbolon	25,1	21%	30,37
3	Cortar Yumbolon	48,3	21%	58,41
4	Medir lona	29,3	21%	35,42
5	Cortar lona	59,0	21%	71,35
6	Trazar línea horizontal en la lona	22,1	21%	26,76
7	Traslado de la mesa 1 a la mesa 2	3,0	21%	3,63
8	Aplicar pegante a lado A del Yumbolon	34,9	21%	42,22
9	Aplicar pegante a lado A del Cartón	25,8	21%	31,22
10	Pegar lado A de ambos materiales	34,1	21%	41,22
11	Aplicar pegante a lado B del Yumbolon	23,5	21%	28,49
12	Aplicar pegante a lado B del Carton	23,5	21%	28,40
13	Pegar lado B de ambos materiales	37,7	21%	45,65
14	Traslado de la mesa 2 a la mesa 6	3,0	21%	3,63
15	Recortar sobrante de Yumbolon	6,9	21%	8,34
16	Aplicar pegante a la lona dentro de la línea trazada	28,6	21%	34,66
17	Aplicar pegante a un lado en el interior del Carton	21,7	21%	26,26
18	Pegar ambas partes	61,1	21%	73,98
19	Aplicar pegante en el borde restante de la lona	25,0	21%	30,26
20	Aplicar pegante en el borde interior restante del Carton	26,1	21%	31,53
21	Templar/Tapizar	68,0	21%	82,29
22	Traslado de la mesa 6 a la mesa 3	3,0	21%	3,63
23	Cortar esquina 1 y 2 de la pieza resultante	30,4	21%	36,83
24	Aplicar pegante a las esquinas 1 y 2 de la lona y la pieza resultante	16,3	21%	19,72
25	Pegar esquinas	44,1	21%	53,30
26	Traslado de la mesa 3 a la mesa 5	3,0	21%	3,63
27	Colocar grapas metálicas	47,9	21%	58,02
28	Traslado de la mesa 5 a la mesa 4	3,0	21%	3,63
29	Limpiar pegante sobrante del producto y verificar calidad del producto	125,6	21%	151,99
30	Traslado de la mesa 4 al estante 1	3,0	21%	3,63
31	Almacenar el producto final	23,7	21%	28,67
<b>TOTAL</b>		<b>947,5</b>	<b>21%</b>	<b>1146,42</b>

Fuente: Pérez &amp; Vanegas (2018)

Así mismo se realizó un diagrama de flujo de procesos, en donde se puede observar directamente el tiempo que se gastaría para cada elemento producido (figura 46), cabe aclarar que este método propuesto trabaja lotes de 15 unidades o más, debido a que existe una restricción en la actividad

del secado del pegante, lo que traduce en que, si el lote trabajado es inferior a 15 unidades, el tiempo estipulado aquí aumentaría notablemente.

Figura 46. Diagrama de flujo de procesos con propuestas viables

	MISIONAL		Fecha ult. revisión	12/06/2018
	PRODUCTIVO			
	DOCUMENTACIÓN DEL PROCESO		Versión	2.0
	DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PROTECTORES PARA ESQUINA		CÓDIGO	MI-PR-DP-DG-001

RESUMEN		#	Tiempo
○	Operaciones	23	1046.7
⇒	Transporte	6	21.8
□	Controles	1	49.3
D	Esperas	0	0.0
▽	Almacenamiento	1	28.7
<b>TOTAL</b>		<b>31</b>	<b>1146.4</b>

No. 1

Empieza: Verif. Dimensional

Termina: Almacenamiento

Elaborado por: Autores

Fecha: 12 de junio del 2018

Descripción Actividades	Op.	Trp.	Ctr.	Esp.	Alm.	Tiempo (s)
	○	⇒	□	D	▽	
1 Verificación dimensional y de calidad						49.25
2 Medir yumbolon	○					30.37
3 Cortar yumbolon	○					58.41
4 Medir lona	○					35.42
5 Cortar lona	○					71.35
6 Trazar línea horizontal en la lona	○					26.76
7 Traslado de la mesa 1 a la mesa 2		⇒				3.63
8 Aplicar pegante a lado A del yumbolon	○					42.22
9 Aplicar pegante a lado A del cartón	○					31.22
10 Pegar lado A de ambos materiales	○					41.22
11 Aplicar pegante a lado B del yumbolon	○					28.49
12 Aplicar pegante a lado B del cartón	○					28.40
13 Pegar lado B de ambos materiales	○					45.65
14 Traslado de la mesa 2 a la mesa 6		⇒				3.63
15 Recortar sobrante de yumbolon	○					8.34
16 Aplicar pegante a la lona dentro de la línea trazada	○					34.66
17 Aplicar pegante a un lado en el interior del cartón	○					26.26
18 Pegar ambas partes	○					73.98
19 Aplicar pegante en el borde restante de la lona	○					30.26
20 Aplicar pegante en el borde interior restante del cartón	○					31.53
21 Templar/Tapizar	○					82.29
22 Traslado de la mesa 6 a la mesa 3		⇒				3.63
23 Cortar sobrante de lona en las esquinas de la pieza resultante	○					36.83
24 Aplicar pegante a las esquinas de la lona de la pieza resultante	○					19.72
25 Pegar esquinas	○					53.30
26 Traslado de la mesa 3 a la mesa 5		⇒				3.63
27 Colocar grapas metálicas	○					58.02
28 Traslado de la mesa 5 a la mesa 4		⇒				3.63
29 Limpiar pegante sobrante del producto y verificar calidad del producto	○					151.99
30 Traslado de la mesa 4 al estante 1		⇒				3.63
31 Almacenar el producto final					▽	28.67
<b>TOTAL</b>						<b>1146.4</b>

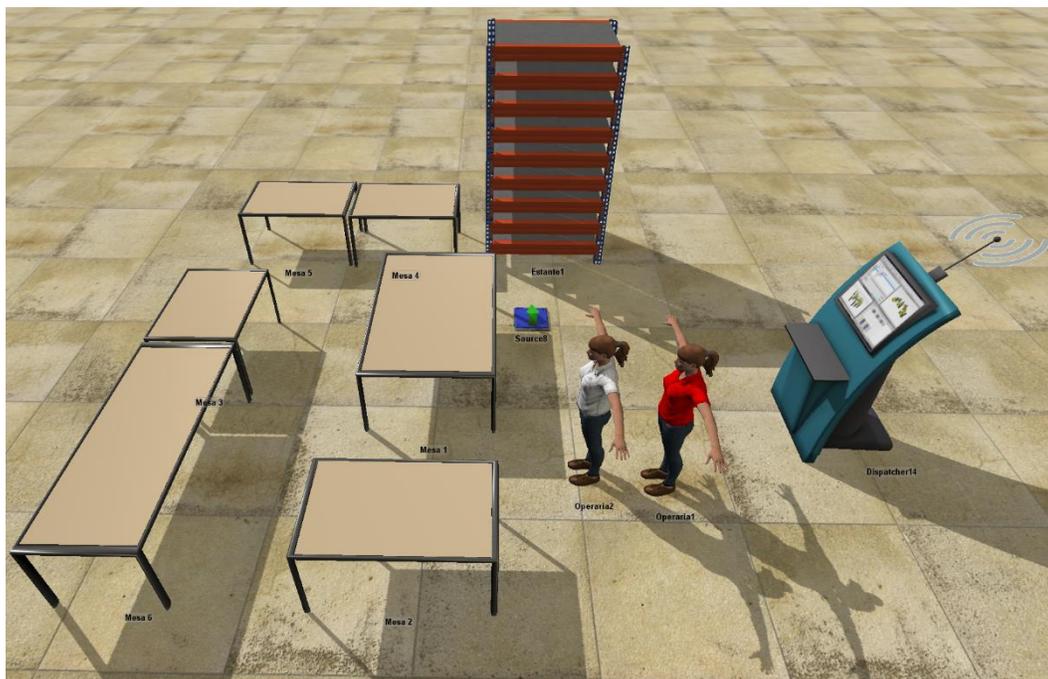
CÓDIGO	VERSIÓN	FECHA
MI-PR-DP-DG-001	2.0	12/06/2018
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:
Cargo:	Cargo:	Cargo:
Firma:	Firma:	Firma:

Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Con el objetivo de comparar más a fondo los datos arrojados por el método y la distribución propuesta, se utilizó la herramienta de simulación FlexSim®, comenzando por la selección de elementos necesarios que ofrece el simulador, como lo son source, procesadores, multiprocesadores, dispatcher, operadores, objects, etc.

Posteriormente se realiza el Layout propuesto, conservando las distancias y las medidas exactas entre mesas, con el fin de obtener un informe del ejercicio lo más cercano posible a la realidad; en la figura 47 se observa dicha distribución.

Figura 47. Distribución propuesta en FlexSim®

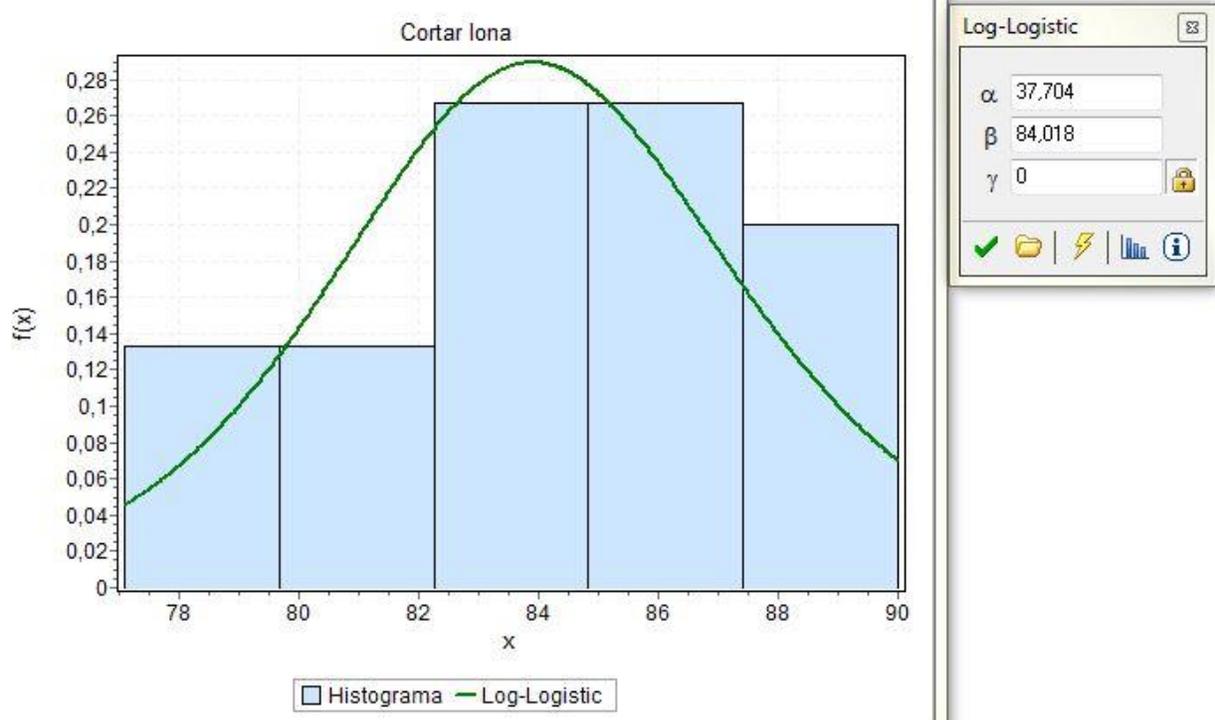


Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Este ejercicio requiere de datos de entrada con una distribución estadística definida; sin embargo no se cuenta con dicha distribución, es por esta razón que cada conjunto de datos de las actividades deben ser analizados por una herramienta de datos estadísticos, como lo es el software EasyFit®, donde introduciendo todos los datos tomados a lo largo de la ejecución de este proyecto, este arrojará el comportamiento de cada conjunto de datos, la cual puede ser una distribución estadística normal, log-logistic, uniforme, entre otras.

De acuerdo con la distribución estadística arrojada para cada grupo de datos, se deben introducir diferentes parámetros arrojados por el programa estadístico, por ejemplo, la actividad “cortar lona” presenta una distribución log-logistic, la cual arroja los siguientes parámetros,  $\gamma = 0,0$ ;  $\alpha = 37,704$ ;  $\beta = 84,018$ , cómo se observa en la figura 48.

Figura 48. Distribución estadística de la actividad "cortar lona"



Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

En la tabla 7 se puede visualizar la distribución estadística arrojada por el software EasyFit®, en esta se relacionan las diferentes actividades que se realizan para la elaboración del producto protectores para esquinas y su correspondiente distribución estadística de datos. Anexo C.

Tabla 7. Distribución estadística de datos

Actividad	Distribución estadística
Verificación dimensional y de calidad	Johnson SB
Medir yumbolon	Johnson SB
Cortar yumbolon	Uniform
Medir lona	Cauchy
Cortar lona	Log Logistic
Trazar línea horizontal en la lona	Johnson SB
Aplicar pegante a lado A del yumbolon	Johnson SB
Aplicar pegante a lado A del cartón	Johnson SB
Esperar que el pegante se seque	Johnson SB
Pegar lado A de ambos materiales	Beta
Aplicar pegante a lado B del yumbolon	Johnson SB
Aplicar pegante a lado B del cartón	Johnson SB
Esperar que el pegante se seque	Beta
Pegar lado B de ambos materiales	Log Logistic
Recortar sobrante de yumbolon	Johnson SB
Aplicar pegante a la lona dentro de la línea trazada	Johnson SB
Aplicar pegante a un lado en el interior del cartón	Pearson 5
Esperar que el pegante se seque	Beta
Pegar ambas partes	Johnson SB
Aplicar pegante en el borde restante de la lona	Johnson SB
Aplicar pegante en el borde interior restante del cartón	Gamma 3P
Esperar que el pegante se seque	Beta
Templar/Tapizar	Uniform
Cortar sobrante de lona en las esquinas de la pieza resultante	Johnson SB
Aplicar pegante a las esquinas de la lona de la pieza resultante	Johnson SB
Esperar que el pegante se seque	Johnson SB
Pegar esquinas	Johnson SB
Colocar grapas metálicas	Johnson SB
Limpiar pegante sobrante del producto y verificar calidad del producto	Cauchy
Almacenar el producto final	Johnson SB

Fuente: Pérez &amp; Vanegas (2018)

Una vez se introduzcan todos los parámetros de cada una de las actividades y se establezcan las conexiones entre todos los elementos, se procede a iniciar la simulación, con el objetivo de observar el comportamiento del proceso aplicando el método y la distribución propuesta. Para observar los diagramas y las tablas de los tiempos actuales y propuestos, se puede observar el anexo B. Igualmente, las distribuciones estadísticas obtenidos de cada uno de estos conjuntos de datos se puede observar en el anexo C de este documento.

### **3.4. Análisis e interpretación de los resultados**

Comparando cada uno de los diagramas de flujo de procesos, tanto en el método actual como en el propuesto, se puede evidenciar la disminución del tiempo tipo total de las actividades en la realización del producto protectores para esquinas.

El tiempo tipo total del método actual es de 2401(s) con 49 actividades en su proceso, en cambio, el método propuesto cuenta con 1144,62(s) con 31 actividades, es decir, la disminución de 1256,35(s) y de 18 actividades reemplazadas o removidas por el método y la distribución propuesta.

El método actual es realizado por dos operarios en un tiempo de 9 horas en promedio al día, realizando esta actividad durante 24 días aproximadamente al mes (trabajando de lunes a viernes en jornada completa y sábados medio día).

En este tiempo a ritmo promedio con el método y la distribución de la planta actual, los dos operarios son capaces de realizar aproximadamente 700 unidades/mes (Valor proporcionado por la compañía y verificado en la estandarización del método actual). Con el método y la distribución propuesta se consideran las mismas restricciones, es decir, contar con dos operarios trabajando 9 horas diarias por 24 días al mes, lo que da como resultado la realización de aproximadamente 840 unidades/mes, datos obtenidos de la simulación realizada en el software FlexSim®. Esto se traduce en el aumento sustancial de la producción mensual en 140 unidades de los protectores para esquinas, lo cual representa un aumento del 8,75%.

Por tanto, tomando las cifras del cumplimiento de la empresa con sus clientes, únicamente con respecto al producto escogido, el cual actualmente es de un 43,75%, se considera que ésta cifra aumentaría en un 8,75% realizando las propuestas de mejoras presentadas en este proyecto, arrojando, así como resultado, el cumplimiento a clientes de los protectores para esquinas en un 52,5% aproximadamente (basado en una demanda de 1600 unidades/mes).

Cabe aclarar, como se menciona en el inicio de esta sección, que solo se tiene en cuenta el análisis a partir de las mejoras presentadas en el método y en la distribución de planta, es decir en la disminución de tiempos de producción, no se tiene en cuenta temas como inventarios, capacidad de almacenamiento, ni solicitud de materias primas, ya que cualquier incumplimiento o inconformidad en estas áreas afectaría notablemente el resultado final.

Como parte complementaria del análisis realizado en el software de simulación, se pudieron extraer diferentes datos relevantes para el proceso, como lo muestran las tablas 8 y 9.

Tabla 8. Informe de simulación parte uno

Object	Class	Idle	Processing	Busy	Blocked	Generating	Empty	Collecting	Releasing	Waiting for operator
Mesa 1	MultiProcessor	2%	29%	0%	11%	0%	0%	0%	0%	57%
Mesa 2	MultiProcessor	3%	50%	0%	9%	0%	0%	0%	0%	38%
Mesa 6	MultiProcessor	11%	31%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	51%
Mesa 3	MultiProcessor	78%	13%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%
Mesa 4	Processor	64%	19%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	11%
Mesa 5	Processor	79%	6%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	8%
Source8	Source	0%	0%	0%	98%	0%	0%	0%	0%	0%
Operaria2	Operator	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Operaria1	Operator	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Dispatcher14	Dispatcher									
Estante1	Rack									

Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Tabla 9. Informe de simulación parte dos

Object	Class	Waiting for transporter	Travel empty	Travel loaded	Offset travel empty	Offset travel loaded	Utilize
Mesa 1	MultiProcessor	1%	0%	0%	0%	0%	0%
Mesa 2	MultiProcessor	1%	0%	0%	0%	0%	0%
Mesa 6	MultiProcessor	6%	0%	0%	0%	0%	0%
Mesa 3	MultiProcessor	4%	0%	0%	0%	0%	0%
Mesa 4	Processor	6%	0%	0%	0%	0%	0%
Mesa 5	Processor	8%	0%	0%	0%	0%	0%
Source8	Source	2%	0%	0%	0%	0%	0%
Operaria2	Operator	0%	3%	0%	0%	0%	97%
Operaria1	Operator	0%	3%	0%	0%	0%	95%
Dispatcher14	Dispatcher						
Estante1	Rack						

Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Basándose en el informe arrojado por el software, se puede observar que las mesas uno y dos tienen un porcentaje de tiempo inactivo bajo, entre 2,13 % y 2,87% como se observa en la tabla 8, lo que representa aproximadamente entre 11 y 16 minutos del tiempo total, la mesa seis arroja un 11% de inactividad lo que es aproximadamente 59 minutos, sin embargo, las mesas tres, cuatro y cinco reflejan un tiempo de inactividad muy alto, entre el 63,92% y 78,73% lo que puede sugerir una modificación en la distribución de las actividades debido a que muy posiblemente existen cuellos

de botellas generados en el sistema de producción; adicionalmente se observa que estas últimas tres mesas representan un porcentaje bajo de espera por un operador entre 5,06% y 11,33%.

En la mesa uno se observa un porcentaje alto de espera del operador de un 56,86% lo que se explica a través de la restricción que tienen las actividades dos a cinco, las cuales necesitan obligatoriamente el trabajo de dos operadores por esta razón aumenta este porcentaje, sin embargo se podría evaluar el comportamiento del sistema con tres o más operarios.

En cuanto a los operarios se observa un porcentaje de transporte vacío, es decir sin llevar el producto en proceso, de 2,67% para cada uno, valores muy bajos, lo que refleja una conveniente distribución en planta, ya que los recorridos disminuyen y el tiempo que los operadores deben desplazarse sin producto es mínimo, por lo tanto, al realizar el análisis de escenarios no se contemplará una modificación en la distribución en planta propuesta.

Como resultado final se presenta un total de 32 productos terminados y 4 en proceso, en una jornada de nueve horas, lo que representa un aumento del 8,75% con respecto al método actual, dicho valor no cumple con las expectativas proyectadas, por lo tanto, se lleva a cabo un análisis de escenarios con el fin de incrementar este porcentaje.

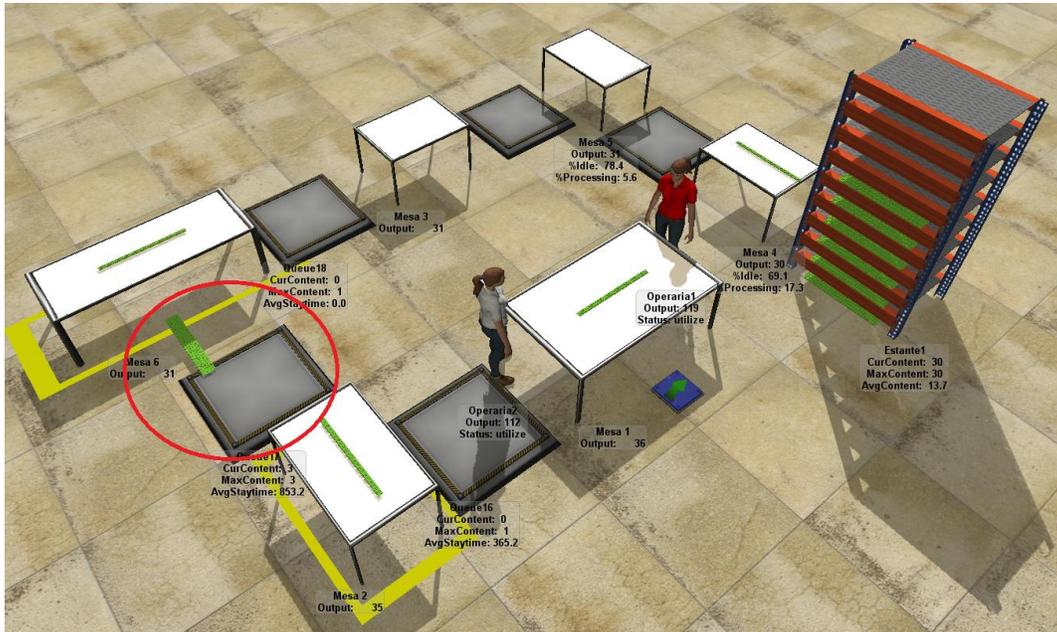
### **3.5. Análisis de escenarios**

De acuerdo con el análisis de los resultados obtenidos en la simulación del método propuesto, se realiza una evaluación de escenarios, a través de la cual se pretende aumentar la cantidad de productos terminados en cada jornada de trabajo, y así ampliar el porcentaje de mejora con respecto al método actual. Anexo D.

En cada simulación se debe tener en cuenta que el elemento “Source” está programado para dar salida a los lotes que sean necesarios para la simulación de 9 horas de trabajo, cada lote con 15 unidades, ya que el método propuesto funciona si y solo si, los lotes son iguales o superiores a 15 unidades debido a la actividad de secado del pegante, de lo contrario el tiempo de producción aumentaría considerablemente. Con el objetivo de identificar las falencias del método propuesto se implementa el elemento “Queue” en cada mesa de trabajo, esto permite la visualización de los cuellos de botella, ya que almacena el producto en proceso que está en espera para ser intervenido

por el siguiente proceso, al iniciar la simulación del método propuesto se puede observar un cuello de botella en la mesa 6 como se muestra en la figura 49.

Figura 49. Cuello de botella en mesa 6

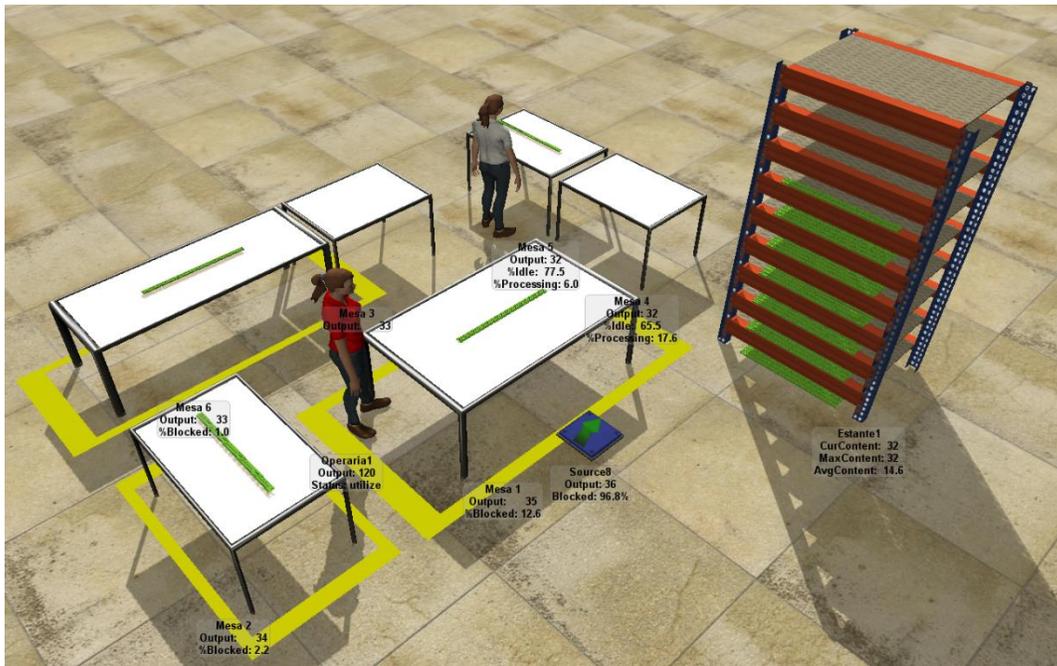


Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Para disminuir este cuello de botella se propone realizar una modificación en la mesa 3, a la cual se trasladará la actividad 21 del diagrama de proceso del método propuesto “Templar/ Tapizar” con la finalidad de disminuir la cantidad de actividades que se realizan en la mesa 6.

En la figura 50 se observa la simulación mencionada anteriormente, que será nombrará escenario 1, en la cual se fabrican 32 unidades/día, cantidad que es inferior en una unidad con respecto al método propuesto que produce 33 unidades/día, sin embargo se analiza el reporte generado por el software (Tablas 10 y 11) a través del cual se puede notar el aumento en el tiempo inactivo de las mesas 1, 2, 4 y 6, además el tiempo de espera por operador se ve afectado negativamente y en gran medida en todas las mesas de trabajo, motivos que son suficientes para descartar este escenario y no evaluarlo con un tercer operario.

Figura 50. Escenario 1



Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Tabla 10. Reporte escenario 1 parte uno

Object	Class	idle	processing	busy	blocked	generating	empty	collecting	releasing	waiting for operator
Mesa 1	MultiProcessor	3.18%	28.03%	0.00%	12.60%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	53.18%
Mesa 2	MultiProcessor	5.36%	50.76%	0.00%	2.18%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	39.43%
Mesa 6	MultiProcessor	25.38%	20.24%	0.00%	0.98%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	39.58%
Mesa 3	MultiProcessor	48.75%	23.44%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	21.87%
Mesa 5	Processor	65.30%	17.73%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	10.25%
Mesa 4	Processor	77.45%	6.03%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	6.63%
Source8	Source	0.00%	0.00%	0.00%	96.81%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria2	Operator	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria1	Operator	0.98%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Dispatcher14	Dispatcher									
Estante1	Rack									

Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

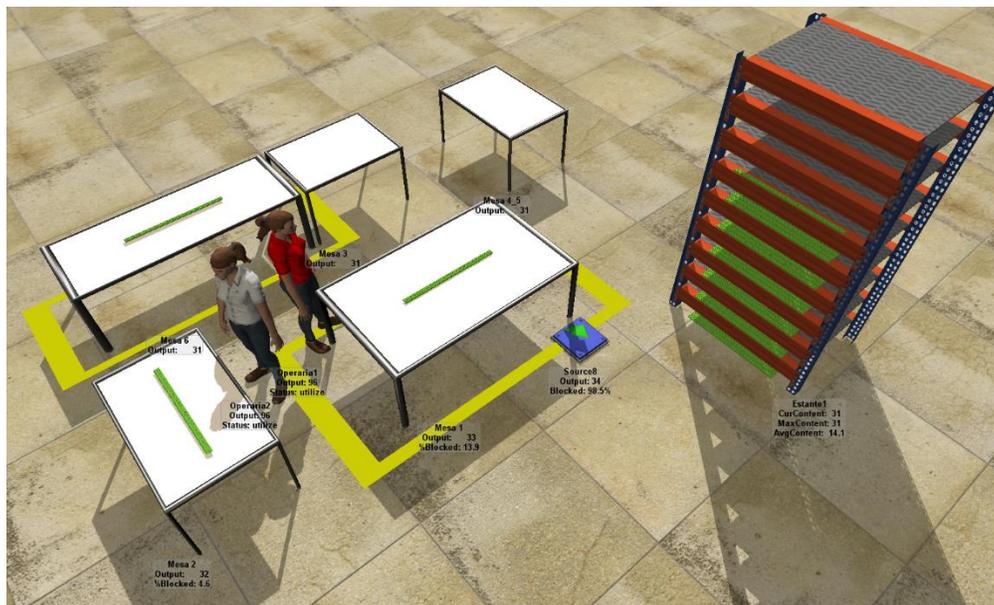
Tabla 11. Reporte escenario 1 parte dos

Object	Class	waiting for transporter	travel empty	travel loaded	offset travel empty	offset travel loaded	utilize
Mesa 1	MultiProcessor	3.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 2	MultiProcessor	2.26%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 6	MultiProcessor	13.82%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 3	MultiProcessor	5.94%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 4	Processor	6.72%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 5	Processor	9.88%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Source8	Source	3.19%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria2	Operator	0.00%	3.10%	0.40%	0.06%	0.01%	96.44%
Operaria1	Operator	0.00%	3.00%	0.47%	0.04%	0.01%	95.50%
Dispatcher14	Dispatcher						
Estante1	Rack						

Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Continuando en la búsqueda de una mejor opción se desarrolló el escenario 2, que consiste en combinar las mesas 4 y 5, fundamentándose en el porcentaje de tiempo inactivo presentado en la simulación inicial que está entre el 63,92% y 78,73%, en la figura 51 se puede evidenciar el resultado final con 31 unidades/día, el cual es dos unidades menores que el método propuesto inicial, no obstante, se genera el reporte y se evalúan diferentes ítems en busca de encontrar más información.

Figura 51. Escenario 2



Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

En las tablas 12 y 13 se muestra el reporte de dicha simulación, en la que se puede observar un incremento del porcentaje de inactividad en las mesas 3 y 6 aproximadamente del 4%, de la misma manera con los dos operarios el cual es del 2%.

A pesar de la unificación que se realizó con las actividades de las mesas 4 y 5 se presenta un aumento en el porcentaje de tiempo de espera por operador, y además disminuye el porcentaje de tiempo de procesamiento como se puede notar en las tablas 12 y 13 mostradas a continuación.

Tabla 12. Reporte escenario 2 parte uno

Object	Class	idle	processing	busy	blocked	generating	empty	collecting	releasing	waiting for operator
Mesa 1	MultiProcessor	1.55%	27.45%	0.00%	13.74%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	56.89%
Mesa 2	MultiProcessor	2.32%	50.86%	0.00%	4.33%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	42.25%
Mesa 6	MultiProcessor	14.02%	30.60%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	50.47%
Mesa 3	MultiProcessor	79.03%	11.20%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	5.60%
Source8	Source	0.00%	0.00%	0.00%	98.42%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria2	Operator	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria1	Operator	3.75%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Dispatcher14	Dispatcher									
Estante1	Rack									
Mesa 4_5	MultiProcessor	58.61%	22.98%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	10.97%

Fuente: Pérez &amp; Vanegas (2018)

Tabla 13. Reporte escenario 2 parte dos

Object	Class	waiting for transporter	travel empty	travel loaded	offset travel empty	offset travel loaded	utilize
Mesa 1	MultiProcessor	0.36%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 2	MultiProcessor	0.24%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 6	MultiProcessor	4.91%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 3	MultiProcessor	4.17%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Source8	Source	1.58%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria2	Operator	0.00%	2.73%	0.40%	0.06%	0.00%	96.80%
Operaria1	Operator	0.00%	2.27%	0.39%	0.05%	0.00%	93.55%
Dispatcher14	Dispatcher						
Estante1	Rack						
Mesa 4_5	MultiProcessor	7.44%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

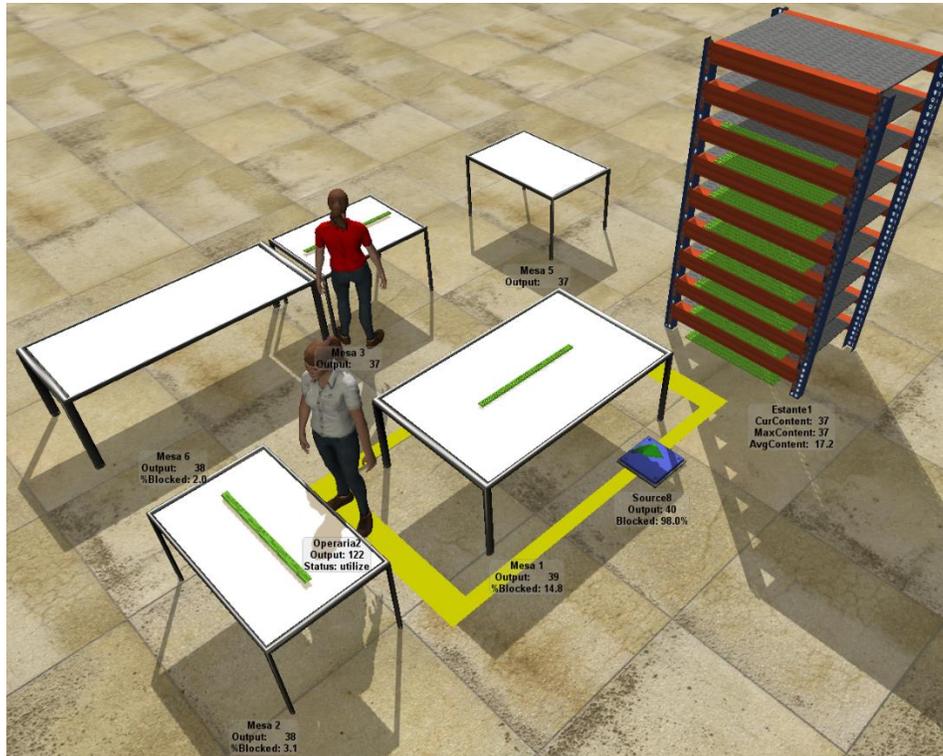
Fuente: Pérez &amp; Vanegas (2018)

Basándose en lo anterior se toma la decisión de no evaluar más el escenario 2 e indagar otras posibles mejoras en las que los porcentajes aumenten o disminuyan positivamente y el total de productos fabricados por día se incremente notablemente.

Como escenario 3 se propone combinar el escenario 1 y 2, es decir trasladar la actividad 21 a la mesa 3 y unificar las actividades de la mesa 4 y 5 en una sola, en la figura 52 se observa el resultado

de simular este escenario arrojando un total de 37 productos/día, valor que se incrementa con respecto a la propuesta inicial en 4 unidades.

Figura 52. Escenario 3



Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

A pesar de que se presenta un aumento en la cantidad de productos terminados por cada jornada, este valor no es significativo, por lo tanto, se procede a generar el reporte de la simulación, con el objetivo de identificar las causas que generan una producción baja, dicho reporte se puede observar en las tablas 14 y 15.

Tabla 14. Reporte escenario 3 parte uno

Object	Class	idle	processing	busy	blocked	generating	empty	collecting	releasing	waiting for operator
Mesa 1	MultiProcessor	1.94%	32.27%	0.00%	18.51%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	46.72%
Mesa 2	MultiProcessor	2.08%	59.26%	0.00%	1.27%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	36.70%
Mesa 6	MultiProcessor	29.04%	23.29%	0.00%	1.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	36.81%
Mesa 3	MultiProcessor	56.76%	26.60%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	12.81%
Source8	Source	0.00%	0.00%	0.00%	98.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria2	Operator	0.65%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria1	Operator	1.75%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Dispatcher14	Dispatcher									
Estante1	Rack									
Mesa 5	MultiProcessor	63.99%	26.80%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Fuente: Pérez &amp; Vanegas (2018)

Tabla 15. Reporte escenario 3 parte dos

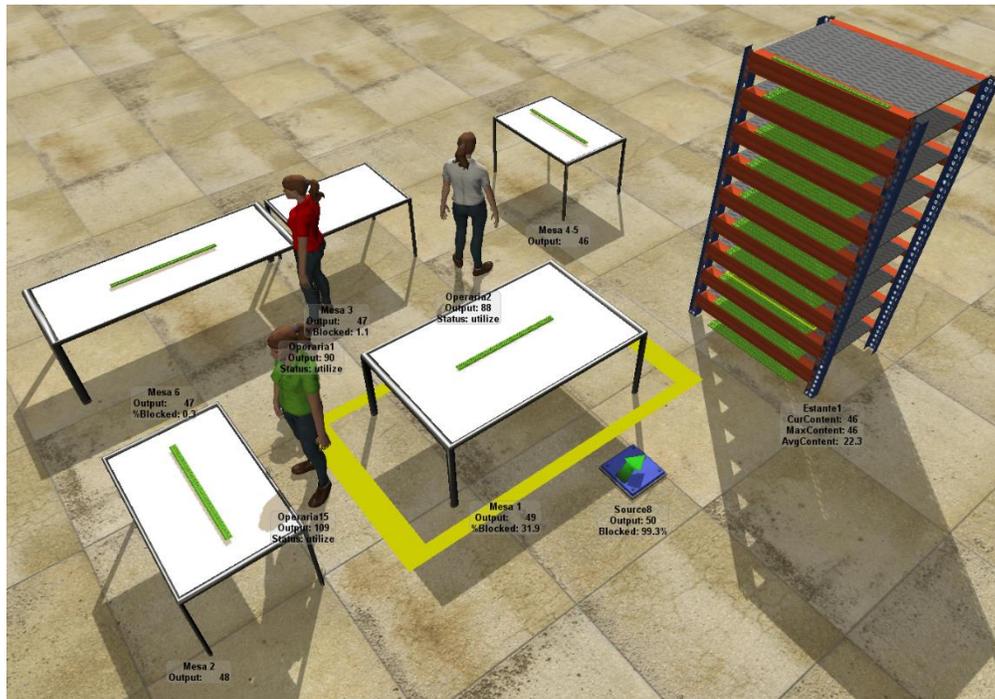
Object	Class	waiting for transporter	travel empty	travel loaded	offset travel empty	offset travel loaded	utilize
Mesa 1	MultiProcessor	0.57%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 2	MultiProcessor	0.69%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 6	MultiProcessor	9.84%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 3	MultiProcessor	3.82%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Source8	Source	1.87%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria2	Operator	0.00%	3.28%	0.43%	0.07%	0.00%	95.58%
Operaria1	Operator	0.00%	3.48%	0.67%	0.07%	0.00%	94.03%
Dispatcher14	Dispatcher						
Estante1	Rack						
Mesa 5	MultiProcessor	9.20%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Fuente: Pérez &amp; Vanegas (2018)

Se evidencia un 46,72% de espera del operador en la mesa 1, valor que se acerca a la mitad del tiempo total, además ninguna de las mesas supera un 35% de tiempo de procesamiento, únicamente la mesa 2, todo esto hace que se evalué la posibilidad de trabajar con un tercer operario, dando paso así al escenario 4.

En la figura 53 se presenta la simulación del escenario 4 en cual se puede identificar un aumento en la cantidad de los productos terminados por día, a un total de 46 unidades/día el cual es bastante alto en comparación a los demás, sin embargo, al observar el reporte mostrado en las tablas 16 y 17 se identifica un 25% de tiempo ocioso en el nuevo operador, valor que representa una cuarta parte del tiempo total, aproximadamente dos horas y 15 minutos.

Figura 53. Escenario 4



Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Además, en cuanto a las mesas 6 y 3 se evidencia un alto porcentaje de tiempo ocioso, entre el 43% y 58% lo que sugiere que se evalué un nuevo escenario asignando de mejor manera las actividades a realizar en cada una.

Tabla 16. Reporte escenario 4 parte uno

Object	Class	idle	processing	busy	blocked	generating	empty	collecting	releasing	waiting for operator
Mesa 1	MultiProcessor	0.70%	41.71%	0.00%	29.93%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	27.46%
Mesa 2	MultiProcessor	2.62%	74.98%	0.00%	0.14%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	21.94%
Mesa 6	MultiProcessor	42.98%	29.22%	0.00%	0.12%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	24.42%
Mesa 3	MultiProcessor	57.28%	32.19%	0.00%	1.77%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	6.07%
Source8	Source	0.00%	0.00%	0.00%	99.30%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria2	Operator	2.55%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria1	Operator	5.74%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Dispatcher14	Dispatcher									
Estante1	Rack									
Mesa 4-5	MultiProcessor	48.03%	34.25%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	12.55%
Operaria15	Operator	24.97%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Tabla 17. Reporte escenario 4 parte dos

Object	Class	waiting for transporter	travel empty	travel loaded	offset travel empty	offset travel loaded	utilize
Mesa 1	MultiProcessor	0.22%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 2	MultiProcessor	0.31%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 6	MultiProcessor	3.26%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 3	MultiProcessor	2.69%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Source8	Source	0.70%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria2	Operator	0.00%	2.48%	0.41%	0.07%	0.00%	94.49%
Operaria1	Operator	0.00%	2.76%	0.45%	0.06%	0.00%	90.98%
Dispatcher14	Dispatcher						
Estante1	Rack						
Mesa 4-5	MultiProcessor	5.17%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria15	Operator	0.00%	2.40%	0.42%	0.09%	0.00%	72.12%

Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

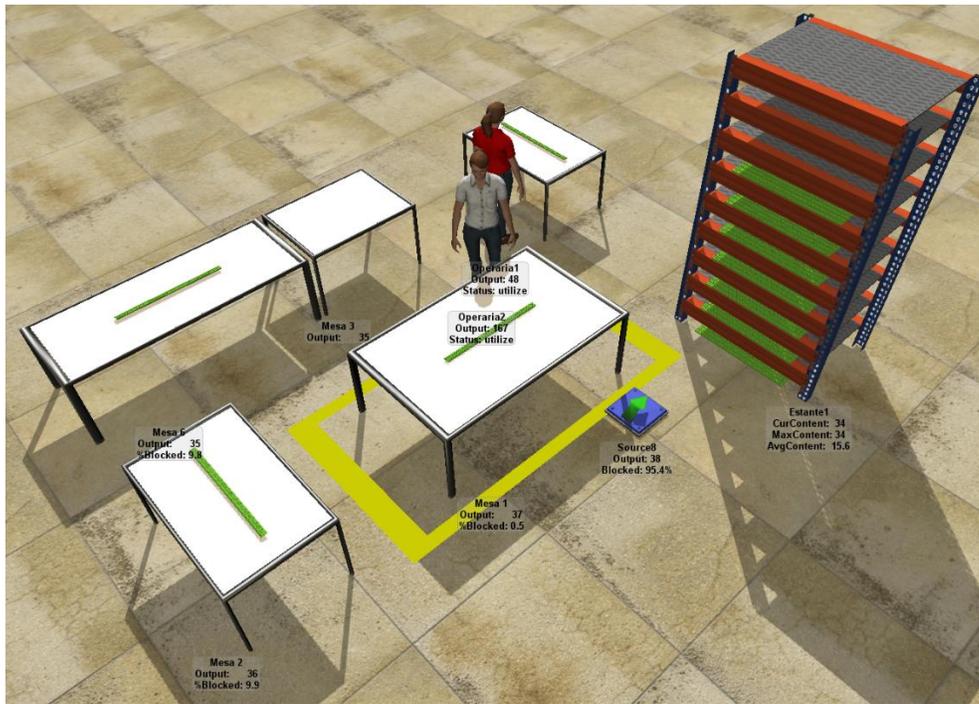
Para dar paso a esta nueva opción, es decir al escenario 5, se inicia analizando la última actividad del proceso y basándose en el porcentaje de procesamiento de cada mesa, se empiezan a asignar las actividades equilibrando el porcentaje de procesamiento de cada una, reduciendo la espera por operador y manteniendo los tiempos ociosos bajos.

Por tanto, las actividades se reasignaron de la siguiente manera, la actividad 13 “Pegar lado B de ambos materiales”, la cual se realiza en la mesa 2 en el método propuesto (ver figura 45), se trasladó a la mesa 6. Al igual, la actividad 19 “Aplicar pegante en el borde restante de la lona”, 20 “Aplicar pegante en el borde interior del cartón” y 21 “Templar/Tapizar” se trasladaron de la mesa 6 a la mesa 3. Se modificó igualmente las actividades de la mesa 3, trasladando la actividad 25 “Pegar esquinas” a la mesa 5.

Finalmente, se trasladó la actividad 29 “Limpiar pegante sobrante” de la mesa 4 a la mesa 5. Esta mesa 4 se liberó del proceso debido a los análisis que permitieron llegar a este escenario 5, ya que permanecía con un alto porcentaje del tiempo diario de manera inactiva.

Utilizando dos operadores e implementando el escenario 5 como se observa en la figura 54, se produce en una jornada de nueve horas 34 unidades, valor que es menor con respecto a la mejora que se había presentado en escenario 3, por este motivo se genera y analiza el reporte con el fin de encontrar las causas de dicha disminución.

Figura 54. Escenario 5



Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

En las tablas 18 y 19 se observa el reporte generado por el software, a través del cual se pueden evidenciar altos porcentajes de espera por operador, entre un 40% y 63%, lo cuales se comparan con los arrojados por el escenario 3 y se identifica un aumento considerable, adicionalmente se reconoce un porcentaje de tiempo ocioso por operador entre el 0% y el 0,11%.

Tabla 18. Reporte escenario 5 parte uno

Object	Class	idle	processing	busy	blocked	generating	empty	collecting	releasing	waiting for operator
Mesa 1	MultiProcessor	4.07%	29.61%	0.00%	0.33%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	62.39%
Mesa 2	MultiProcessor	10.00%	30.60%	0.00%	9.73%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	39.17%
Mesa 6	MultiProcessor	14.21%	15.53%	0.00%	10.64%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	43.84%
Mesa 3	MultiProcessor	22.50%	23.97%	0.00%	0.07%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	39.40%
Source8	Source	0.00%	0.00%	0.00%	95.80%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria2	Operator	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria1	Operator	0.11%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Dispatcher14	Dispatcher									
Estante1	Rack									
Mesa Combi 5	MultiProcessor	42.53%	34.61%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	14.75%

Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Tabla 19. Reporte escenario 5 parte dos

Object	Class	waiting for transporter	travel empty	travel loaded	offset travel empty	offset travel loaded	utilize
Mesa 1	MultiProcessor	3.59%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 2	MultiProcessor	10.50%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 6	MultiProcessor	15.77%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 3	MultiProcessor	14.07%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Source8	Source	4.20%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria2	Operator	0.00%	3.79%	0.63%	0.07%	0.01%	95.50%
Operaria1	Operator	0.00%	3.15%	0.21%	0.02%	0.01%	96.51%
Dispatcher14	Dispatcher						
Estante1	Rack						
Mesa Combi 5	MultiProcessor	8.11%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

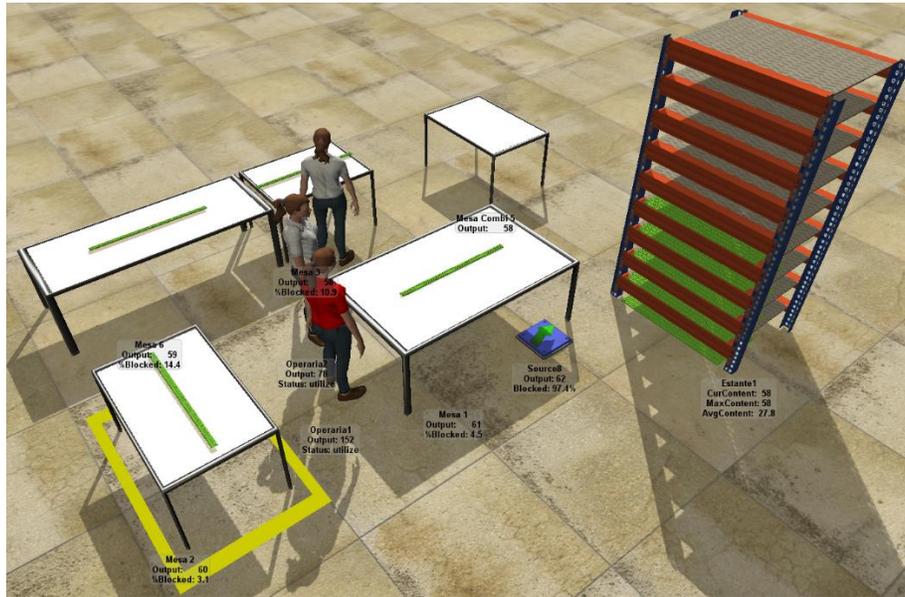
Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

La información anterior es analizada y se concluye que, para mejorar los porcentajes arrojados, y de acuerdo con el tiempo ocioso de los operadores, la mejor opción es agregar un tercer operario al sistema, y es así como se crea el escenario 6, que no es más que mantener el escenario 5 pero aumentar un operario.

Se realiza la simulación del escenario 6 como se muestra en la figura 55 la cual arroja un total de 58 productos/día, cifra que aumenta notablemente si se compara con el otro escenario en el que se emplean 3 operarios (Escenario 4) el cual produce solamente 46 productos/día.

Con el fin de evaluar los datos arrojados por el escenario 6 se genera el reporte del software, que arroja como resultado un incremento en el porcentaje de procesamiento aproximadamente de un 11% a 16% en cada mesa, asimismo disminuye el porcentaje de tiempo de espera por operador entre un 7% y 25%, en cuanto a los tiempo de espera por transporte se reducen a un 5% como máximo en cada máquina, los cuales anteriormente en el escenario 5 eran de 16% y como última cifra se presenta el porcentaje de ocio o tiempo ocioso el cual para cada operador 1, 2 y 3 es 6,46%, 0,11%, 0% y 8,53% respectivamente, valores que son muy bajos que como máximo representan 5 minutos para el operador 1 y 46 minutos para el operador 3 1, debido a que el operador 2 no presenta tiempo ocioso. Ver tablas 20 y 21.

Figura 55. Escenario 6



Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Tabla 20. Reporte escenario 6 parte uno

Object	Class	idle	processing	busy	blocked	generating	empty	collecting	releasing	waiting for operator
Mesa 1	MultiProcessor	2.66%	47.99%	0.00%	8.60%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	38.68%
Mesa 2	MultiProcessor	15.31%	47.95%	0.00%	3.99%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	28.54%
Mesa 6	MultiProcessor	24.28%	26.43%	0.00%	14.07%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	31.01%
Mesa 3	MultiProcessor	11.01%	38.98%	0.00%	12.85%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	32.38%
Source8	Source	0.00%	0.00%	0.00%	97.30%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria2	Operator	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria1	Operator	6.46%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Dispatcher14	Dispatcher									
Estante1	Rack									
Operaria21	Operator	8.53%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa Combi 5	MultiProcessor	12.23%	52.73%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	28.31%

Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Tabla 21. Reporte escenario 6 parte dos

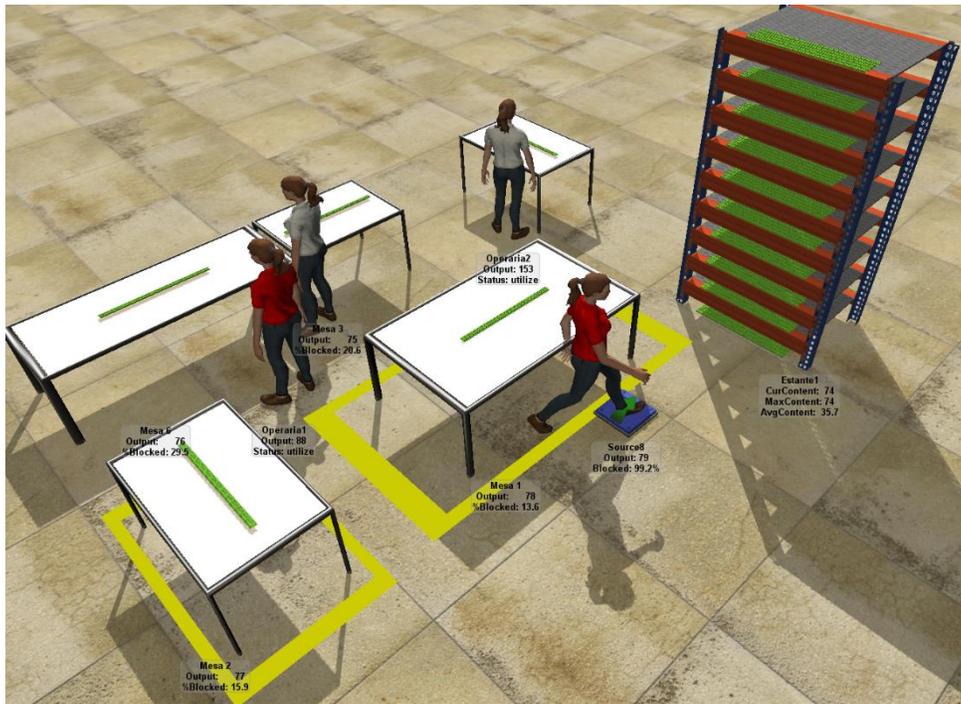
Object	Class	waiting for transporter	travel empty	travel loaded	offset travel empty	offset travel loaded	utilize
Mesa 1	MultiProcessor	2.08%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 2	MultiProcessor	4.20%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 6	MultiProcessor	4.21%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 3	MultiProcessor	4.77%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Source8	Source	2.70%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria2	Operator	0.00%	3.44%	0.37%	0.02%	0.01%	96.16%
Operaria1	Operator	0.00%	3.89%	0.61%	0.07%	0.01%	88.96%
Dispatcher14	Dispatcher						
Estante1	Rack						
Operaria21	Operator	0.00%	3.30%	0.41%	0.06%	0.01%	87.70%
Mesa Combi 5	MultiProcessor	6.73%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Fuente: Pérez &amp; Vanegas (2018)

Al implementar el método propuesto en el escenario 6 se producirían 1392 unidades/mes, lo que se traduce en un aumento del cumplimiento de la demanda de un 43,25% cifra realmente significativa.

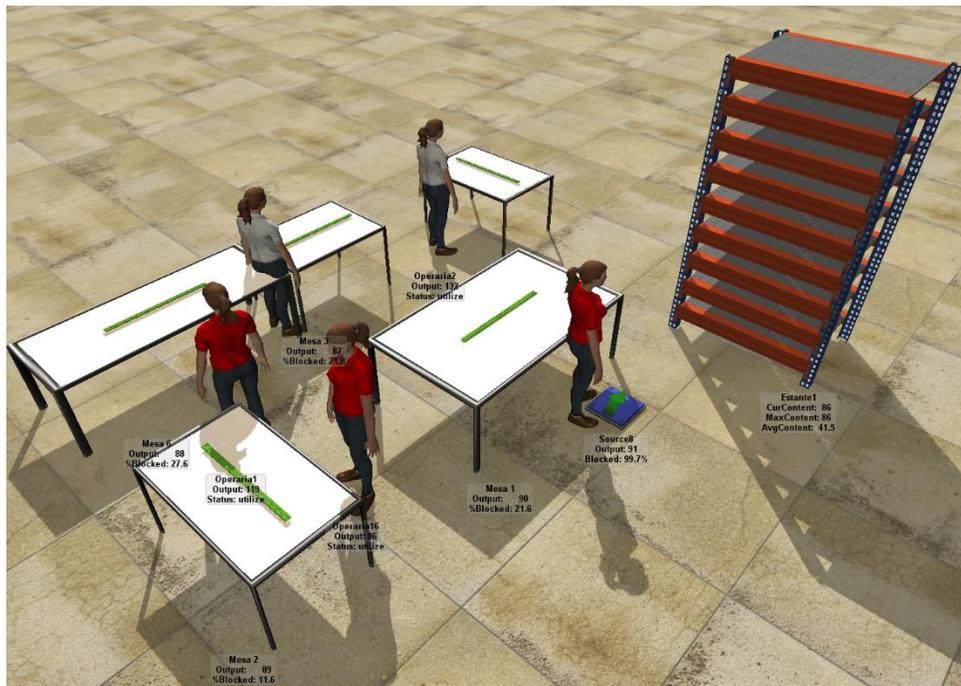
No obstante, se evalúan dos escenarios adicionales (Escenario 7 y 8), a los que se les agrego un cuarto y quinto operador respectivamente con el fin de determinar si es necesario aumentar la cantidad de operadores. En las figuras 56 y 57 se puede evidenciar el resultado final de estas simulaciones, las cuales arrojan 74 y 86 unidades cada una.

Figura 56. Escenario 7



Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Figura 57. Escenario 8



Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Se analizan los reportes generados por el software, tablas 22, 23, 24 y 25, en los cuales se puede identificar un alto porcentaje de tiempo ocioso para los operadores 4 y 5; en el escenario 7 se presenta un 12,68% para el operador 3 y un 20,95 para el operador 4, valores que son muy altos y no justifican el aumento de trabajadores.

Tabla 22. Reporte escenario 7 parte uno

Object	Class	idle	processing	busy	blocked	generating	empty	collecting	releasing	waiting for operator
Mesa 1	MultiProcessor	0.77%	65.17%	0.00%	13.85%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	19.92%
Mesa 2	MultiProcessor	10.96%	56.84%	0.00%	16.46%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	14.89%
Mesa 6	MultiProcessor	17.07%	34.74%	0.00%	30.14%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	17.34%
Mesa 3	MultiProcessor	9.79%	50.91%	0.00%	22.46%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	16.30%
Source8	Source	0.00%	0.00%	0.00%	99.22%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria2	Operator	3.71%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria1	Operator	8.10%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Dispatcher14	Dispatcher									
Estante1	Rack									
Operaria21	Operator	12.68%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 5	MultiProcessor	9.92%	68.56%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	20.98%
Operaria16	Operator	20.95%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Fuente: Pérez &amp; Vanegas (2018)

Tabla 23. Reporte escenario 7 parte dos

Object	Class	waiting for transporter	travel empty	travel loaded	offset travel empty	offset travel loaded	utilize
Mesa 1	MultiProcessor	0.30%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 2	MultiProcessor	0.85%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 6	MultiProcessor	0.70%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 3	MultiProcessor	0.54%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Source8	Source	0.78%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria2	Operator	0.00%	3.24%	0.67%	0.08%	0.03%	92.27%
Operaria1	Operator	0.00%	2.56%	0.40%	0.05%	0.00%	88.89%
Dispatcher14	Dispatcher						
Estante1	Rack						
Operaria21	Operator	0.00%	2.53%	0.45%	0.13%	0.00%	84.20%
Mesa 5	MultiProcessor	0.55%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria16	Operator	0.00%	1.93%	0.30%	0.08%	0.00%	76.73%

Fuente: Pérez &amp; Vanegas (2018)

Para el escenario 8, en el cual se utilizan 5 operadores, se obtiene un porcentaje de ocio para el operador 1 de 17,46%, operador 3 de 18,53%, operador 4 de 28,23% y operador 5 de 40,06% lo cual reafirma la decisión de no aumentar la cantidad de trabajadores ya que estos valores son muy altos y se estaría desaprovechando el tiempo en gran cantidad.

Tabla 24. Reporte escenario 8 parte uno

Object	Class	idle	processing	busy	blocked	generating	empty	collecting	releasing	waiting for operator
Mesa 1	MultiProcessor	0.25%	75.62%	0.00%	18.90%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	4.91%
Mesa 2	MultiProcessor	9.35%	61.44%	0.00%	25.40%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.31%
Mesa 6	MultiProcessor	13.04%	39.26%	0.00%	44.77%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.41%
Mesa 3	MultiProcessor	6.22%	62.84%	0.00%	27.88%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.75%
Source8	Source	0.00%	0.00%	0.00%	99.75%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria2	Operator	2.10%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria1	Operator	17.46%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Dispatcher14	Dispatcher									
Estante1	Rack									
Operaria21	Operator	18.52%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 5	MultiProcessor	7.35%	79.40%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	13.16%
Operaria16	Operator	28.23%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria17	Operator	40.06%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Tabla 25. Reporte escenario 8 parte dos

Object	Class	waiting for transporter	travel empty	travel loaded	offset travel empty	offset travel loaded	utilize
Mesa 1	MultiProcessor	0.32%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 2	MultiProcessor	0.50%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 6	MultiProcessor	0.53%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 3	MultiProcessor	0.30%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Source8	Source	0.25%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria2	Operator	0.00%	2.25%	0.79%	0.12%	0.04%	94.70%
Operaria1	Operator	0.00%	1.28%	0.53%	0.08%	0.00%	80.64%
Dispatcher14	Dispatcher						
Estante1	Rack						
Operaria21	Operator	0.00%	1.01%	0.50%	0.12%	0.00%	79.85%
Mesa 5	MultiProcessor	0.10%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria16	Operator	0.00%	0.86%	0.25%	0.05%	0.00%	70.60%
Operaria17	Operator	0.00%	0.45%	0.12%	0.02%	0.00%	59.36%

Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Finalmente, después de analizar los posibles escenarios y basándose en cifras, valores e información arroja en los reportes se toma la decisión, que la mejor opción es el escenario 6, el cual comprende una reasignación de actividades por cada mesa, la liberación de una mesa de trabajo y la inclusión de un nuevo trabajador, todo es para obtener un aumento del 43,25% en el cumplimiento de la demanda actual, es decir una producción de 58 unidades/día y 1392 unidades/mes.

Todas estas simulaciones se pueden observar en el anexo D de este documento, al igual un video ejecutando el mejor escenario escogido en el Anexo E.

### 3.6. Reporte de las modificaciones

Debido a que se encontraron diferentes modificaciones en el método propuesto inicialmente, se deben actualizar diversos documentos e información, como por ejemplo el diagrama de flujo de proceso presentado en la figura 46, en cual se puede observar la asignación de actividades para cada mesa de trabajo.

Al implementar el escenario 6, descrito en el numeral anterior, se reduce a 30 la cantidad de actividades, así mismo se libera una mesa de trabajo lo que hace que se elimine un traslado, y esto da como resultado un tiempo total de fabricación para cada esquinero de 1142,8(s).

En la figura 58 se muestra el diagrama de flujo de proceso para el mejor escenario encontrado, en cual se evidencian todas las actividades a realizar, la asignación de estas a cada mesa, el tiempo tipo de cada una y el tiempo total; cabe aclarar que estos tiempos son válidos únicamente si se trabajan lotes de 15 unidades, ya que por restricción del método en su actividad de secado del pegante no funcionaría para lotes inferiores a 15 unidades, ya que se genera un tiempo de espera.

Las actividades se reasignaron de la siguiente manera, la actividad “14. Pegar lado B de ambos materiales”, la cual se realiza en la mesa 2 en el método propuesto, se trasladó a la mesa 6. Al igual, la actividad “20. Aplicar pegante en el borde restante de la lona”, “21. Aplicar pegante en el borde interior del cartón” y “22. Templar/Tapizar” se trasladaron de la mesa 6 a la mesa 3. Se modificó igualmente las actividades de la mesa 3, trasladando la actividad “26. Pegar esquinas” a la mesa 5.

Finalmente, se trasladó la actividad “28. Limpiar pegante sobrante” de la mesa 4 a la mesa 5. Esta mesa 4 se liberó del proceso debido a los análisis que permitieron llegar a este escenario escogido, ya que permanecía con un alto porcentaje del tiempo diario de manera inactiva (figura 58).

Figura 58. Diagrama de flujo del proceso – escenario escogido

	<b>MISIONAL</b>		Fecha ult. revisión	25/07/2018
	<b>PRODUCTIVO</b>		Versión	3.0
	<b>DOCUMENTACIÓN DEL PROCESO</b>			
	<b>DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PROTECTORES PARA ESQUINA</b>		<b>CÓDIGO</b>	<b>MI-PR-DP-DG-001</b>

	RESUMEN	#	Tiempo
○	Operaciones	23	1046.7
⇒	Transporte	5	18.2
□	Controles	1	49.3
⊐	Esperas	0	0.0
▽	Almacenamiento	1	28.7
	<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>1142.8</b>

No. 1

Empieza: Verif. Dimensional

Termina: Almacenamiento

Elaborado por: Autores

Fecha: 25 de julio del 2018

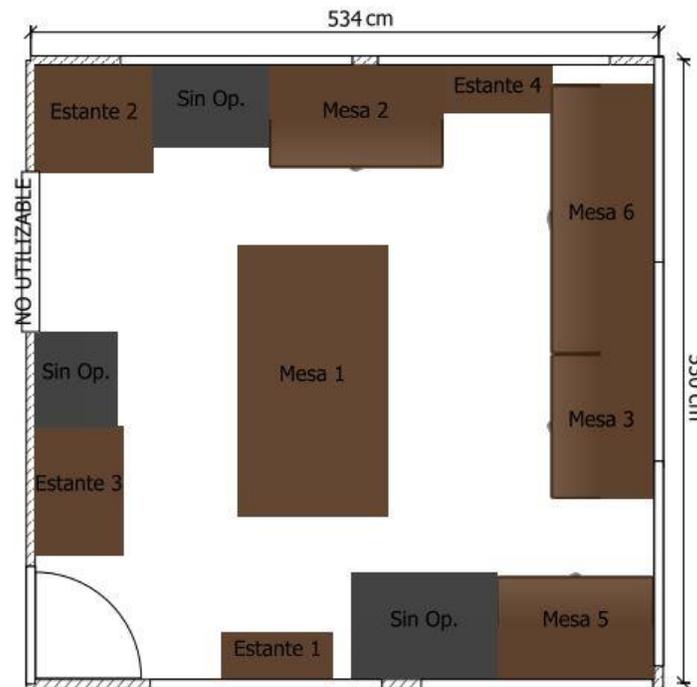
	Descripción Actividades	Op. ○	Trp. ⇒	Ctr. □	Esp. ⊐	Alm. ▽	Tiempo (s)
1	Verificación dimensional y de calidad						49.25
2	Medir yumbolon						30.37
3	Cortar yumbolon						58.41
4	Medir lona						35.42
5	Cortar lona						71.35
6	Trazar línea horizontal en la lona						26.76
7	Traslado de la mesa 1 a la mesa 2						3.63
8	Aplicar pegante a lado A del yumbolon						42.22
9	Aplicar pegante a lado A del cartón						31.22
10	Pegar lado A de ambos materiales						41.22
11	Aplicar pegante a lado B del yumbolon						28.49
12	Aplicar pegante a lado B del cartón						28.40
13	Traslado de la mesa 2 a la mesa 6						3.63
14	Pegar lado B de ambos materiales						45.65
15	Recortar sobrante de yumbolon						8.34
16	Aplicar pegante a la lona dentro de la línea trazada						34.66
17	Aplicar pegante a un lado en el interior del cartón						26.26
18	Pegar ambas partes						73.98
19	Traslado de la mesa 6 a la mesa 3						3.63
20	Aplicar pegante en el borde restante de la lona						30.26
21	Aplicar pegante en el borde interior restante del cartón						31.53
22	Templar/Tapizar						82.29
23	Cortar sobrante de lona en las esquinas de la pieza resultante						36.83
24	Aplicar pegante a las esquinas de la lona de la pieza resultante						19.72
25	Traslado de la mesa 3 a la mesa 5						3.63
26	Pegar esquinas						53.30
27	Colocar grapas metálicas						58.02
28	Limpiar pegante sobrante del producto y verificar calidad del producto						151.99
29	Traslado de la mesa 4 al estante 1						3.63
30	Almacenar el producto final						28.67
	<b>TOTAL</b>						<b>1142.8</b>

CÓDIGO		VERSIÓN		FECHA	
MI-PR-DP-DG-001		3.0		25/07/2018	
Elaboró:		Revisó:		Aprobó:	
Cargo:		Cargo:		Cargo:	
Firma:		Firma:		Firma:	

Fuente: Pérez &amp; Vanegas (2018)

Como segunda actualización se muestra la distribución en planta, la cual se modifica ligeramente, ya que en el escenario escogido se libera la mesa 4, por lo tanto, ya no haría parte del proceso de producción de protectores para esquineros y se identificaría como espacio sin operación, ya que así no se utilice en el proceso debe ser tomada en cuenta para acomodación física en planta. En la figura 59 se observa lo mencionado anteriormente, visualizando el nuevo espacio sin operación.

Figura 59. Distribución - escenario escogido



Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

En cuanto a la propuesta de comprar los cuatro estantes organizadores de producto en proceso que se habían sugerido en la propuesta inicial, no se presenta ninguna modificación, se siguen solicitando para poder implementar el escenario escogido.

### 3.7. Informe técnico del cálculo de la mejora

Para poder analizar la mejora que se produce al implementar la propuesta sugerida en este proyecto de grado (Escenario 6), se toma como base la cantidad de productos terminados fabricados

empleando el método actual de producción actual, que aproximadamente es de 700 unidades/mes (dicha información es suministrada por la empresa).

También se tiene presente la demanda actual, 1600 unidades según información calculada por la empresa, teniendo estos dos valores se puede calcular el porcentaje de cumplimiento de la demanda actual a través de una sencilla regla de tres.

Es decir, si el 100% de la demanda es de 1600 unidades, a qué porcentaje equivalen las 700 unidades que se fabrican actualmente, en la ecuación 1 se muestra dicho cálculo, el cual da como resultado que el cumplimiento actual de la demanda es de un 43,75%.

$$x = \frac{100\% * 700 u}{1600 u} \quad (1)$$

Al implementar la propuesta con modificaciones, es decir el escenario 6, se obtiene una producción de 58 unidades/día, lo que se traduce en una producción de 1392 unidades/mes; se realiza la misma regla de tres mencionada anteriormente cambiando el valor total de producto fabricado por mes como se muestra en la ecuación 2.

$$x = \frac{100\% * 1392 u}{1600 u} \quad (2)$$

Esto da como resultado que al implementar el nuevo método se cumpliría con un 87% de la demanda actual, lo que quiere decir que se incrementa en un 43,25% con respecto al cumplimiento actual, este resultado es muy favorable, ya que por poco se duplica la producción actual, además se supera su la proyección de mejora del 8% trazada inicialmente.

Finalmente, para traducir estos valores a pesos, se toma en cuenta la utilidad (suministrada por la empresa) y se multiplica por el valor de unidades a fabricar, a través de la cual se busca hallar la diferencia a favor, en la tabla 26 se observa el cálculo realizado, que arroja como resultado una diferencia a favor de \$4.126.178 por mes.

Tabla 26. Cálculo realizado para la implementación de la propuesta

Método	Unidades	Utilidad por unidad	Utilidad total	Diferencia a favor
Actual	700	\$ 3.119	\$ 2.183.405	\$4.126.178
Mejor escenario	1392	\$ 4.533	\$ 6.309.584	

Fuente: Pérez &amp; Vanegas (2018)

### 3.8. Presupuesto de implementación de las mejoras

Como todo proyecto lleva consigo una inversión, es necesario realizar el presupuesto de implementación de las mejoras, a través del cual se puede calcular el PRI o Periodo de Retorno de la Inversión por sus siglas.

Teniendo en cuenta las exigencias del escenario 6 o mejor escenario, las cuales incluyen la contratación de un nuevo trabajador, la compra de estantes organizadores, capacitación de los operadores en el nuevo método entre otras, se realiza el presupuesto mostrado en la tabla 27, que arroja una inversión total de 3'267.000 COP, dicho presupuesto se detalla en los siguientes párrafos.

Tabla 27. Presupuesto de la implementación

#### PRESUPUESTO CONSOLIDADO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO PROPUESTO

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Total	Observaciones
1 Salario y afiliación de nuevo operador	-	1	\$ 1.656.711,00	\$ 1.656.711,00	
2 Mano de obra supervisor para dirigir implementación nueva distribución	Horas	5	\$ 6.250,00	\$ 31.250,00	
3 Capacitación en el nuevo método por parte del supervisor	Horas	2	\$ 6.250,00	\$ 12.500,00	
4 Mano de obra operadores para implementar nueva distribución	Horas	15	\$ 4.166,67	\$ 62.500,00	Es el total para los tres operadores
5 Capacitación para operadores en el nuevo método de trabajo	Horas	6	\$ 4.166,67	\$ 25.000,00	Es el total para los tres operadores
6 Compra de estantes organizadores	Unidad	4,00	\$ 370.000,00	\$ 1.480.000,00	
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 3.267.961,00</b>	

Fuente: Pérez &amp; Vanegas (2018)

Respecto a la contratación del nuevo operador o primer ítem en el presupuesto presentado anteriormente, se toman en cuenta los siguientes valores como se muestra en la tabla 28, entre los

que están la afiliación a salud y ARL, cesantías e intereses, auxilio de transporte entre otros que se ven reflejados en su totalidad por un valor de 1'656.711 COP.

Tabla 28. Presupuesto contratación nuevo empleado

### CONTRATACIÓN NUEVO EMPLEADO

Salario: \$ 1.000.000,00	
<b>Salario + afiliaciones:</b>	<b>\$ 1.656.711,00</b>

Ítem	%	Valor
Aux TTE	-	\$ 88.211,00
Salud	8,50%	\$ 85.000,00
Pensión	12,00%	\$ 120.000,00
ARL	0,52%	\$ 5.200,00
Parafiscales	9,00%	\$ 90.000,00
Prima	8,33%	\$ 83.300,00
Cesantías	8,33%	\$ 83.300,00
Intereses	1,00%	\$ 10.000,00
Vacaciones	4,17%	\$ 41.700,00
Dotación	5,00%	\$ 50.000,00
<b>Total</b>	<b>65,67%</b>	<b>\$ 656.711,00</b>

Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

También se debe contemplar la mano de obra requerida para realizar las modificaciones y traslados en planta, es decir reubicar las mesas de acuerdo con la distribución en planta propuesta y ensamblar los estantes comprados en las mesas, estos valores se calculan tomando el valor de horas requeridas y el costo de la hora de acuerdo al salario del trabajador, ya sea operador o supervisor.

Para realizar estas actividades se requieren cinco horas de trabajo por cada operador, los cuales serán dirigidos por el supervisor, del que también se requieren cinco horas.

Del mismo modo se debe tener en cuenta el tiempo que se empleará para capacitar a los trabajadores en el nuevo método de producción, el cual se estimó en 2 horas y se determinó que el supervisor será el encargado de esta.

En la figura 60 se evidencia como se realizaron los cálculos de estos valores, tomando como base un salario para el operador de 1'000.000 COP y para el supervisor de 1'500.000 COP.

Figura 60. Presupuesto mano de obra requerida

**MANO DE OBRA REQUERIDA**

Salario operador	Valor día	Valor hora
\$ 1.000.000	\$ 33.333	\$ 4.167

Actividad	No. horas requeridas	Valor
Implementación nueva distribución	5	\$ 20.833
Recibir capacitación nuevo método	2	\$ 8.333
<b>Subtotal</b>	<b>7</b>	<b>\$29.167</b>

Para tres operadores	No. horas requeridas	Valor
	<b>21</b>	<b>\$ 87.500</b>

Salario supervisor	Valor día	Valor hora
\$ 1.500.000	\$ 50.000	\$ 6.250

Actividad	No. horas requeridas	Valor
Dirigir implementación nueva distribución	5	\$ 31.250
Capacitar a los operadores	2	\$ 12.500
<b>Subtotal</b>	<b>7</b>	<b>\$ 43.750</b>

<b>Total mano de obra</b>	<b>\$ 131.250</b>
---------------------------	-------------------

Fuente: Pérez & Vanegas (2018)

Por último, se incluye el valor de los cuatro estantes organizadores para lo que se tiene en cuenta la cotización mostrada en la figura 43. A continuación, se muestra al detalle el valor total.

Tabla 29. Presupuesto de estantes organizadores

**COMPRA DE ESTANTES ORGANIZADORES**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Total</b>
Mueble organizador en tubo redondo de 1-1/2" con entrepaños en madera y tubo de 3/4", con soporte para sujetar al banco de trabajo.	4	\$370.000,00	<b>\$ 1.480.000,00</b>

Fuente: Pérez &amp; Vanegas (2018)

Todos los cálculos mostrados anteriormente se pueden visualizar en el Anexo F.

**3.9. Periodo de retorno de la inversión PRI**

Una vez realizado el presupuesto consolidado y calculada la diferencia a favor al implementar dicho método, se estima el periodo de retorno de la inversión, es decir en cuanto tiempo se recuperará el valor invertido.

Para esto se divide el valor total de la inversión entre la diferencia a favor, lo que arroja un resultado de 0,8 como se observa en la tabla 30; este valor define el número de meses en el que se recuperará el valor invertido; como se evidencia es menor a 1, debido a que la diferencia a favor es mayor que el valor a invertir, lo cual se puede fundamentar teniendo en cuenta el valor las utilidades suministradas por el empresa (ver tabla 26), en las que se puede observar que para la producción de 1392 unidades la utilidad es de 4.533 COP y para 700 unidades es de 3.119 COP, es decir, los costos para producir 700 unidades son mayores que los de producir 1392 unidades.

Tabla 30. Cálculo del PRI

<b>Diferencia a favor</b>	<b>Total inversión</b>	<b>Tiempo de retorno en meses</b>
\$4.126.178	\$ 3.267.961	0,8

Fuente: Pérez &amp; Vanegas (2018)

Basándose en lo anterior se puede concluir que, es una excelente oportunidad de inversión, ya que, en menos de un periodo, es decir un mes, retorna la inversión y además se obtiene una utilidad de

858.217 COP y del periodo dos en adelante todo se podría considerar lucro para la compañía, lo que se traduce para el empresario en una importante oportunidad de mejora.

## CONCLUSIONES

Se diseñó una propuesta de mejoramiento para el proceso productivo de los protectores para esquinas de la microempresa Didácticos Nuevo Milenio, logrando una mejora en el cumplimiento de pedidos con el mejor escenario analizado del 43,25%, llegando a cumplir con el 87%, lo que responde a la pregunta de investigación planteada.

Se diagnosticó el proceso actual por medio de herramientas como el diagrama de Ishikawa, Pareto e histograma de estas causas asignadas, encontrando que las fallas más relevantes dentro del proceso son la inadecuada distribución de planta para el proceso productivo de los protectores para esquinas y la falta de un método de producción estandarizado y eficiente.

Se propone un escenario viable para dar solución a las causas definidas en el diagnóstico, haciendo uso del estudio de tiempos y movimientos, además de la estandarización del método de producción y como consecuencia de ello, una distribución de planta que responde a facilitar el flujo de las actividades, eliminando los recorridos y las actividades innecesarias para el proceso, reduciendo el tiempo de producción actual de 2406,5 a 1142,8 segundos por unidad, una disminución sustancial de 1263,7 segundos por unidad producida.

Se determinó modificar 4 puestos de trabajo con el fin de dar respuesta a las necesidades del método de producción, ya que, al realizar lotes de 15 piezas se eliminan las actividades de espera por secado del pegante. Obteniendo una reducción de 49 a 30 actividades con el mejor escenario analizado, entre estas actividades eliminadas existen los recorridos innecesarios, dando cumplimiento a la necesidad de producir un mayor número de unidades/mes.

Se ejecutó y analizó, a parte de la mejora inicialmente propuesta, 23 escenarios en la simulación realizada en el software FlexSim® obteniendo las mejoras desarrolladas en el transcurso del proyecto, determinando que se pueden producir 692 unidades/mes más, ya que se pasaría de producir 700 unidades/mes a producir 1392 unidades/mes con el método y la distribución propuesta en este documento para la empresa.

Se realizó la proyección y el análisis del presupuesto que se debería contemplar para la implementación del mejor escenario escogido en el sistema de producción de la compañía, obteniendo un valor total de 3'267.961 COP. Además, junto con este se introdujo un análisis al

periodo de retorno de la inversión, la cual es de 0,8 periodos, es decir un mes, lo que se traduce para el empresario en una importante oportunidad de mejora.

Se desarrolló un manual de codificación de documentos por medio del cual se estandariza la documentación emitida por la empresa, aportando así al Sistema de Gestión de Calidad.

## RECOMENDACIONES

Para continuar con la mejora de procesos, se recomienda realizar una inspección exhaustiva y detallada al método de producción en cada actividad, donde se empleen diagramas bimanuales con el fin de examinar los movimientos específicos de cada actividad, de esta manera se puede reducir aún más el tiempo de producción, allí se examina detalladamente todo movimiento realizado y así se puede encontrar un método de producción aún más eficiente.

El estudio, los resultados y el análisis aquí presentados no intervinieron una inspección a las condiciones de trabajo de los operarios, como lo es la ergonomía, ya que como se menciona, la fabricación de los diferentes productos involucra una postura prolongada de pie por largas horas. Se recomienda indagar frente a esta condición de trabajo para posibles mejoras en el sistema y la salud del trabajador.

De igual manera, se debe reconocer que se debe evaluar el estudio y la investigación correspondiente de este proyecto para la fabricación de los demás productos que ofrece al mercado la empresa Didácticos Nuevo Milenio.

Finalmente se recomienda a la empresa estudiar y evaluar la implementación dos turnos de ocho horas diarias, o si se amerita, según el caso, ampliar la infraestructura de la planta de producción, siempre y cuando siga aumentando la demanda, como se ha visto en los últimos meses (información brindada por la compañía), con el fin de obtener un mayor porcentaje en el cumplimiento de pedidos.

## REFERENCIAS

- A., G. D. (2015). Estudio de tiempos y movimientos de producción en planta. Bogotá.
- Acosta, A. K. (2012). Estandarización de tiempos de producción planta Preflex S.A. Bogotá.
- Argote, F. E. (2017). Estudio de tiempos y movimientos obtención de carne de cuy. Facultad de ciencias agropecuarias, 103-111.
- Cordero García, E., Jimenez, F., & Salazar Valerio, K. (2009). Análisis de tiempos y movimientos en el proceso de contratación administrativa de medicamentos, en el Hospital México. Acta Médica Costarricense, 50-54.
- EasyFit (Versión 5,6) [Software]. (2004). Obtenido de <http://www.mathwave.com/es/home.html>.
- FlexSim (Versión 18,1,1) [Software]. (2018). Obtenido de <https://www.flexsim.com/es/>.
- García Criollo, R. (1998). Estudio del trabajo; Ingeniería de métodos y medición del trabajo. México: McGraw Hill.
- Guasch, A., Piera, M. A., Casanovas, J., & Figueras, J. (2005). Modelado y simulación. Aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios. Mexico D.F.: AlfaOmega.
- Instituto Uruguayo de Normas Técnicas. (2009). Herramientas para la mejora de la Calidad. Montevideo: Instituto Uruguayo de Normas Técnicas.
- K., F. M. (2017). Teaching Methods-Time Measurement (MTM) for Workplace Design in Learning. Procedia Manufacturing, 369-375.
- Koptaka, M. (2017). M.D. W.
- Martinez Carbajal, A. (2004). Planeación estratégica de la planta. México D.F.
- Niebel, B. (2001). Ingeniería Industrial. México D.F.: AlfaOmega.
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2005). Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo. Mexico D.F.: AlfaOmega.

Organización Internacional del Trabajo. (1996). Introducción al estudio del trabajo. Ginebra: Organización Internacional del Trabajo.

Pacheco, E. J. (2007). Estudio de métodos y tiempos Metales y Derivados S.A. Medellín.

Pimienta Prieto, J. H. (2012). Estrategias de enseñanza-aprendizaje. México D.F.: PEARSON.

Rivas, O. A. (2005). Estudio de tiempos y movimientos industria manufacturera de ropa. Guatemala.

Tarifa, E. E. (2010). Teoría de modelos y simulación. San Salvador de Jujuy, Argentina.

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A.....	44
Anexo B.....	51
Anexo C.....	73
Anexo D.....	77
Anexo E.....	92
Anexo F.....	100

	<b>EVALUACIÓN Y CONTROL</b>	<b>Fecha ult. revisión</b>	<b>12/07/2018</b>
	<b>ADMINISTRATIVO</b>	<b>Versión</b>	<b>1.0</b>
	<b>SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>EC-AD-SQ-ML-000</b>
	<b>MANUAL LISTADO MAESTRO DE DOCUMENTOS</b>		

**OBJETIVO:** Establecer un manual para la codificación de documentos emitidos por Didácticos Nuevo Milenio con la misión de estandarizar los procesos.

**ALCANCE:** Todas aquellos colaboradores que emitan un documento o requieran del manual para comprender el origen del mismo.

El listado maestro de documentos es un inventario codificado de todos los documentos establecidos en la empresa donde se especifican los diferentes procesos, procedimientos, protocolos y formatos, se crea con el fin de garantizar el uso correspondiente, su disponibilidad y las actualizaciones pertinentes; Didácticos Nuevo Milenio es consciente de su importancia, por este motivo estableció la siguiente codificación.

Cada documento será identificado de acuerdo a cuatro aspectos: Macroproceso, proceso, subproceso y tipo de documento, cada uno de estos cuatro ítems tendrá una subclasificación la cual será relacionada con dos letras mayúsculas como se observa posteriormente en las tablas.

<b>MACROPROCESO</b>	<b>CÓDIGO</b>
Estratégico	ES
Misional	MI
Apoyo	AP
Evaluación y control	EC

<b>PROCESO</b>	<b>CÓDIGO</b>
Administrativo	AD
Comercial	CO
Diseño	DI
Logístico	LO
Productivo	PR

<b>CÓDIGO</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>FECHA</b>
<b>EC-AD-SQ-ML-000</b>	<b>1.0</b>	<b>12/07/2018</b>
<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>
<b>Cargo:</b>	<b>Cargo:</b>	<b>Cargo:</b>
<b>Firma:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Firma:</b>



	<b>EVALUACIÓN Y CONTROL</b>	Fecha ult. revisión	12/07/2018	
	<b>ADMINISTRATIVO</b>	Versión	1.0	
	<b>SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>EC-AD-SQ-ML-000</b>	
	<b>MANUAL LISTADO MAESTRO DE DOCUMENTOS</b>			

<b>SUBPROCESO</b>	<b>CÓDIGO</b>
Compras o aprovisionamiento	CA
Maquilado	MQ
Talento humano	TH
Pagos	PG
Desarrollo de nuevos productos	DP
Ventas	VT
Licitaciones	LC
Sistema de gestión de calidad	SQ
Innovación y desarrollo	ID
Recepción de mercancía	RM
Mejora continua	MC
Despacho de mercancía	DM
Mantenimiento	MT
Distribución en planta	DT
Control de inventarios	CI
Lineamiento organizacional	LI
Documentación del proceso	DP
Otros	OT

<b>TIPO DE DOCUMENTO</b>	<b>CÓDIGO</b>
Procedimiento	PC
Formato	FO
Política	PO
Protocolo	PR
Instructivo	IN
Documento de apoyo	DA
Matriz	MA
Documento complemento	DC
Listado	LI
Manual	ML
Imagen	IM
Grafica	GR
Plano	PL
Diagrama	DG
Otros	OT

<b>CÓDIGO</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>FECHA</b>
<b>EC-AD-SQ-ML-000</b>	<b>1.0</b>	<b>12/07/2018</b>
<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>
<b>Cargo:</b>	<b>Cargo:</b>	<b>Cargo:</b>
<b>Firma:</b>	<b>Firma:</b>	<b>Firma:</b>

	EVALUACIÓN Y CONTROL	Fecha ult. revisión	12/07/2018
	ADMINISTRATIVO		
	SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD	Versión	1.0
	MANUAL LISTADO MAESTRO DE DOCUMENTOS	CÓDIGO	EC-AD-SQ-ML-000

Para codificar un documento se inicia determinando a que macroproceso pertenece de acuerdo al mapa de procesos o tabla anterior y se le asigna las dos letras correspondientes. **(VV)**

Seguido de esto se selecciona el proceso al que hace parte ese documento, teniendo en cuenta las áreas de la organización, y se identifican las dos letras de acuerdo a la tabla anterior, formando así 4 caracteres. **(VV-XX)**

Se continúa asignando el subprocesos correspondiente dependiendo del documento a codificar y se le asignan las dos letras que lo identifican, de esta forma se obtiene un grupo de 6 letras. **(VV-XX-YY)**

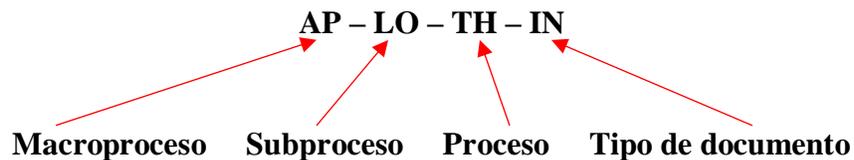
Por último se identifica el tipo de documento que se está codificando y se relaciona con 2 letras conformando finalmente un código de 8 caracteres el cual facilitara la distinción de cada uno de los documentos. **(VV-XX-YY-ZZ)**

Para clarificar el proceso de codificación se realiza el siguiente ejemplo en que se busca codificar la descripción de roles y funciones para el coordinador de inventarios.

Se identifican los cuatro ítems que conformaran el código.

ÍTEM	HACE PARTE DE:	CÓDIGO
Macroproceso	Apoyo	AP
Proceso	Logístico	LO
Subproceso	Recurso humano	RH
Tipo de documento	Instructivo	IN

Finalmente quedaría codificado un documento que forma parte del macroproceso de apoyo, pertenece a un proceso o área logística, conforma el subproceso de capacitación, y por último se especifica que es un instructiva, ya que es una descripción de roles y funciones.



CÓDIGO		VERSIÓN		FECHA	
EC-AD-SQ-ML-000		1.0		12/07/2018	
Elaboró:		Revisó:		Aprobó:	
Cargo:		Cargo:		Cargo:	
Firma:		Firma:		Firma:	

	EVALUACIÓN Y CONTROL	Fecha ult. revisión	12/07/2018
	ADMINISTRATIVO		
	SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD	Versión	1.0
	MANUAL LISTADO MAESTRO DE DOCUMENTOS	CÓDIGO	EC-AD-SQ-ML-000

Con el fin de aclarar los tipos de documentos que se manejarán en Didácticos Nuevo Milenio se ha diseñado un pequeño glosario en el que se definen cada uno de ellos, logrando de esta manera facilitar a los colaboradores la clasificación de documentos.

Los tipos de documentos son:

**Procedimiento:** Método o modo de tramitar o ejecutar una cosa.

**Formato:** Documento impreso que contiene preguntas y espacios en blanco para rellenar a mano o a computador en la realización de ciertos trámites.

**Flujograma:** es una muestra visual de una línea de pasos de acciones que implican un proceso determinado.

**Política:** Conjunto de los procedimientos y medidas que se adoptan para dirigir determinados asuntos.

**Protocolo:** Documento o normativa que establece cómo se debe actuar en ciertos procedimientos, de este modo, recopila conductas, acciones y técnicas que se consideran adecuadas ante ciertas situaciones.

**Instructivo:** Documento que encamina o instruye a los colaboradores en el cumplimiento de roles y funciones.

**Documento de apoyo:** Documento que sustenta o sirve de soporte para cualquier otro tipo de documento.

**Manual:** Instrumento administrativo que contiene en forma explícita, ordenada y sistemática información sobre objetivos, políticas, atribuciones, organización y procedimientos de los órganos de la empresa.

**Matriz:** Conjunto de filas y columnas en las cuales se relacionan distintos ítems.

**Documento complemento:** Documento que sirve para la agregación de información

**Listado:** Lista o serie ordenada de palabras, nombres o datos, que está dispuesta en columnas.

**Otros:** Cualquier tipo de documento que no se encuentre clasificado anteriormente.

CÓDIGO		VERSIÓN		FECHA	
EC-AD-SQ-ML-000		1.0		12/07/2018	
Elaboró:		Revisó:		Aprobó:	
Cargo:		Cargo:		Cargo:	
Firma:		Firma:		Firma:	

	<b>EVALUACIÓN Y CONTROL</b>	<b>Fecha ult. revisión</b>	<b>12/07/2018</b>
	<b>ADMINISTRATIVO</b>		
	<b>SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD</b>	<b>Versión</b>	<b>1.0</b>
	<b>MANUAL LISTADO MAESTRO DE DOCUMENTOS</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>EC-AD-SQ-ML-000</b>

Para garantizar una efectiva identificación de los documentos se establece un encabezado estandarizado el cual deberá ser utilizado en todos los documentos que emplee Didácticos Nuevo Milenio, a continuación se muestra el encabezado.

	<b>MACROPROCESO</b>	<b>Fecha ult. revisión</b>	<b>DD/MM/AAAA</b>
	<b>PROCESO</b>		
	<b>SUBPROCESO</b>	<b>Versión</b>	<b>1.0</b>
	<b>NOMBRE DOCUMENTO</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>VV-XX-YY-ZZ-000</b>

Cabe recordar que la fuente a utilizar en todos los documentos debe ser **Times New Roman** tamaño 12, con la que se busca estandarizar todos los documentos emitidos y facilitar la integración de los mismos en el momento necesario; no obstante por cuestiones de forma se puede variar el tamaño de la fuente buscando siempre que el documento sea agradable visualmente.

Para el encabezado se manejará un tamaño de 9 para los tres primeros renglones (macroproceso, proceso, subproceso, fecha de la última revisión y versión), y el cuarto renglón tamaño 12 (nombre del documento y código), todo el encabezado debe ir en Negrita.

Al final de cada documento deberá incluirse un pie de página con el que se pretende verificar la aprobación, a fin de eliminar documentos obsoletos y garantizar la calidad en los procesos, en el pie de página se indica la fecha en que se elaboró la última versión, la versión correspondiente, nombre cargo y firma de las personas que elaboraron, revisaron y aprobaron el documento, a continuación se observa.

<b>CÓDIGO</b>		<b>VERSIÓN</b>		<b>FECHA</b>	
<b>Elaboró:</b>		<b>Revisó:</b>		<b>Aprobó:</b>	
<b>Cargo:</b>		<b>Cargo:</b>		<b>Cargo:</b>	
<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>	

<b>CÓDIGO</b>		<b>VERSIÓN</b>		<b>FECHA</b>	
<b>EC-AD-SQ-ML-000</b>		<b>1.0</b>		<b>12/07/2018</b>	
<b>Elaboró:</b>		<b>Revisó:</b>		<b>Aprobó:</b>	
<b>Cargo:</b>		<b>Cargo:</b>		<b>Cargo:</b>	
<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>		<b>Firma:</b>	

	MISIONAL	Fecha ult. revisión	20/05/2018
	PRODUCTIVO	Versión	1.0
	DOCUMENTACIÓN DEL PROCESO	CÓDIGO	MI-PR-DP-DG-001
	<b>DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PROTECTORES PARA ESQUINA</b>		

RESUMEN	#	Tiempo	
○	Operaciones	16	1046.7
⇒	Transporte	8	61.3
□	Controles	4	49.3
D	Esperas	5	1215.0
▽	Almacenamiento	1	28.7
<b>TOTAL</b>	<b>34</b>	<b>2401.0</b>	

No. 1

Empieza: Verif. Dimensional

Termina: Almacenamiento

Elaborado por: Autores

Fecha: 20 de mayo del 2018

Descripción Actividades	Op.	Trp.	Ctr.	Esp.	Alm.	Tiempo (s)
1 Verificación dimensional y de calidad	○					49.25
2 Medir yumbolon	○					30.37
3 Cortar yumbolon	○					58.41
4 Medir lona	○					35.42
5 Cortar lona	○					71.35
6 Trazar línea horizontal en la lona	○					26.76
7 Traslado de la mesa 1 a la mesa 2	⇒					3.14
8 Aplicar pegante a lado A del yumbolon	○					42.22
9 Traslado de la mesa 2 a la mesa 3	⇒					2.35
10 Aplicar pegante a lado A del cartón	○					31.22
11 Traslado de la mesa 3 a la mesa 4	⇒					2.72
12 Esperar que el pegante se seque	D					243.00
13 Traslado de la mesa 4 a la mesa 1	⇒					3.07
14 Pegar lado A de ambos materiales	○					41.22
15 Traslado de la mesa 1 a la mesa 2	⇒					3.11
16 Aplicar pegante a lado B del yumbolon	○					28.49
17 Aplicar pegante a lado B del cartón	○					28.40
18 Traslado de la mesa 2 a la mesa 4	⇒					3.90
19 Esperar que el pegante se seque	D					243.00
20 Traslado de la mesa 4 a la mesa 1	⇒					3.11
21 Pegar lado B de ambos materiales	○					45.65
22 Recortar sobrante de yumbolon	○					8.34
23 Traslado de la mesa 1 a la mesa 3	⇒					3.09
24 Aplicar pegante a la lona dentro de la línea trazada	○					34.66
25 Aplicar pegante a un lado en el interior del cartón	○					26.26
26 Traslado de la mesa 3 a la mesa 4	⇒					2.27
27 Esperar que el pegante se seque	D					243.00
28 Traslado de la mesa 4 a la mesa 1	⇒					3.03
29 Pegar ambas partes	○					73.98
30 Traslado de la mesa 1 a la mesa 2	⇒					3.14
31 Aplicar pegante en el borde restante de la lona	○					30.26
32 Aplicar pegante en el borde interior restante del cartón	○					31.53
33 Traslado de la mesa 2 a la mesa 4	⇒					3.90
34 Esperar que el pegante se seque	D					243.00
35 Traslado de la mesa 4 a la mesa 1	⇒					3.12
36 Templar/Tapizar	○					82.29
37 Traslado de la mesa 1 a la mesa 6	⇒					3.47
38 Cortar sobrante de lona en las esquinas de la pieza resultante	○					36.83
39 Aplicar pegante a las esquinas de la lona de la pieza resultante	○					19.72
40 Traslado de la mesa 6 a la mesa 5	⇒					2.33
41 Esperar que el pegante se seque	D					243.00
42 Traslado de la mesa 5 a la mesa 1	⇒					2.37
43 Pegar esquinas	○					53.30
44 Traslado de la mesa 1 a la mesa 3	⇒					3.51
45 Colocar grapas metálicas	○					58.02
46 Traslado de la mesa 3 a la mesa 5	⇒					3.89
47 Limpiar pegante sobrante del producto y verificar calidad del producto	○					151.99
48 Traslado de la mesa 5 al estante 1	⇒					5.81
49 Almacenar el producto final	▽					28.67
<b>TOTAL</b>						<b>2401.0</b>

CÓDIGO	VERSIÓN	FECHA
MI-PR-DP-DG-001	1.0	20/05/2018
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:
Cargo:	Cargo:	Cargo:
Firma:	Firma:	Firma:

	MISIONAL	Fecha ult. revisión	25/07/2018
	PRODUCTIVO		
	DOCUMENTACIÓN DEL PROCESO	Versión	3.0
	<b>DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PROTECTORES PARA ESQUINA</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MI-PR-DP-DG-001</b>

	RESUMEN	#	Tiempo
○	Operaciones	23	1046.7
⇒	Transporte	5	18.2
□	Controles	1	49.3
⊖	Esperas	0	0.0
▽	Almacenamiento	1	28.7
	<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>1142.8</b>

No. 1

Empieza: Verif. Dimensional  
 Termina: Almacenamiento  
 Elaborado por: Autores  
 Fecha: 25 de julio del 2018

Descripción Actividades	Op.	Trp.	Ctr.	Esp.	Alm.	Tiempo (s)
	○	⇒	□	⊖	▽	
1 Verificación dimensional y de calidad						49.25
2 Medir yumbolon						30.37
3 Cortar yumbolon						58.41
4 Medir lona						35.42
5 Cortar lona						71.35
6 Trazar línea horizontal en la lona						26.76
7 Traslado de la mesa 1 a la mesa 2						3.63
8 Aplicar pegante a lado A del yumbolon						42.22
9 Aplicar pegante a lado A del cartón						31.22
10 Pegar lado A de ambos materiales						41.22
11 Aplicar pegante a lado B del yumbolon						28.49
12 Aplicar pegante a lado B del cartón						28.40
13 Traslado de la mesa 2 a la mesa 6						3.63
14 Pegar lado B de ambos materiales						45.65
15 Recortar sobrante de yumbolon						8.34
16 Aplicar pegante a la lona dentro de la línea trazada						34.66
17 Aplicar pegante a un lado en el interior del cartón						26.26
18 Pegar ambas partes						73.98
19 Traslado de la mesa 6 a la mesa 3						3.63
20 Aplicar pegante en el borde restante de la lona						30.26
21 Aplicar pegante en el borde interior restante del cartón						31.53
22 Templar/Tapizar						82.29
23 Cortar sobrante de lona en las esquinas de la pieza resultante						36.83
24 Aplicar pegante a las esquinas de la lona de la pieza resultante						19.72
25 Traslado de la mesa 3 a la mesa 5						3.63
26 Pegar esquinas						53.30
27 Colocar grapas metálicas						58.02
28 Limpiar pegante sobrante del producto y verificar calidad del producto						151.99
29 Traslado de la mesa 4 al estante 1						3.63
30 Almacenar el producto final						28.67
						<b>TOTAL 1142.8</b>

CÓDIGO	VERSIÓN	FECHA
MI-PR-DP-DG-001	3.0	25/07/2018
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:
Cargo:	Cargo:	Cargo:
Firma:	Firma:	Firma:

	MISIONAL	Fecha ult. revisión	12/06/2018
	PRODUCTIVO	Versión	2.0
	DOCUMENTACIÓN DEL PROCESO	CÓDIGO	MI-PR-DP-DG-001
	<b>DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PROTECTORES PARA ESQUINA</b>		

RESUMEN	#	Tiempo
○ Operaciones	23	1046.7
⇒ Transporte	6	21.8
□ Controles	1	49.3
D Esperas	0	0.0
▽ Almacenamiento	1	28.7
<b>TOTAL</b>	<b>31</b>	<b>1146.4</b>

No. 1

Empieza: Verif. Dimensional

Termina: Almacenamiento

Elaborado por: Autores

Fecha: 12 de junio del 2018

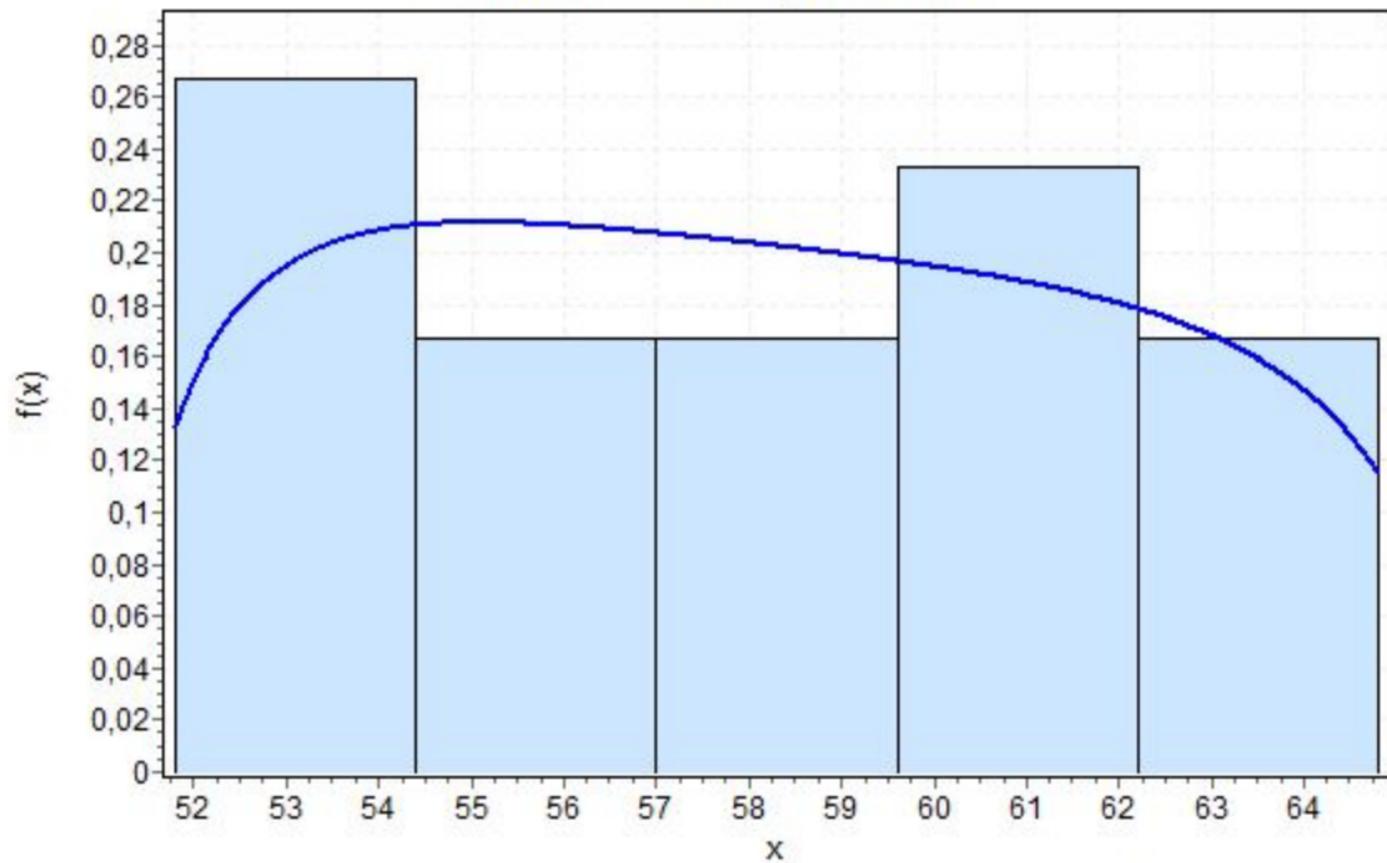
Descripción Actividades	Op. ○	Trp. ⇒	Ctr. □	Esp. D	Alm. ▽	Tiempo (s)
1 Verificación dimensional y de calidad						49.25
2 Medir yumbolon	●					30.37
3 Cortar yumbolon	●					58.41
4 Medir lona	●					35.42
5 Cortar lona	●					71.35
6 Trazar línea horizontal en la lona	●					26.76
7 Traslado de la mesa 1 a la mesa 2		●				3.63
8 Aplicar pegante a lado A del yumbolon	●					42.22
9 Aplicar pegante a lado A del cartón	●					31.22
10 Pegar lado A de ambos materiales	●					41.22
11 Aplicar pegante a lado B del yumbolon	●					28.49
12 Aplicar pegante a lado B del cartón	●					28.40
13 Pegar lado B de ambos materiales	●					45.65
14 Traslado de la mesa 2 a la mesa 6		●				3.63
15 Recortar sobrante de yumbolon	●					8.34
16 Aplicar pegante a la lona dentro de la línea trazada	●					34.66
17 Aplicar pegante a un lado en el interior del cartón	●					26.26
18 Pegar ambas partes	●					73.98
19 Aplicar pegante en el borde restante de la lona	●					30.26
20 Aplicar pegante en el borde interior restante del cartón	●					31.53
21 Templar/Tapizar	●					82.29
22 Traslado de la mesa 6 a la mesa 3		●				3.63
23 Cortar sobrante de lona en las esquinas de la pieza resultante	●					36.83
24 Aplicar pegante a las esquinas de la lona de la pieza resultante	●					19.72
25 Pegar esquinas	●					53.30
26 Traslado de la mesa 3 a la mesa 5		●				3.63
27 Colocar grapas metálicas	●					58.02
28 Traslado de la mesa 5 a la mesa 4		●				3.63
29 Limpiar pegante sobrante del producto y verificar calidad del producto	●					151.99
30 Traslado de la mesa 4 al estante 1		●				3.63
31 Almacenar el producto final				●		28.67
<b>TOTAL</b>						<b>1146.4</b>

CÓDIGO	VERSIÓN	FECHA
MI-PR-DP-DG-001	2.0	12/06/2018
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:
Cargo:	Cargo:	Cargo:
Firma:	Firma:	Firma:

Item	Descripción - Actividad	T.N. (s)	Supl.	T.T. (s)
1	Verificación dimensional y de calidad	40.7	21%	49.25
2	Medir yumbolon	25.1	21%	30.37
3	Cortar yumbolon	48.3	21%	58.41
4	Medir lona	29.3	21%	35.42
5	Cortar lona	59.0	21%	71.35
6	Trazar línea horizontal en la lona	22.1	21%	26.76
7	<b>Traslado de la mesa 1 a la mesa 2</b>	2.8	11%	3.14
8	Aplicar pegante a lado A del yumbolon	34.9	21%	42.22
9	<b>Traslado de la mesa 2 a la mesa 3</b>	2.1	11%	2.35
10	Aplicar pegante a lado A del cartón	25.8	21%	31.22
11	<b>Traslado de la mesa 3 a la mesa 4</b>	2.5	11%	2.72
12	Esperar que el pegante se seque	243.0	0%	243.00
13	<b>Traslado de la mesa 4 a la mesa 1</b>	2.8	11%	3.07
14	Pegar lado A de ambos materiales	34.1	21%	41.22
15	<b>Traslado de la mesa 1 a la mesa 2</b>	2.8	11%	3.11
16	Aplicar pegante a lado B del yumbolon	23.5	21%	28.49
17	Aplicar pegante a lado B del cartón	23.5	21%	28.40
18	<b>Traslado de la mesa 2 a la mesa 4</b>	3.5	11%	3.90
19	Esperar que el pegante se seque	243.0	0%	243.00
20	<b>Traslado de la mesa 4 a la mesa 1</b>	2.8	11%	3.11
21	Pegar lado B de ambos materiales	37.7	21%	45.65
22	Recortar sobrante de yumbolon	6.9	21%	8.34
23	<b>Traslado de la mesa 1 a la mesa 3</b>	2.8	11%	3.09
24	Aplicar pegante a la lona dentro de la línea trazada	28.6	21%	34.66
25	Aplicar pegante a un lado en el interior del cartón	21.7	21%	26.26
26	<b>Traslado de la mesa 3 a la mesa 4</b>	2.0	11%	2.27
27	Esperar que el pegante se seque	243.0	0%	243.00
28	<b>Traslado de la mesa 4 a la mesa 1</b>	2.7	11%	3.03
29	Pegar ambas partes	61.1	21%	73.98
30	<b>Traslado de la mesa 1 a la mesa 2</b>	2.8	11%	3.14
31	Aplicar pegante en el borde restante de la lona	25.0	21%	30.26
32	Aplicar pegante en el borde interior restante del cartón	26.1	21%	31.53
33	<b>Traslado de la mesa 2 a la mesa 4</b>	3.5	11%	3.90
34	Esperar que el pegante se seque	243.0	0%	243.00
35	<b>Traslado de la mesa 4 a la mesa 1</b>	2.8	11%	3.12
36	Templar/Tapizar	68.0	21%	82.29
37	<b>Traslado de la mesa 1 a la mesa 6</b>	3.1	11%	3.47
38	Cortar sobrante de lona en las esquinas de la pieza resultante	30.4	21%	36.83
39	Aplicar pegante a las esquinas de la lona de la pieza resultante	16.3	21%	19.72
40	<b>Traslado de la mesa 6 a la mesa 5</b>	2.1	11%	2.33
41	Esperar que el pegante se seque	243.0	0%	243.00
42	<b>Traslado de la mesa 5 a la mesa 1</b>	2.1	11%	2.37
43	Pegar esquinas	44.1	21%	53.30
44	<b>Traslado de la mesa 1 a la mesa 3</b>	3.2	11%	3.51
45	Colocar grapas metálicas	47.9	21%	58.02
46	<b>Traslado de la mesa 3 a la mesa 5</b>	3.5	11%	3.89
47	Limpiar pegante sobrante del producto y verificar calidad del producto	125.6	21%	151.99
48	<b>Traslado de la mesa 5 al estante 1</b>	5.2	11%	5.81
49	Almacenar el producto final	23.7	21%	28.67
TOTAL		2199.7		2401.0

Item	Descripción - Actividad	T.N. (s)	Supl.	T.T. (s)
1	Verificación dimensional y de calidad	40.7	21%	49.25
2	Medir Yumbolon	25.1	21%	30.37
3	Cortar Yumbolon	48.3	21%	58.41
4	Medir lona	29.3	21%	35.42
5	Cortar lona	59.0	21%	71.35
6	Trazar línea horizontal en la lona	22.1	21%	26.76
7	Traslado de la mesa 1 a la mesa 2	3.0	11%	3.33
8	Aplicar pegante a lado A del Yumbolon	34.9	21%	42.22
9	Aplicar pegante a lado A del Cartón	25.8	21%	31.22
10	Pegar lado A de ambos materiales	34.1	21%	41.22
11	Aplicar pegante a lado B del Yumbolon	23.5	21%	28.49
12	Aplicar pegante a lado B del Carton	23.5	21%	28.40
13	Pegar lado B de ambos materiales	37.7	21%	45.65
14	Traslado de la mesa 2 a la mesa 6	3.0	11%	3.33
15	Recortar sobrante de Yumbolon	6.9	21%	8.34
16	Aplicar pegante a la lona dentro de la línea trazada	28.6	21%	34.66
17	Aplicar pegante a un lado en el interior del Carton	21.7	21%	26.26
18	Pegar ambas partes	61.1	21%	73.98
19	Aplicar pegante en el borde restante de la lona	25.0	21%	30.26
20	Aplicar pegante en el borde interior restante del Carton	26.1	21%	31.53
21	Templar/Tapizar	68.0	21%	82.29
22	Traslado de la mesa 6 a la mesa 3	3.0	11%	3.33
23	Cortar esquina 1 y 2 de la pieza resultante	30.4	21%	36.83
24	Aplicar pegante a las esquinas 1 y 2 de la lona y la pieza resultante	16.3	21%	19.72
25	Pegar esquinas	44.1	21%	53.30
26	Traslado de la mesa 3 a la mesa 5	3.0	11%	3.33
27	Colocar grapas metálicas	47.9	21%	58.02
28	Traslado de la mesa 5 a la mesa 4	3.0	11%	3.33
29	Limpiar pegante sobrante del producto y verificar calidad del producto	125.6	21%	151.99
30	Traslado de la mesa 4 al estante 1	3.0	11%	3.33
31	Almacenar el producto final	23.7	21%	28.67
<b>TOTAL</b>		<b>947.5</b>		<b>1144.62</b>

### Verificación dimensional y de calidad



■ Histograma — Johnson SB

Johnson SB

$\gamma$  0,10953

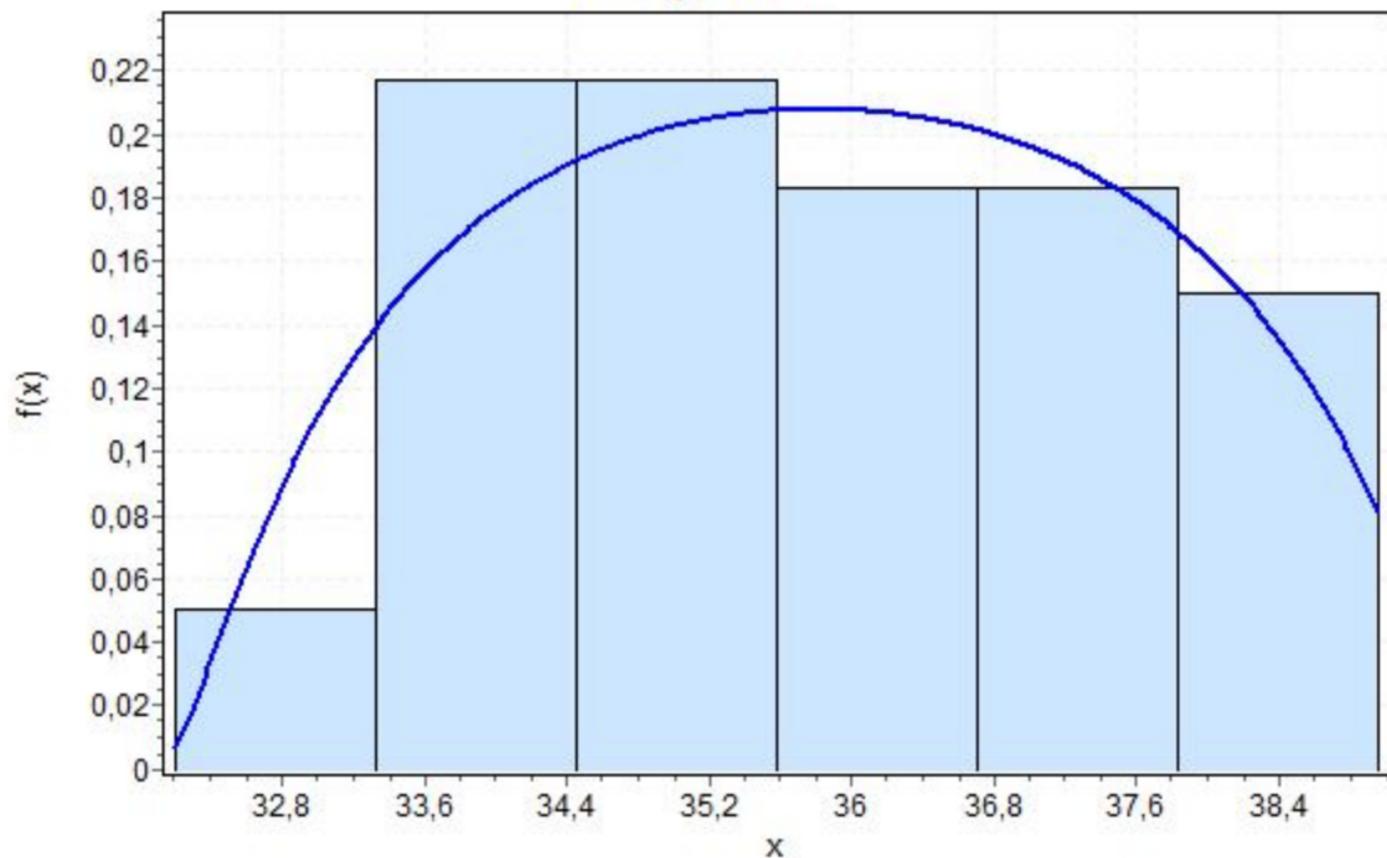
$\delta$  0,7378

$\lambda$  15,102

$\xi$  50,991



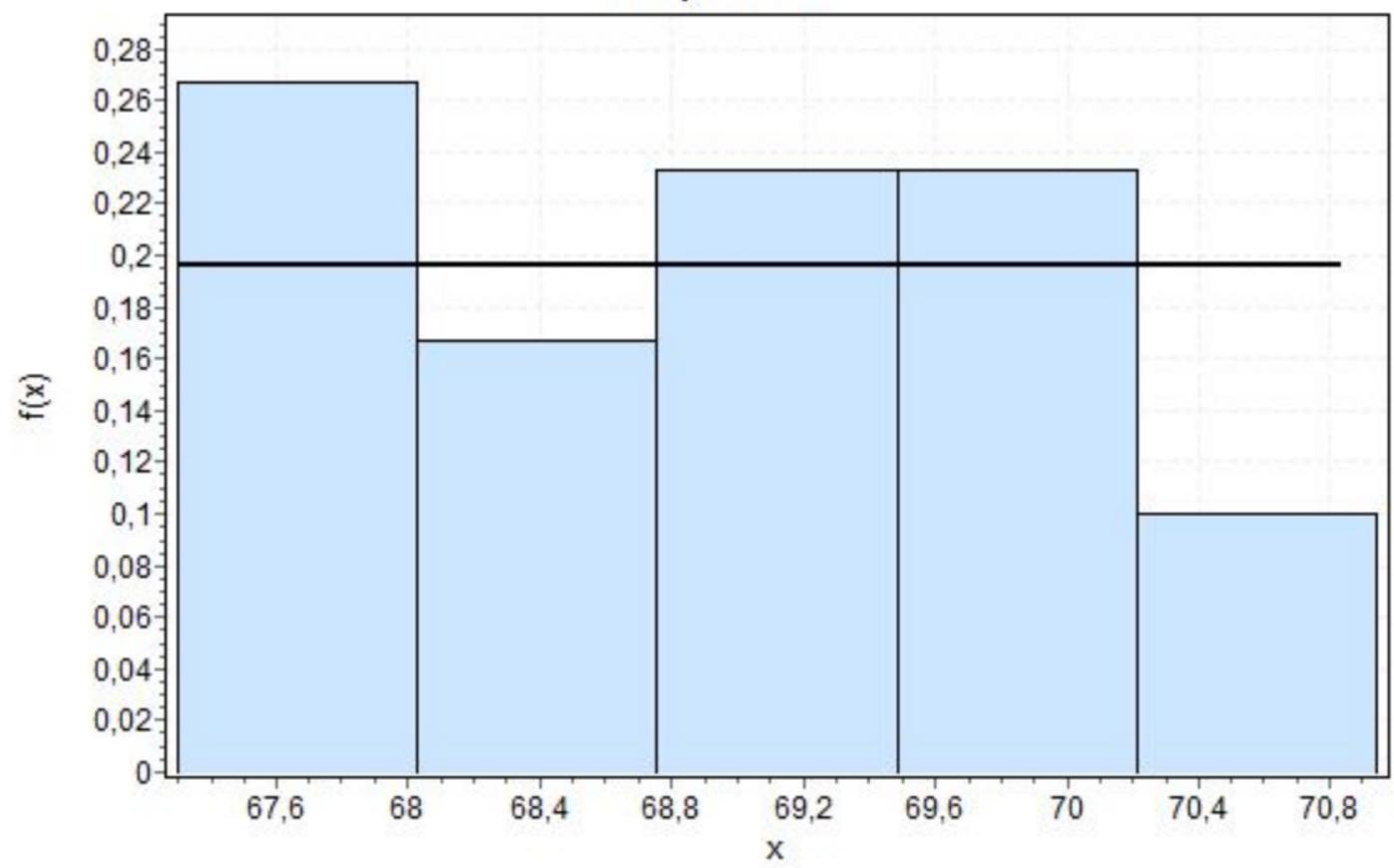
Medir yumbolon



Johnson SB

 $\gamma$  0,00941 $\delta$  0,87952 $\lambda$  7,6112 $\xi$  32,058

Cortar yumbolon



■ Histograma — Uniform

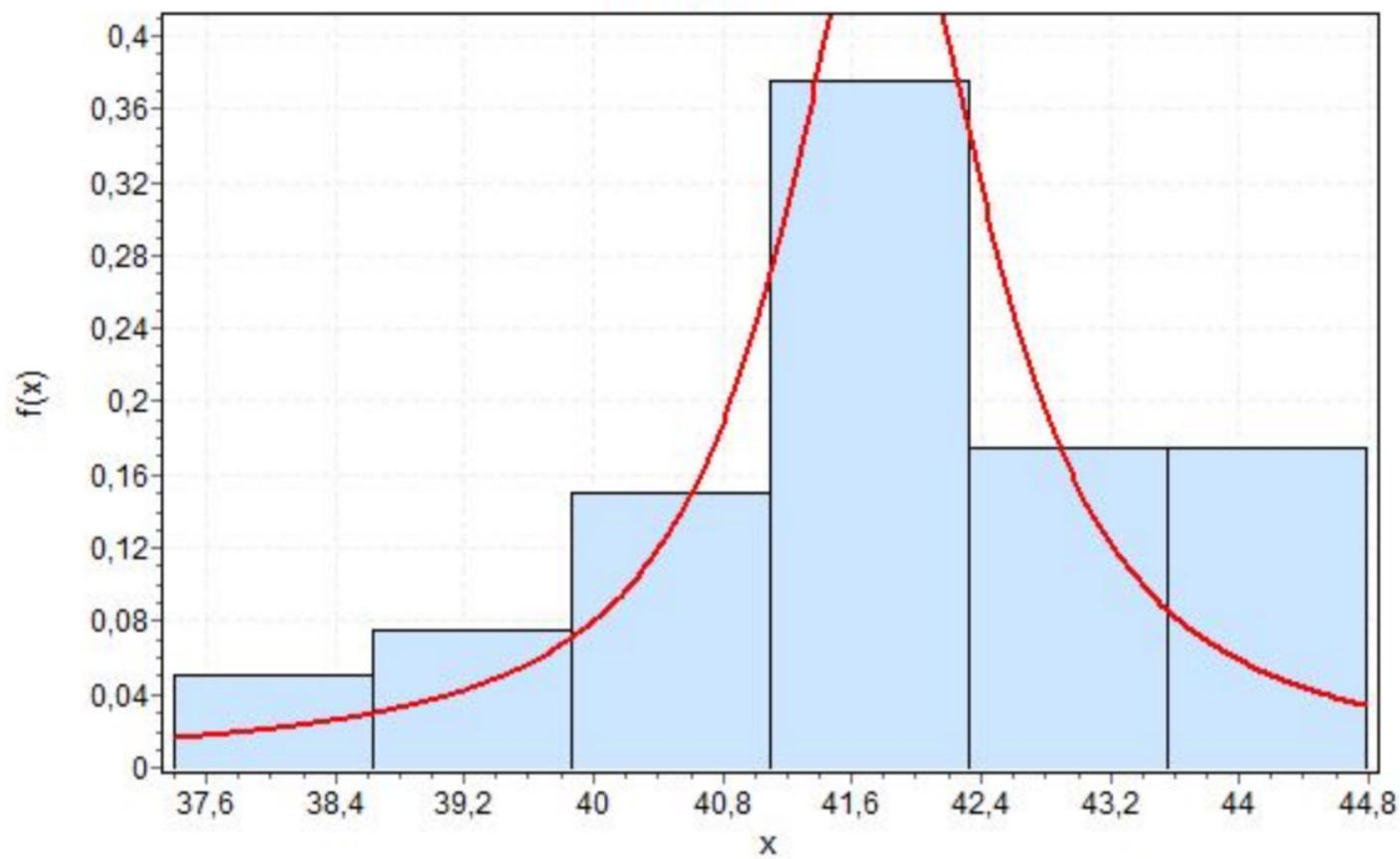
Uniform ✖

a

b

✓ | 📁 | ⚡ | 📊 | ⓘ

Medir lona



■ Histograma — Cauchy

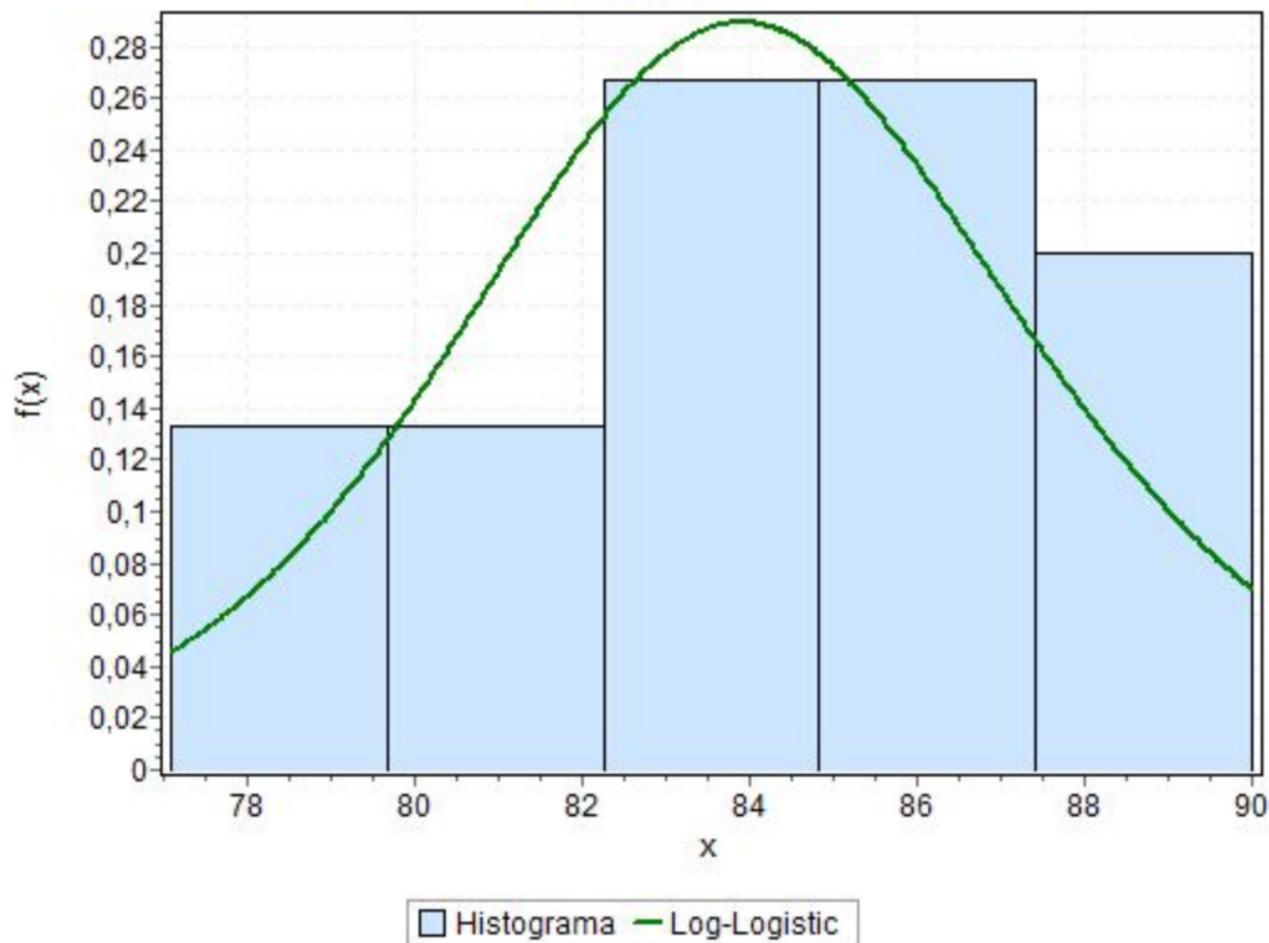
Cauchy

$\sigma$  0,80581

$\mu$  41,817



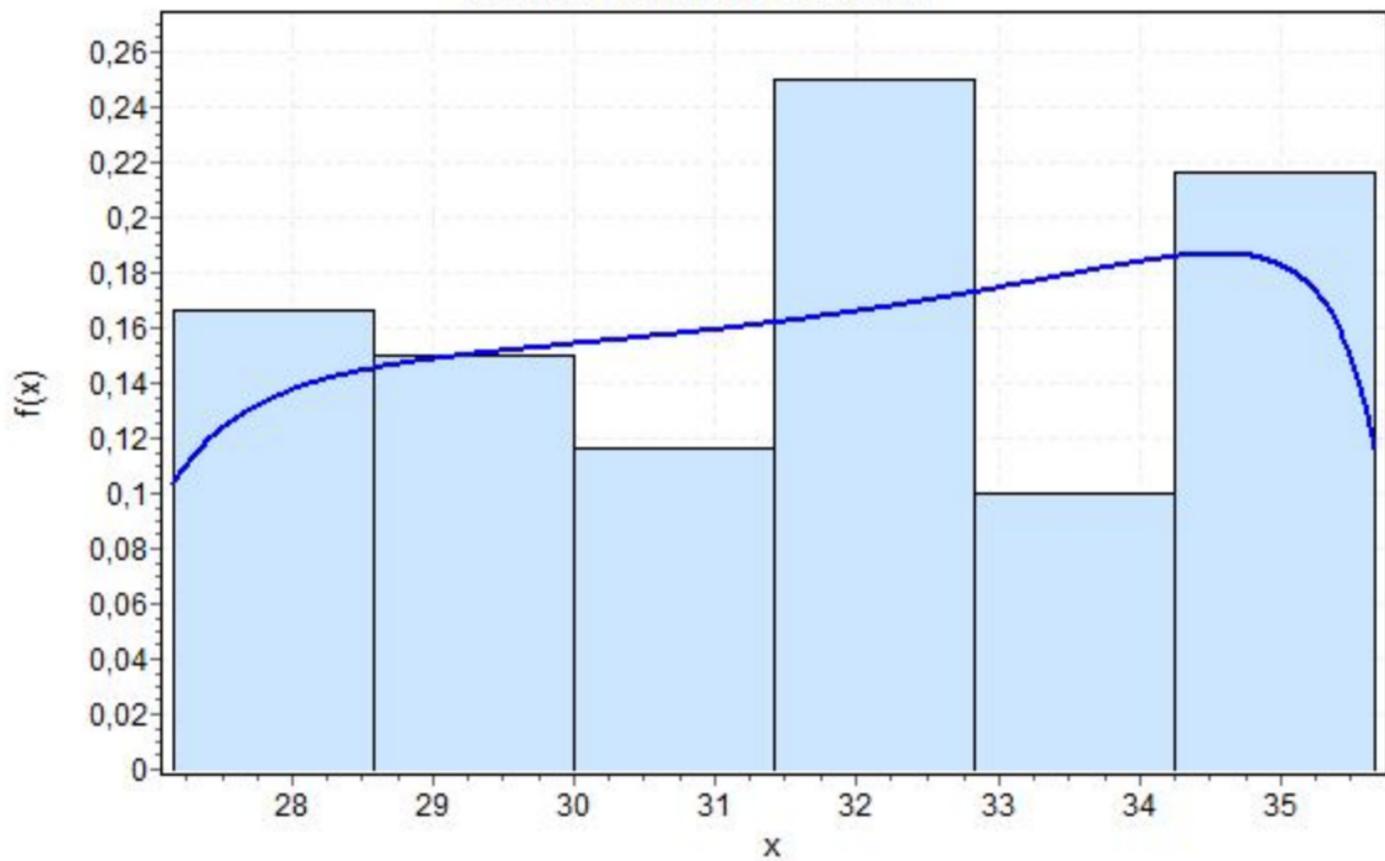
Cortar lona



Log-Logistic

 $\alpha$  37,704 $\beta$  84,018 $\gamma$  0

Trazar línea horizontal en la lona



Histograma
  Johnson SB

Johnson SB

$\gamma$  -0,13321

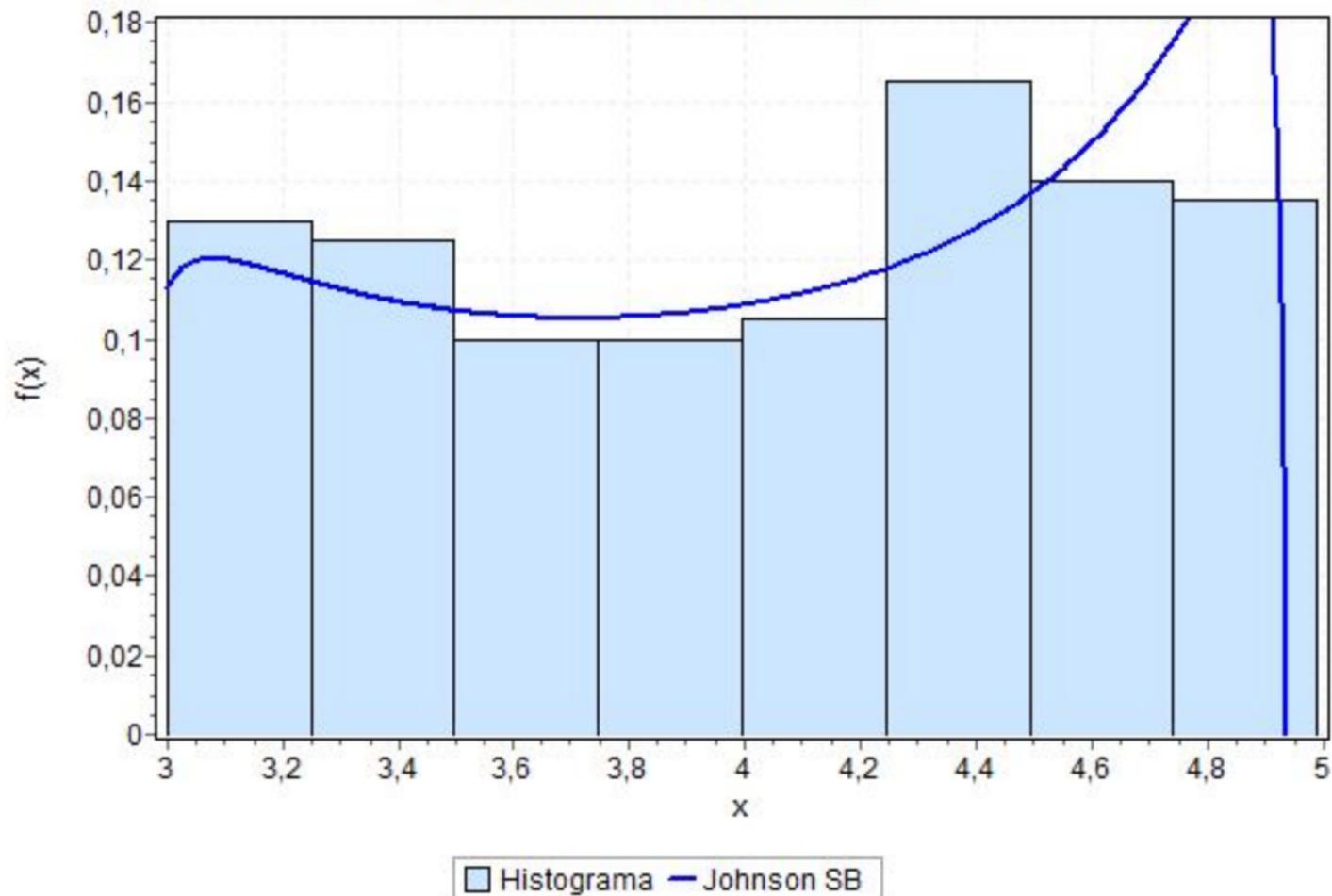
$\delta$  0,67171

$\lambda$  9,3576

$\xi$  26,565



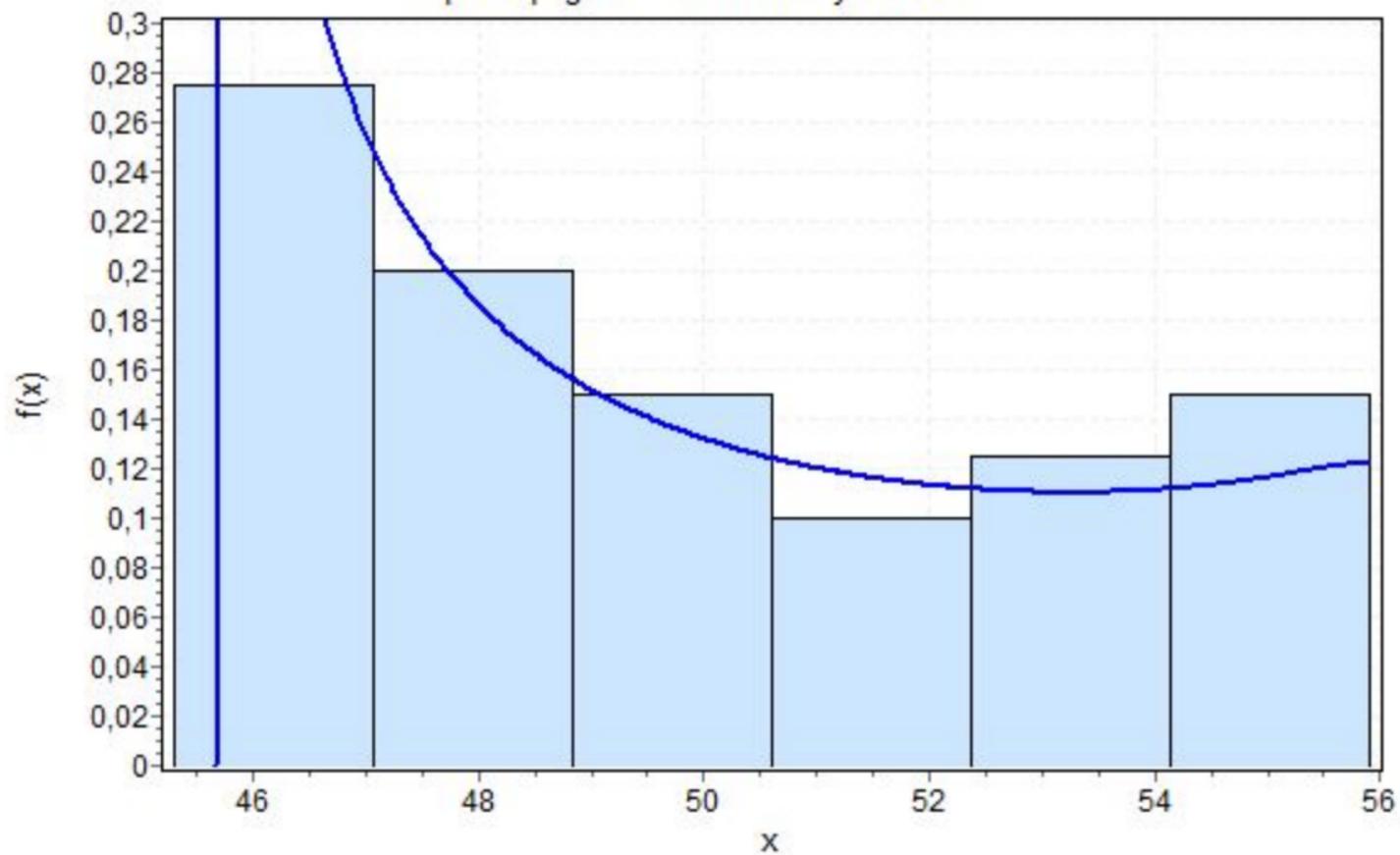
Traslado de la mesa 1 a la mesa 2



Johnson SB

 $\gamma$  -0,1583 $\delta$  0,54844 $\lambda$  2,004 $\xi$  2,9332

Aplicar pegante a lado A del yumbolon



Histograma
  Johnson SB

Johnson SB

$\gamma$  0,40312

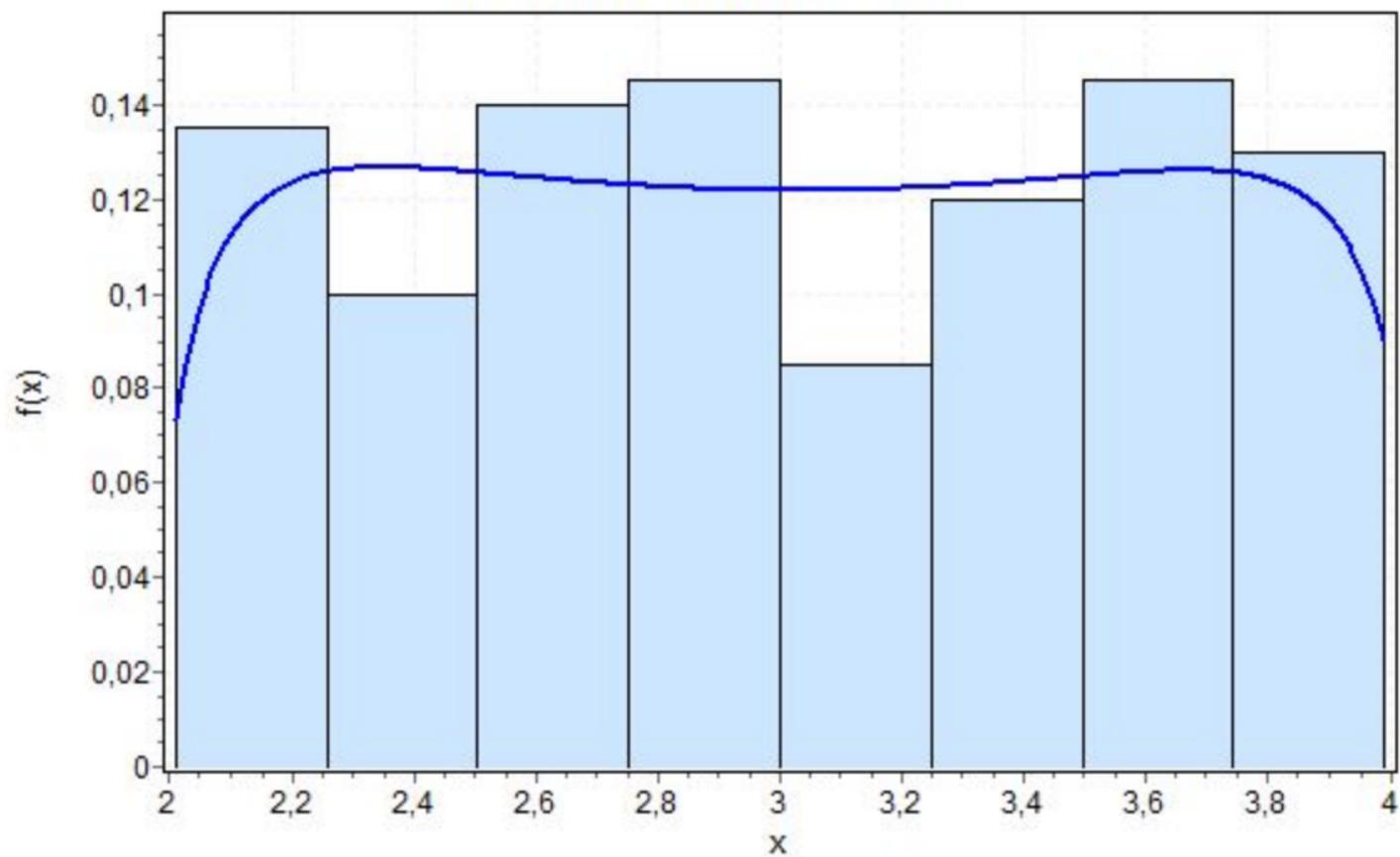
$\delta$  0,49391

$\lambda$  10,726

$\xi$  45,68



Traslado de la mesa 2 a la mesa 3

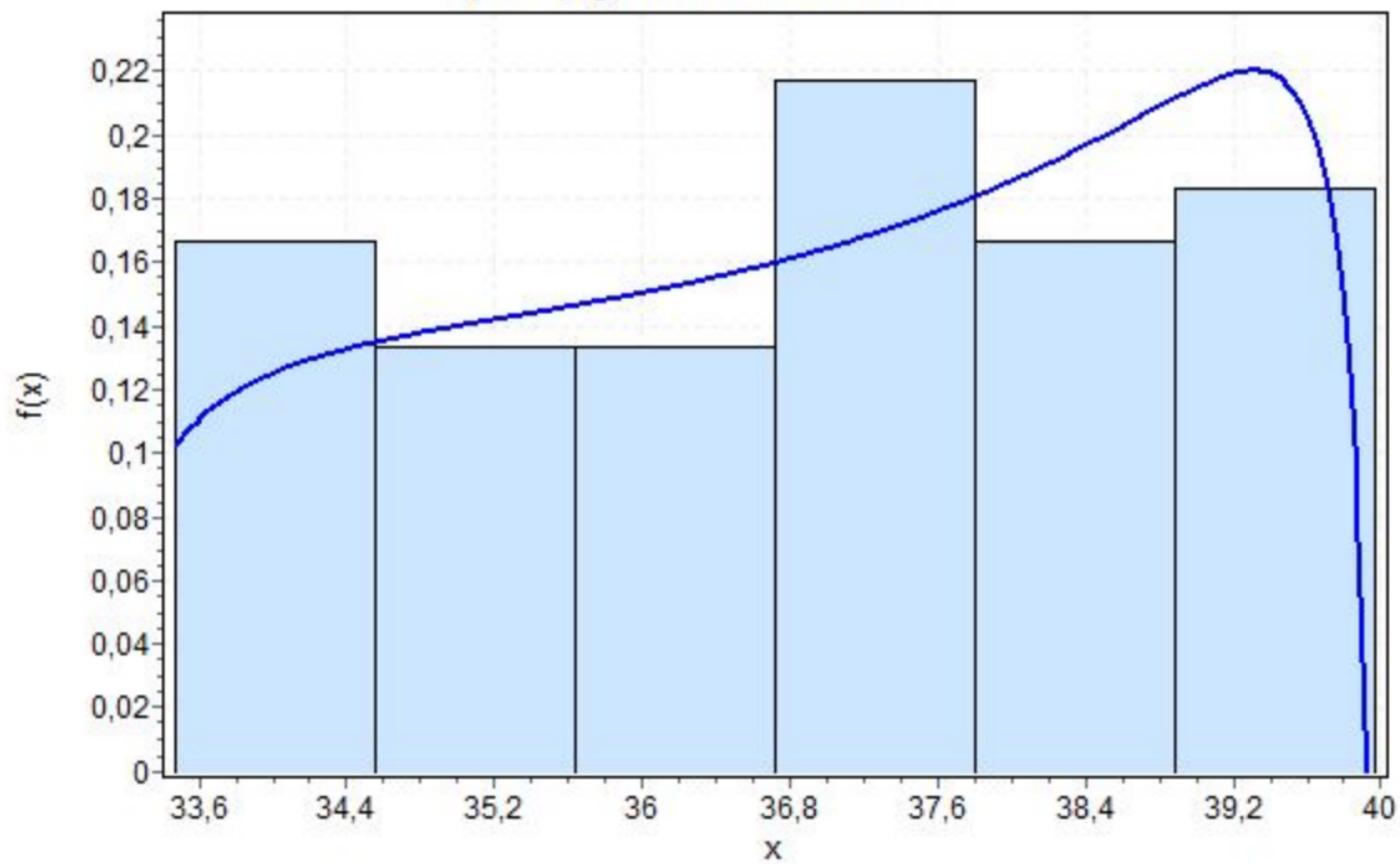


■ Histograma — Johnson SB

Johnson SB

 $\gamma$  0,00272 $\delta$  0,65295 $\lambda$  2,1172 $\xi$  1,9552

Aplicar pegante a lado A del cartón



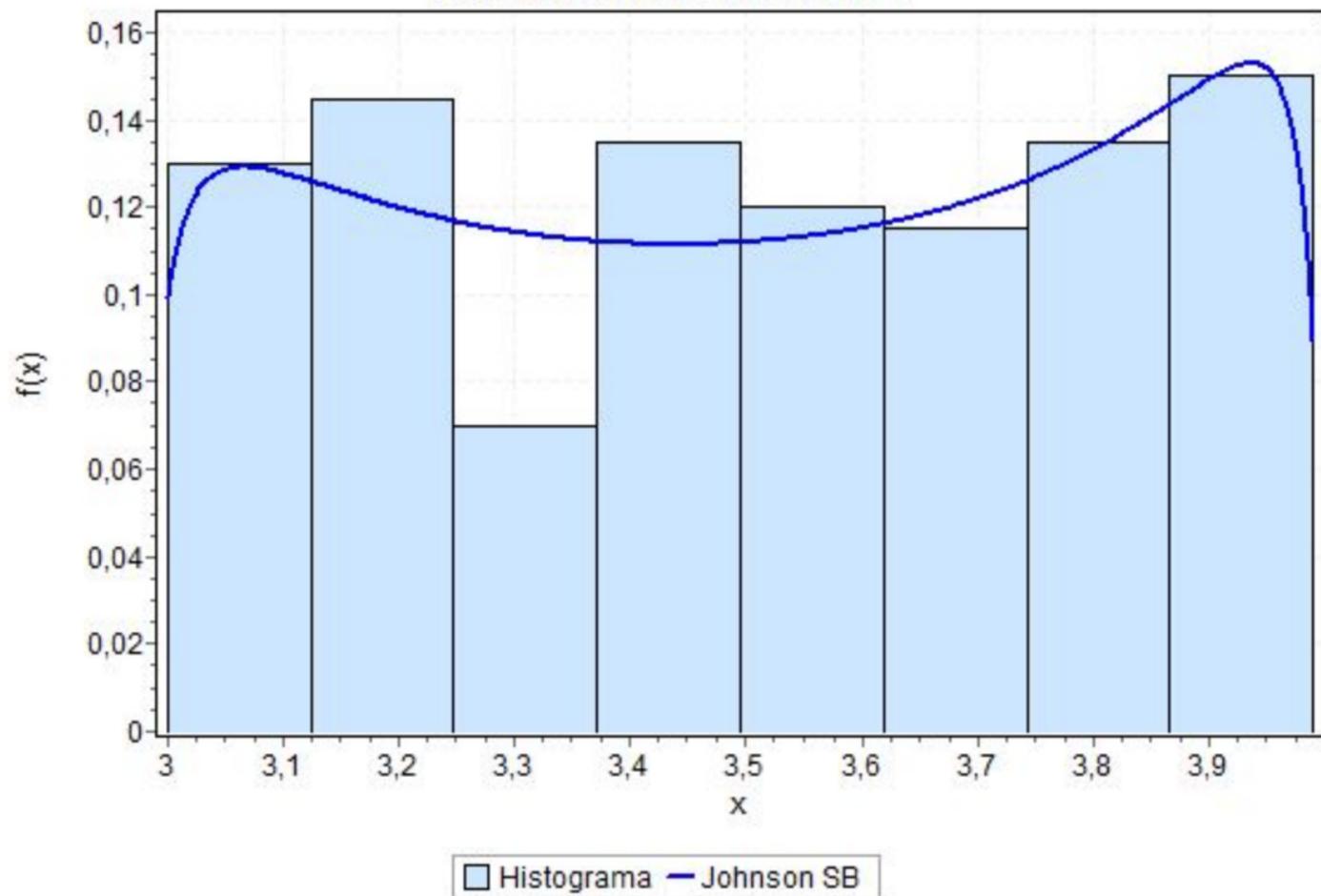
■ Histograma — Johnson SB

Johnson SB

$\gamma$  -0,23469  
 $\delta$  0,64748  
 $\lambda$  6,9946  
 $\xi$  32,938



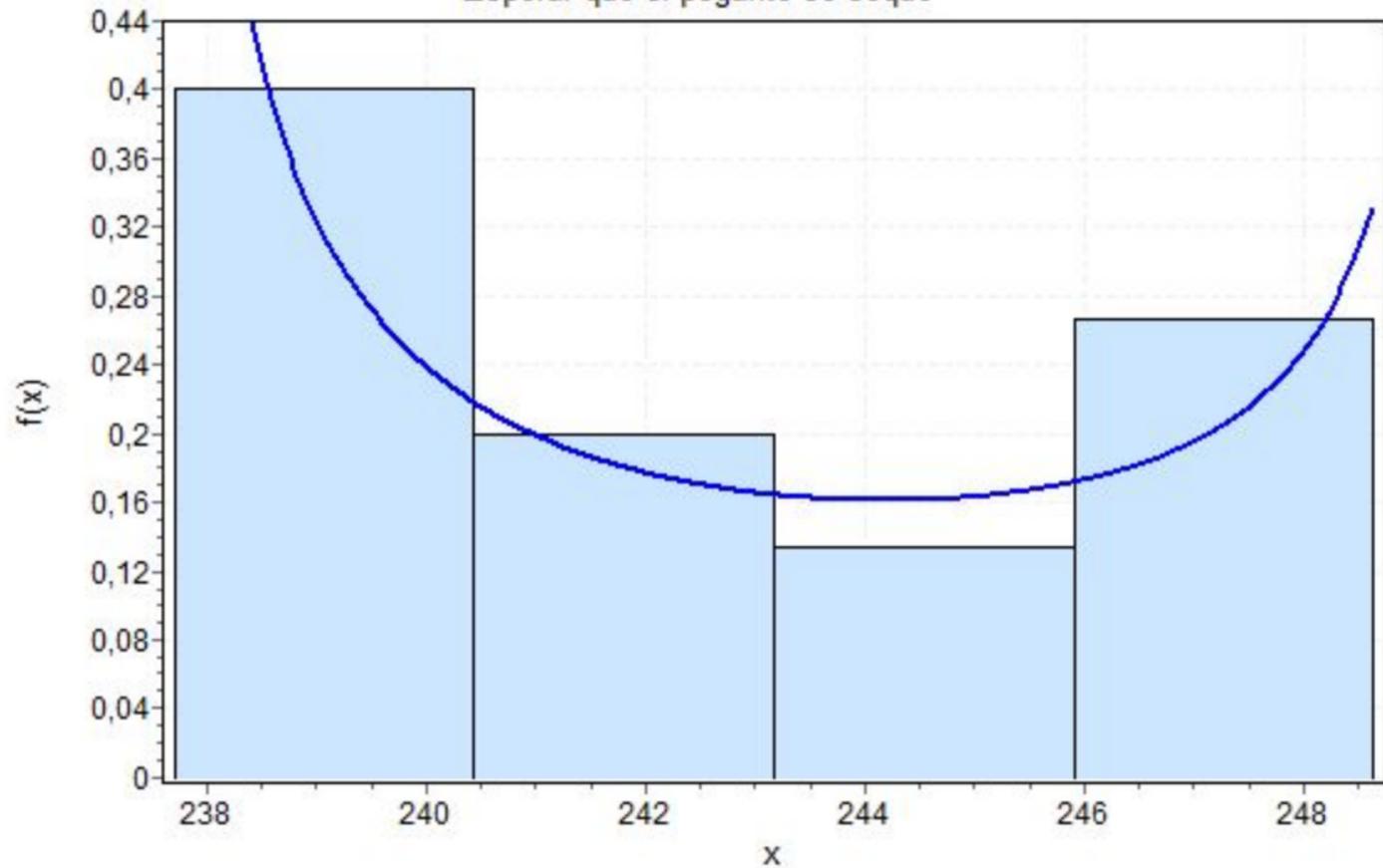
Traslado de la mesa 3 a la mesa 4



Johnson SB

 $\gamma$  -0,05706 $\delta$  0,57855 $\lambda$  1,0195 $\xi$  2,9795

### Esperar que el pegante se seque



■ Histograma — Johnson SB

Johnson SB

$\gamma$  0,2286

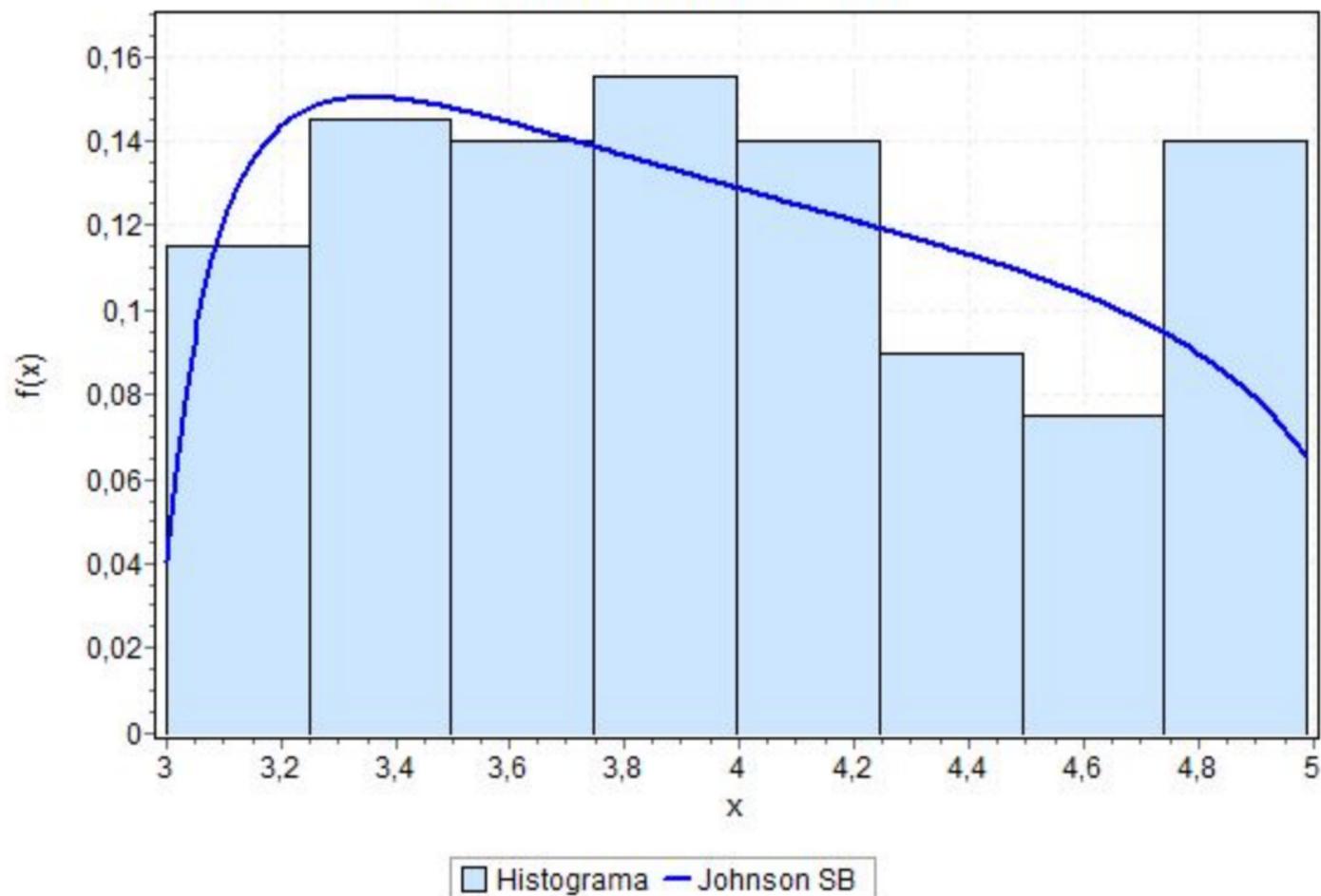
$\delta$  0,43358

$\lambda$  11,269

$\xi$  237,65



Traslado de la mesa 4 a la mesa 1



Johnson SB

$\gamma$  0,23423

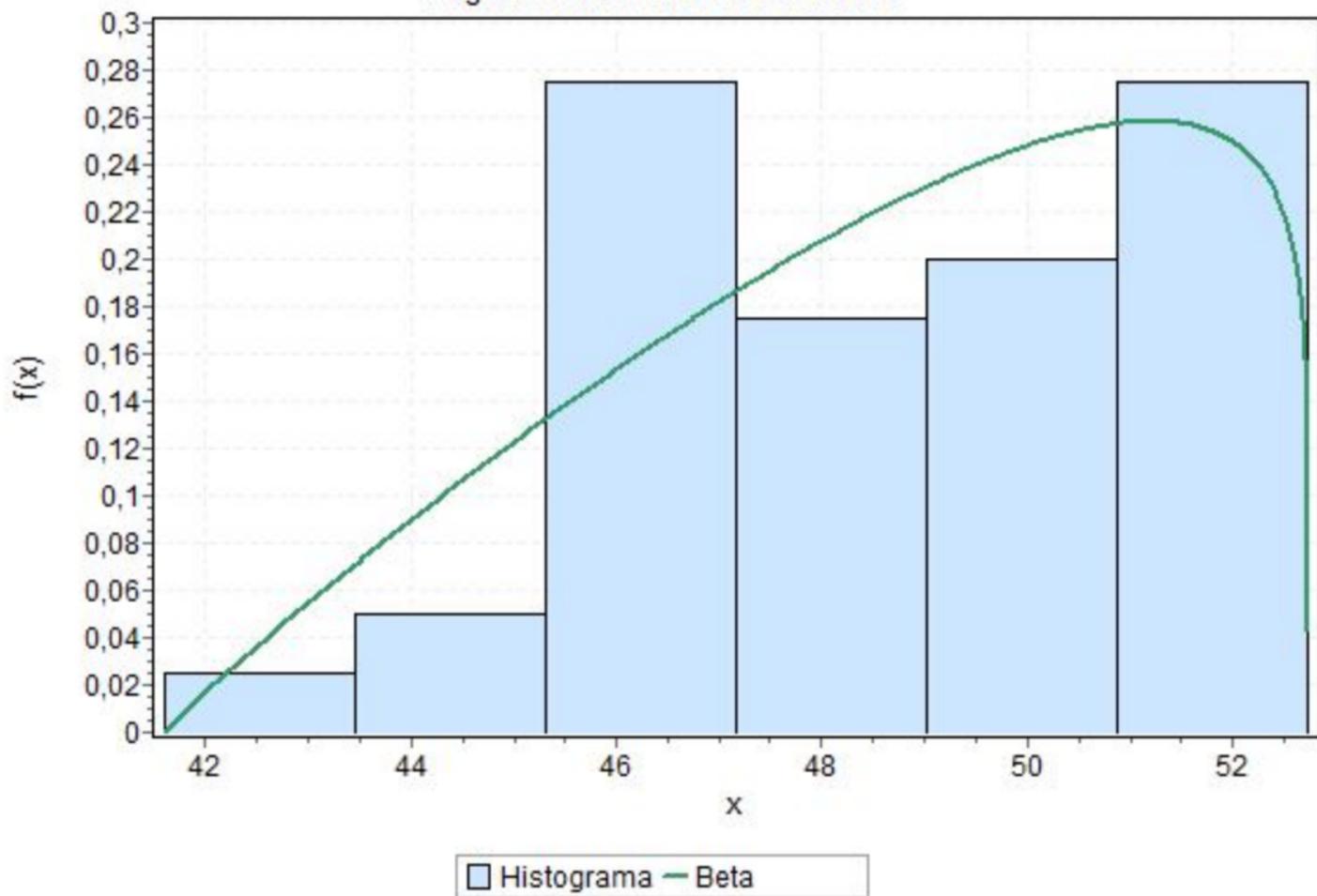
$\delta$  0,72445

$\lambda$  2,2319

$\xi$  2,9686



Pegar lado A de ambos materiales



Beta

$\alpha 1$  1,9508

$\alpha 2$  1,1496

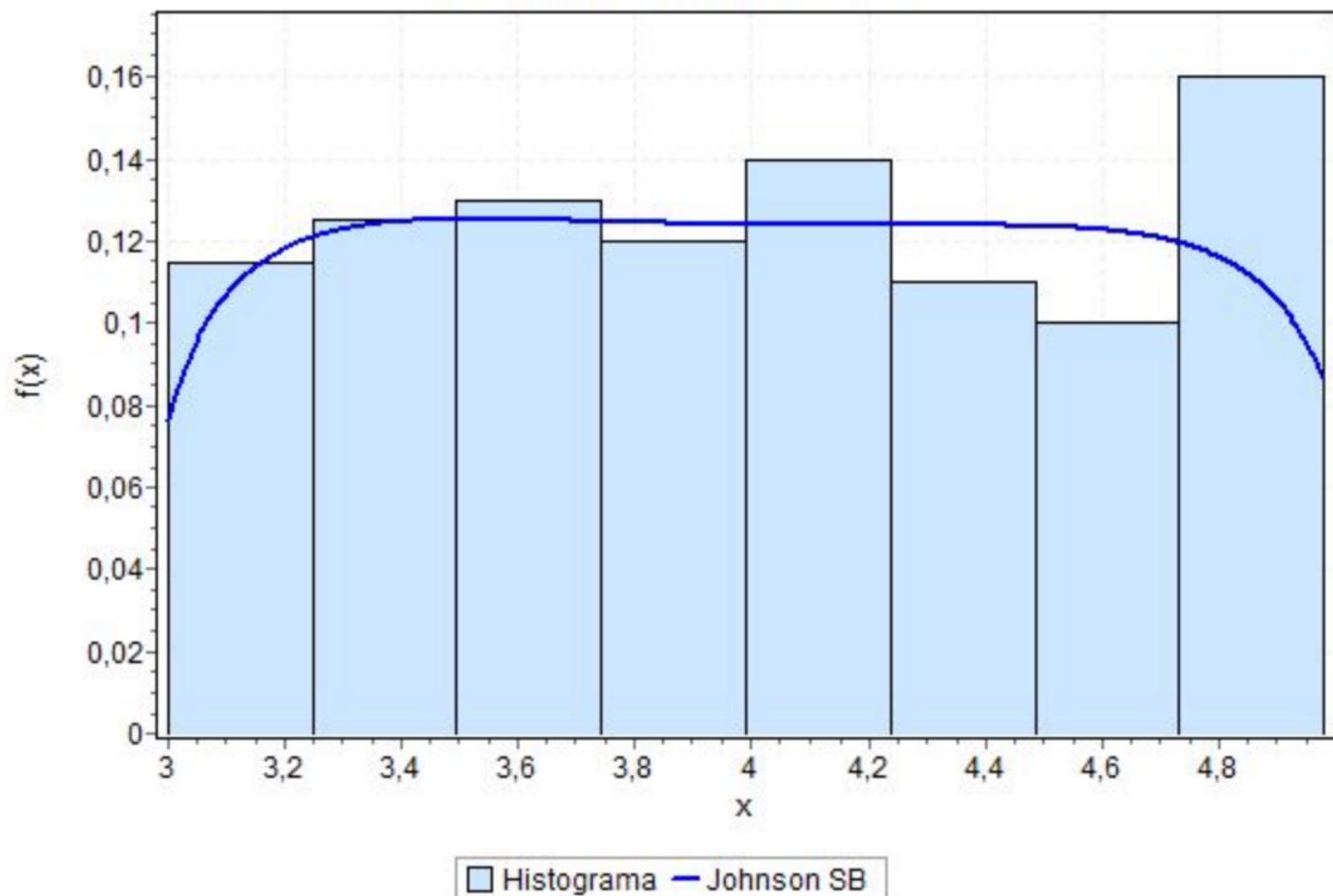
a 41,6



b 52,73



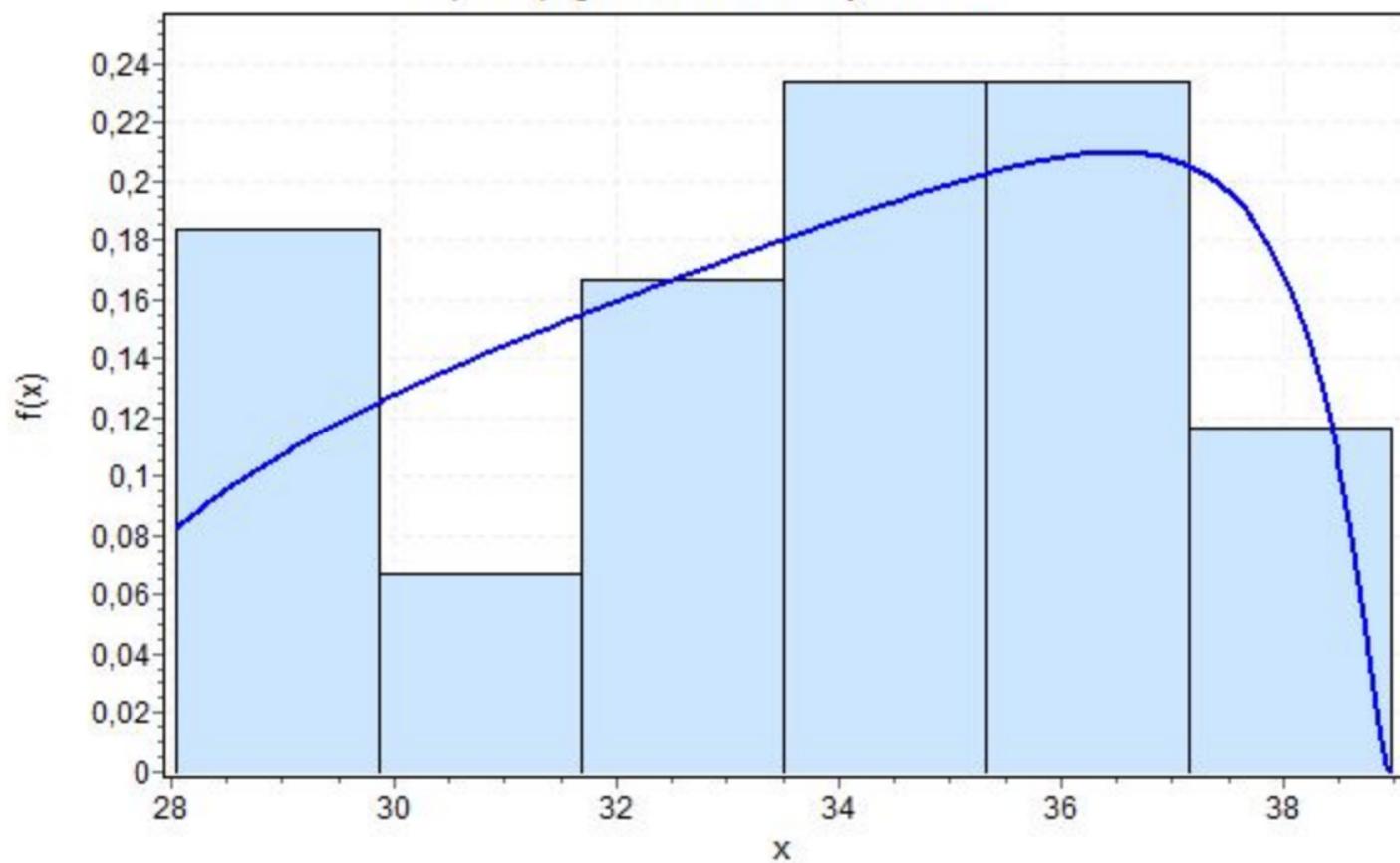
Traslado de la mesa 1 a la mesa 2



Johnson SB

 $\gamma$  0,01058 $\delta$  0,68832 $\lambda$  2,1919 $\xi$  2,9108

### Aplicar pegante a lado B del yumbolon



■ Histograma — Johnson SB

Johnson SB

$\gamma$  -0,34528

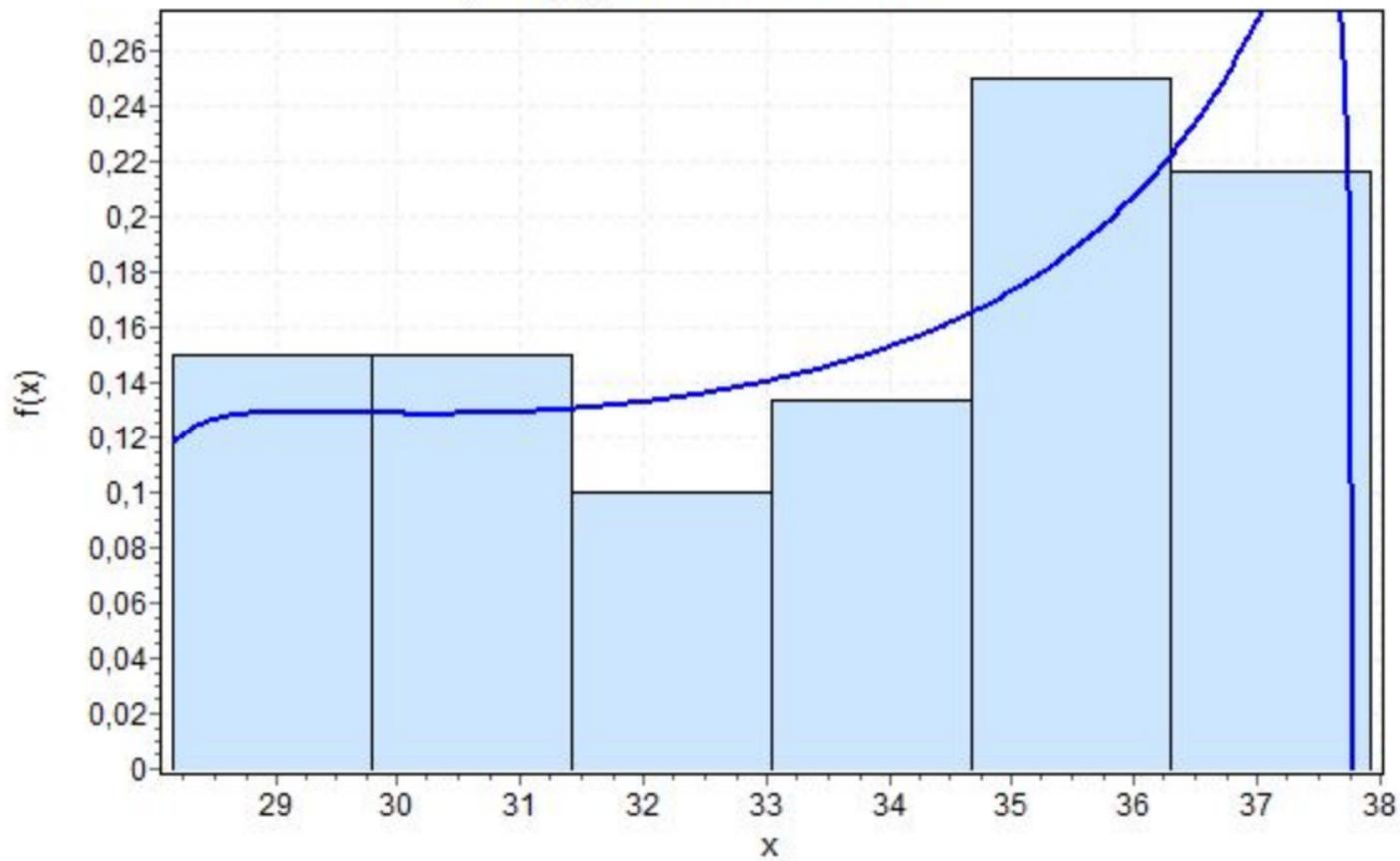
$\delta$  0,78547

$\lambda$  12,906

$\xi$  26,049



### Aplicar pegante a lado B del cartón



Johnson SB

$\gamma$  -0,27654

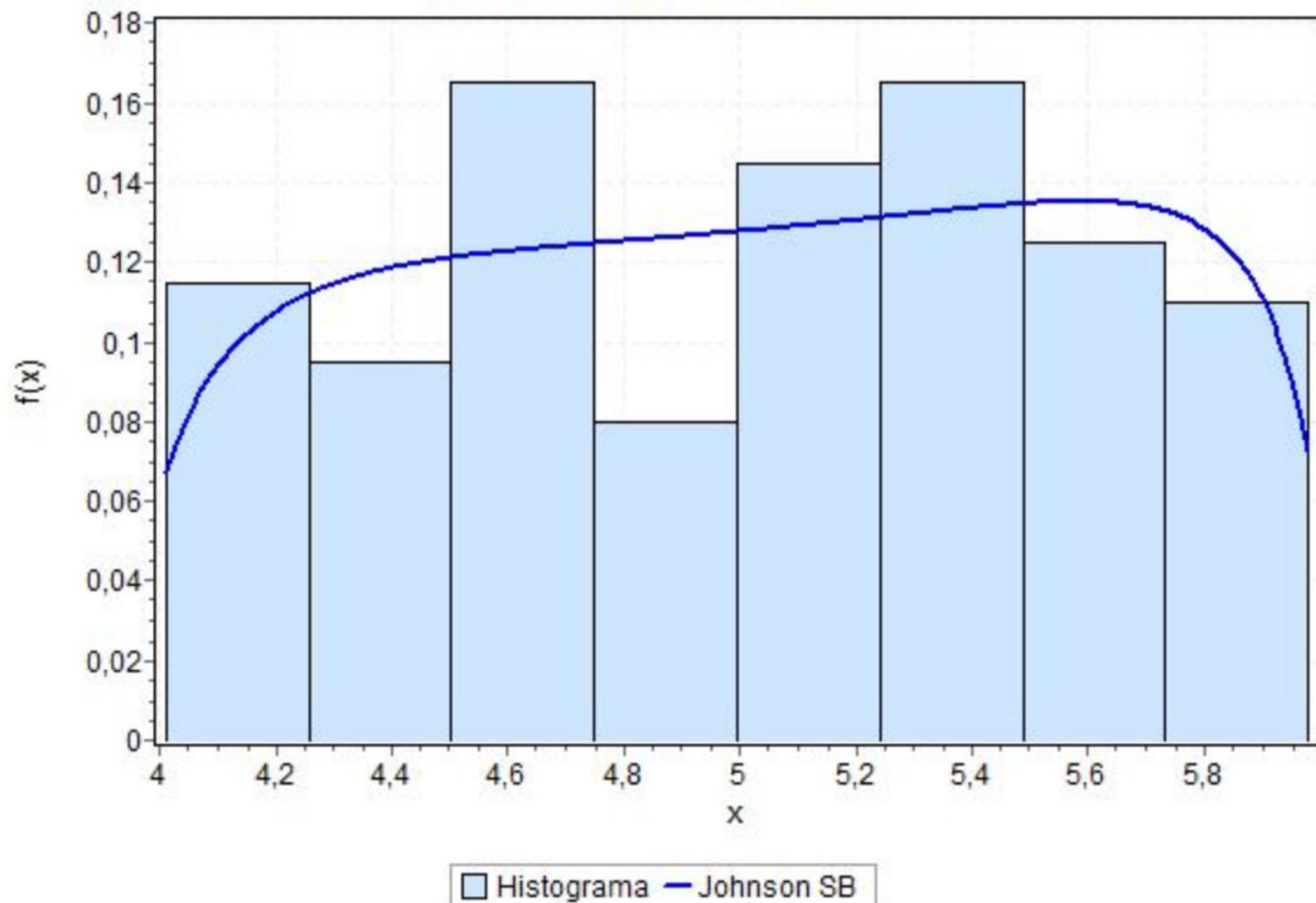
$\delta$  0,55927

$\lambda$  10,122

$\xi$  27,673



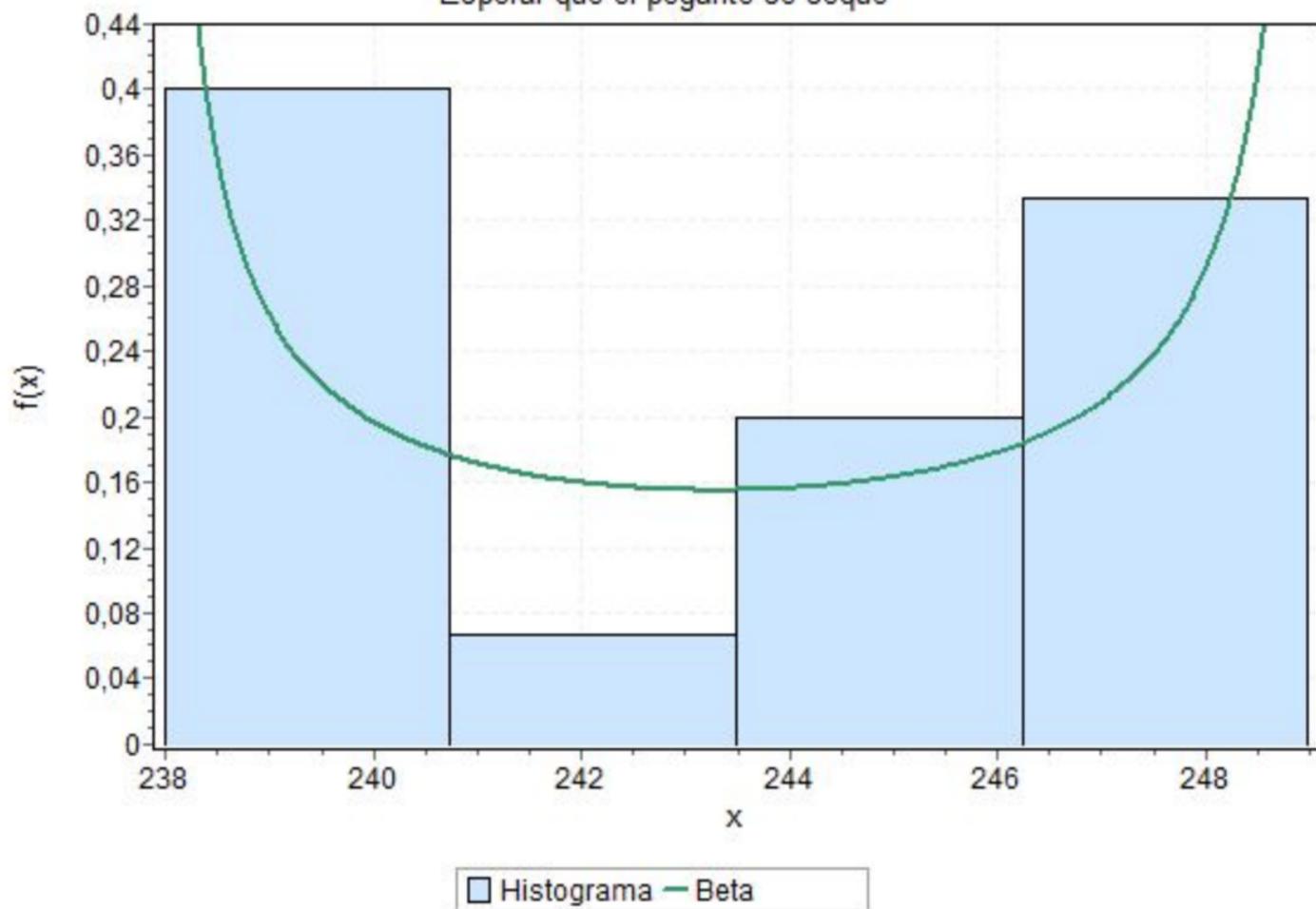
Traslado de la mesa 2 a la mesa 4



Johnson SB

 $\gamma$  -0,0773 $\delta$  0,69314 $\lambda$  2,1302 $\xi$  3,9137

### Esperar que el pegante se seque



Beta

$\alpha_1$  0,5021

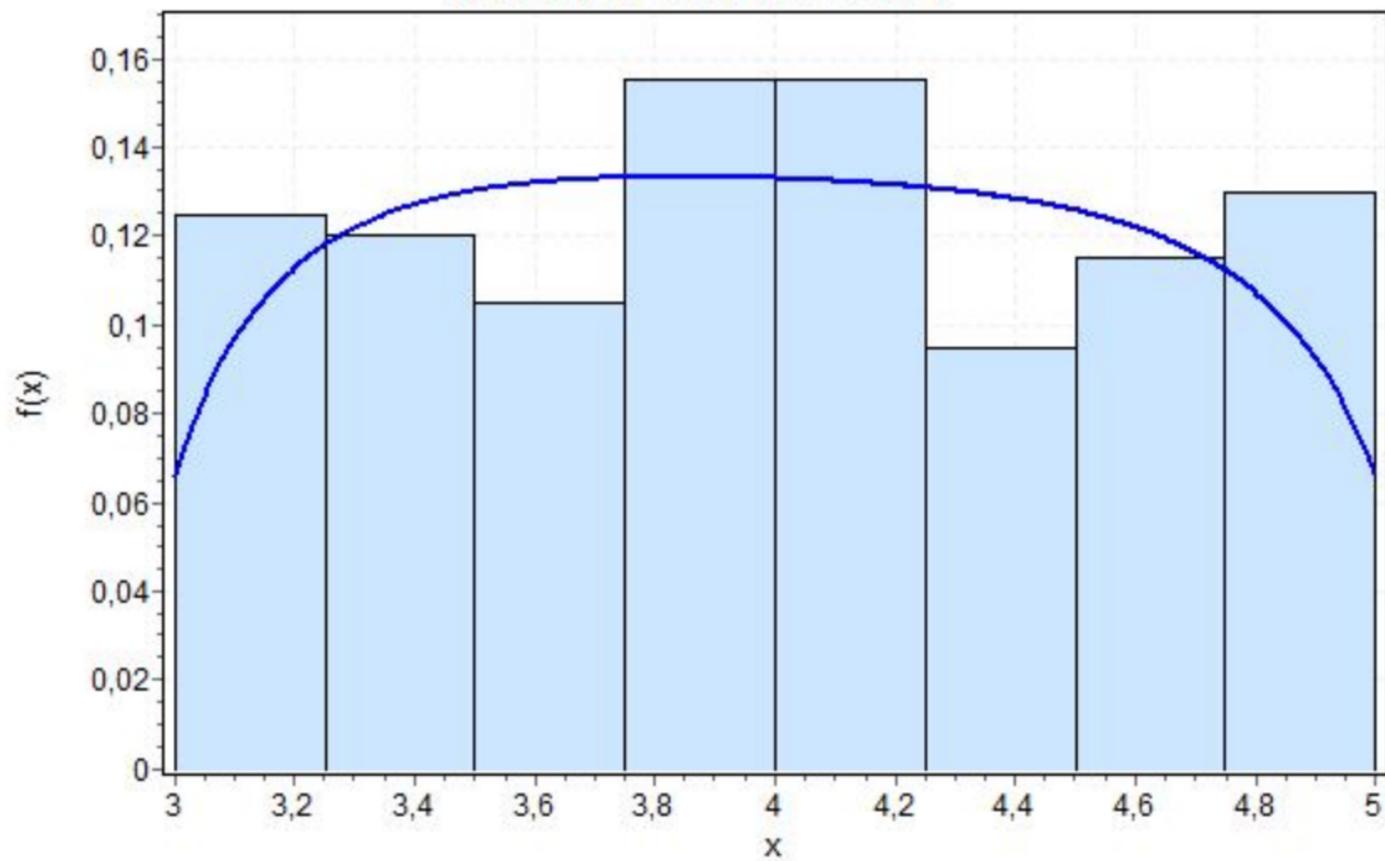
$\alpha_2$  0,46358

a 238,0

b 248,97



Traslado de la mesa 4 a la mesa 1



Histograma
  Johnson SB

Johnson SB

$\gamma$  0,02806

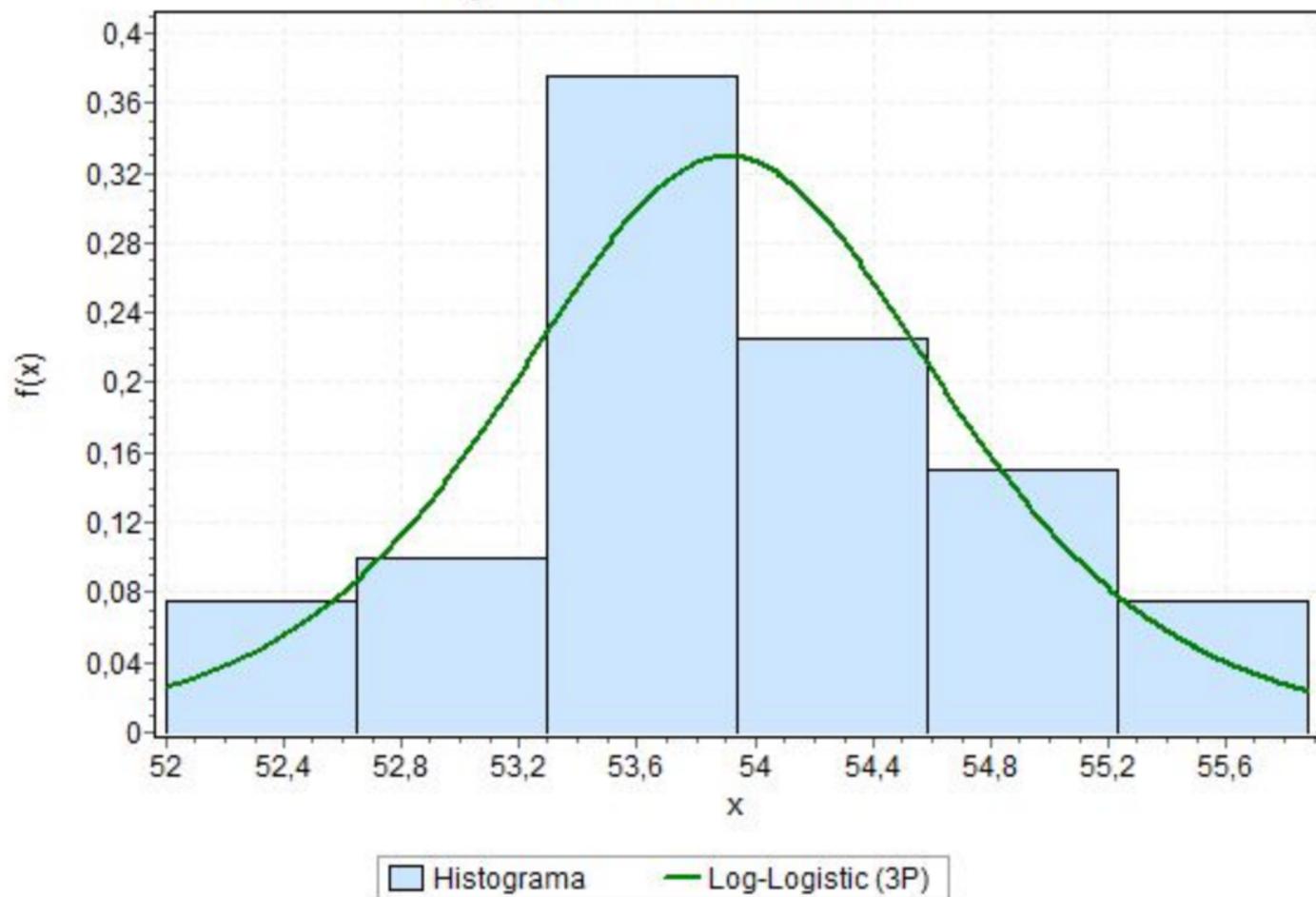
$\delta$  0,75281

$\lambda$  2,259

$\xi$  2,8816



Pegar lado B de ambos materiales

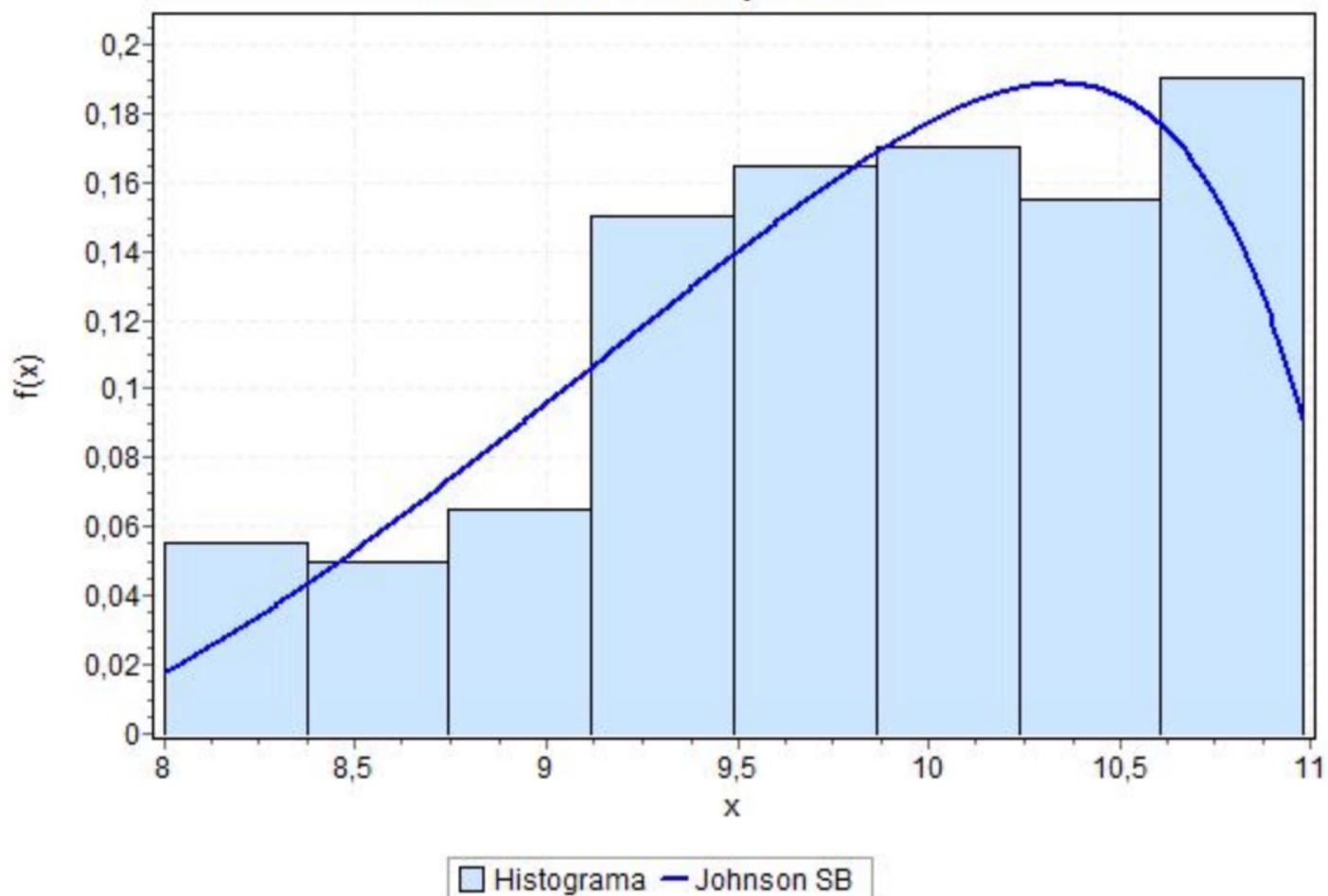


Log-Logistic

$\alpha$  391,04  
 $\beta$  191,82  
 $\gamma$  -137,91



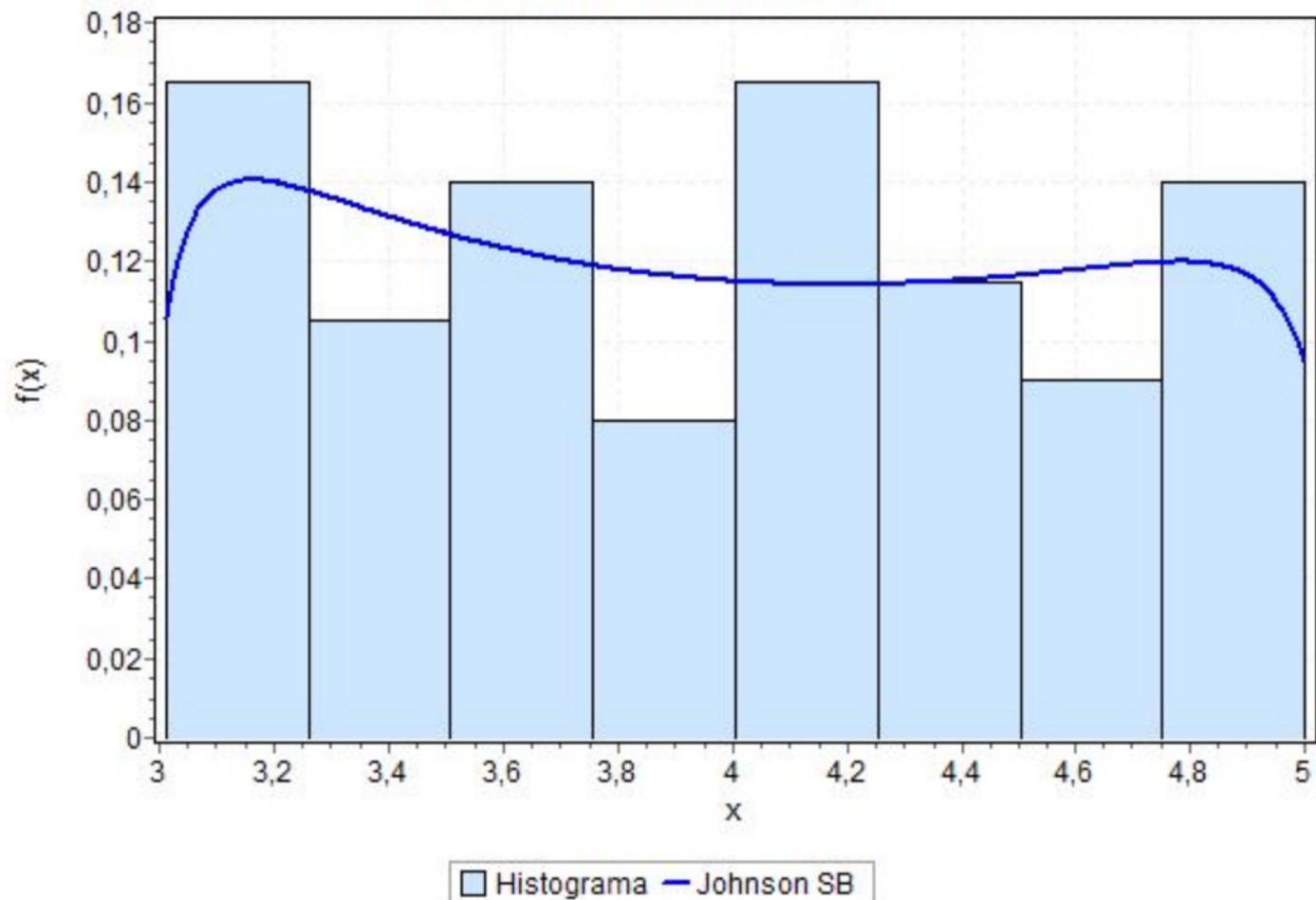
Recortar sobrante de yumbolon



Johnson SB

 $\gamma$  -0,6783 $\delta$  1,0233 $\lambda$  3,8986 $\xi$  7,3676

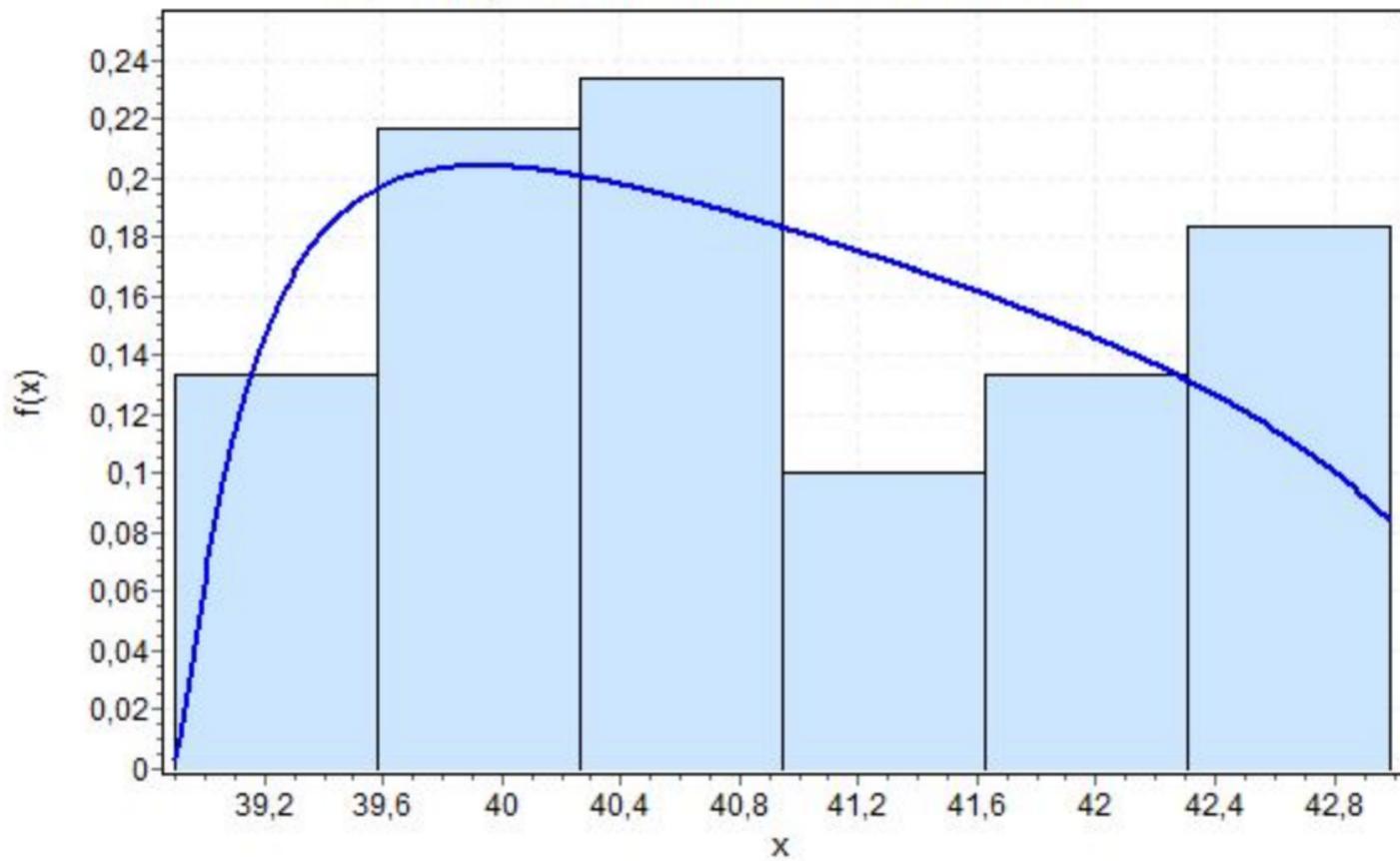
Traslado de la mesa 1 a la mesa 3



Johnson SB

 $\gamma$  0,06277 $\delta$  0,61232 $\lambda$  2,1126 $\xi$  2,9613

### Aplicar pegante a la lona dentro de la línea trazada



■ Histograma — Johnson SB

Johnson SB

$\gamma$  0,28656

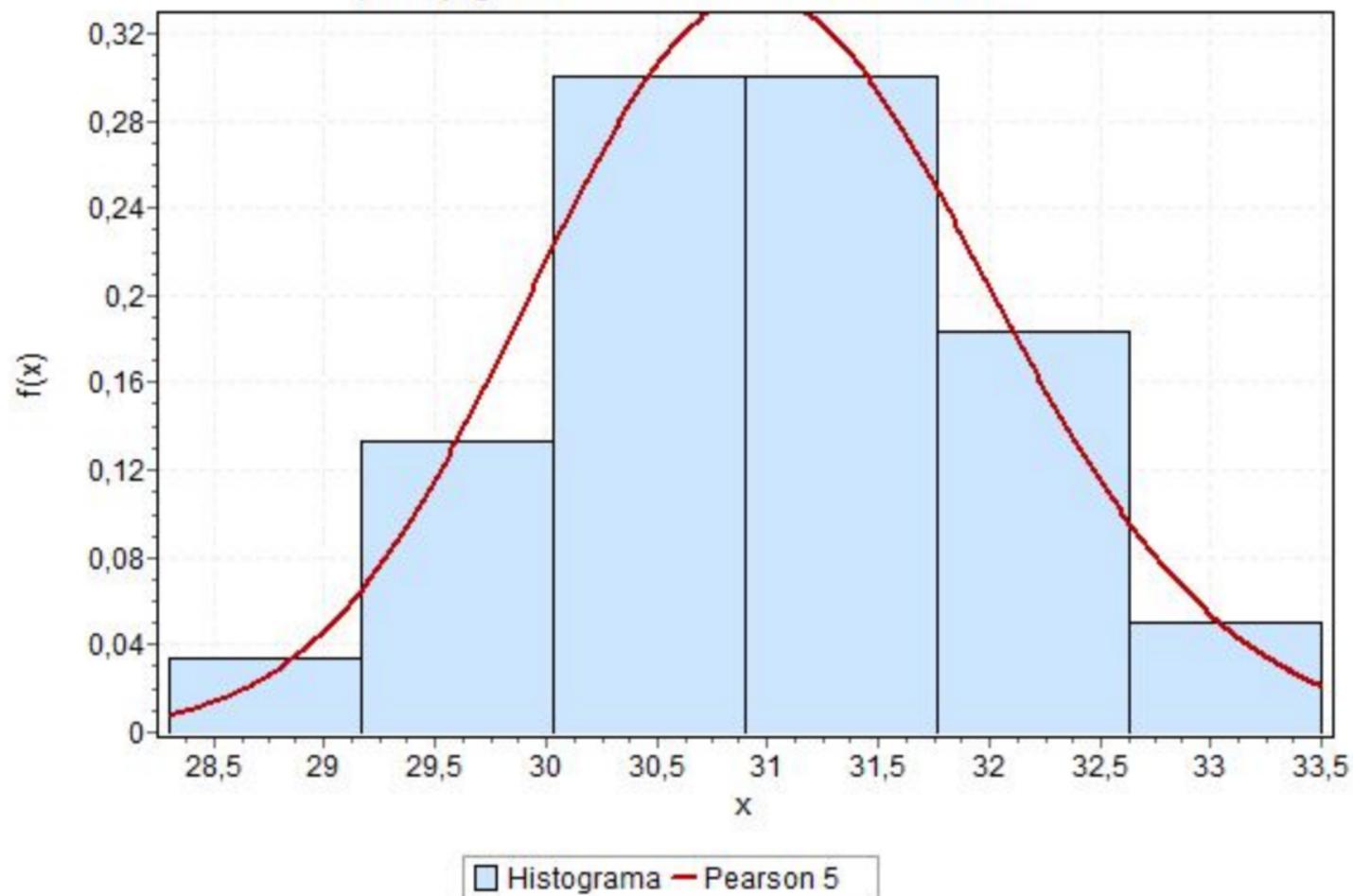
$\delta$  0,78853

$\lambda$  4,7562

$\xi$  38,881



### Aplicar pegante a un lado en el interior del cartón



Pearson 5

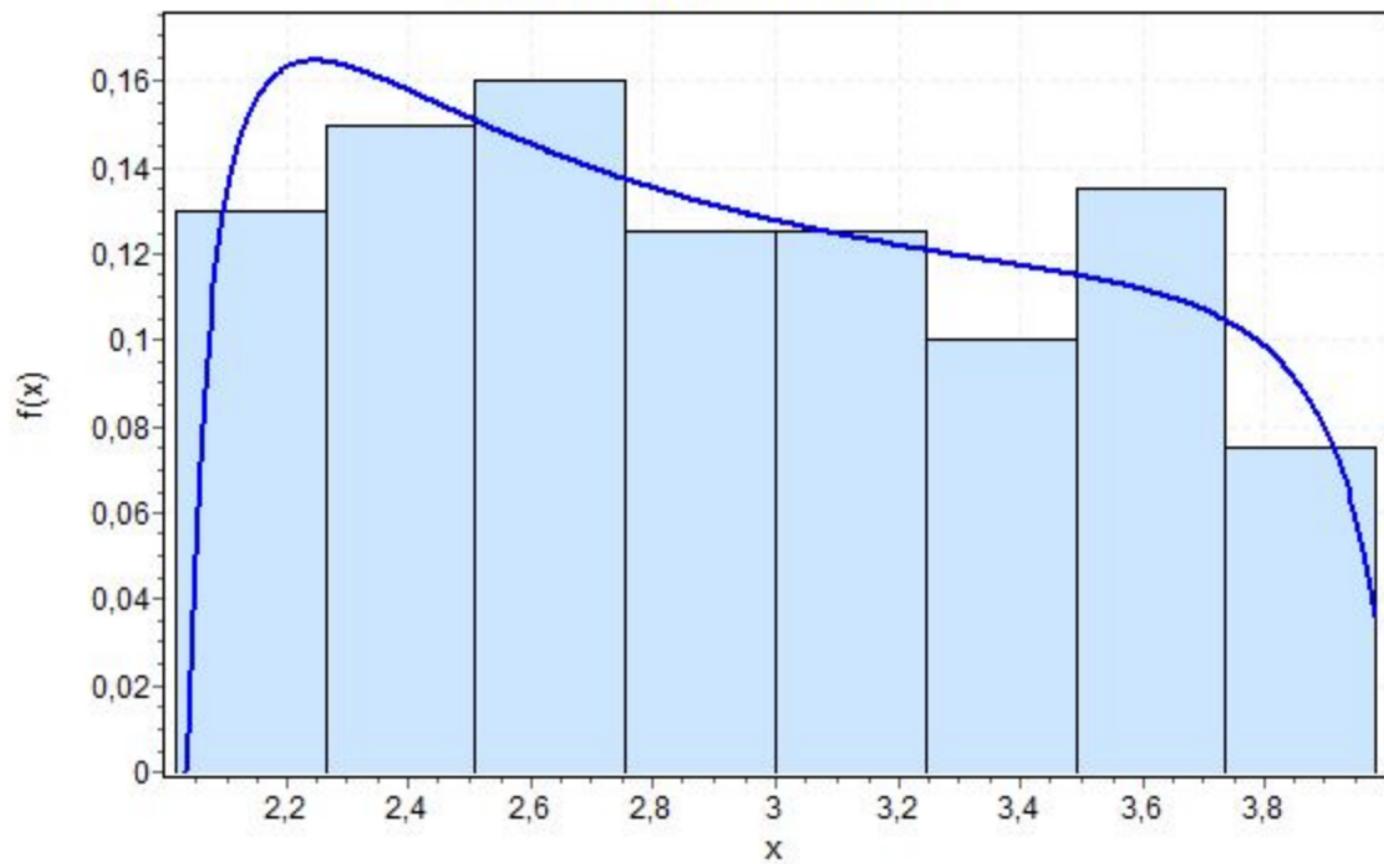
$\alpha$  915,09

$\beta$  28355,0

$\gamma$  0



Traslado de la mesa 3 a la mesa 4

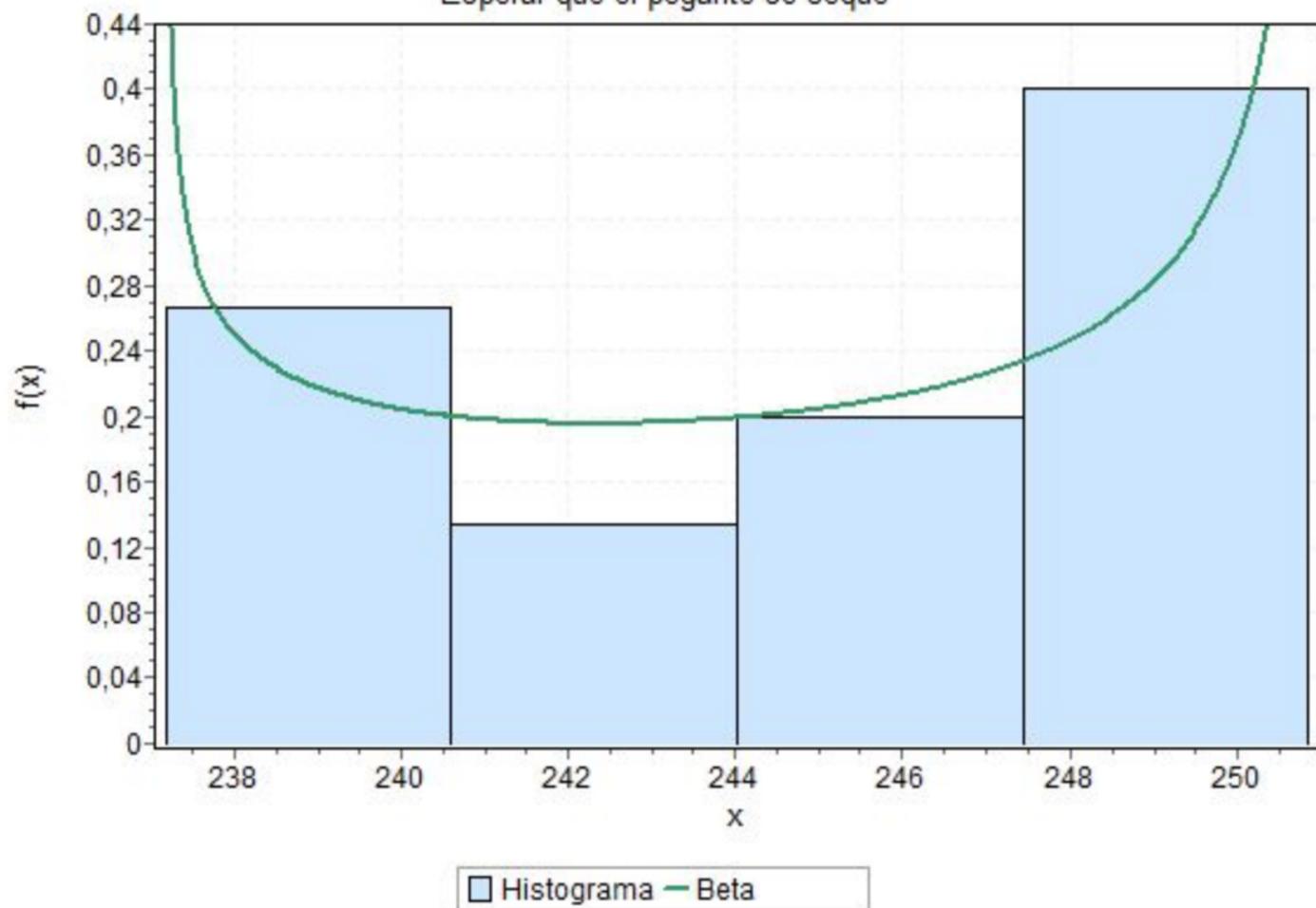


■ Histograma — Johnson SB

Johnson SB

 $\gamma$  0,1878 $\delta$  0,65314 $\lambda$  1,9788 $\xi$  2,0364

### Esperar que el pegante se seque



Beta

$\alpha_1$  0,78497

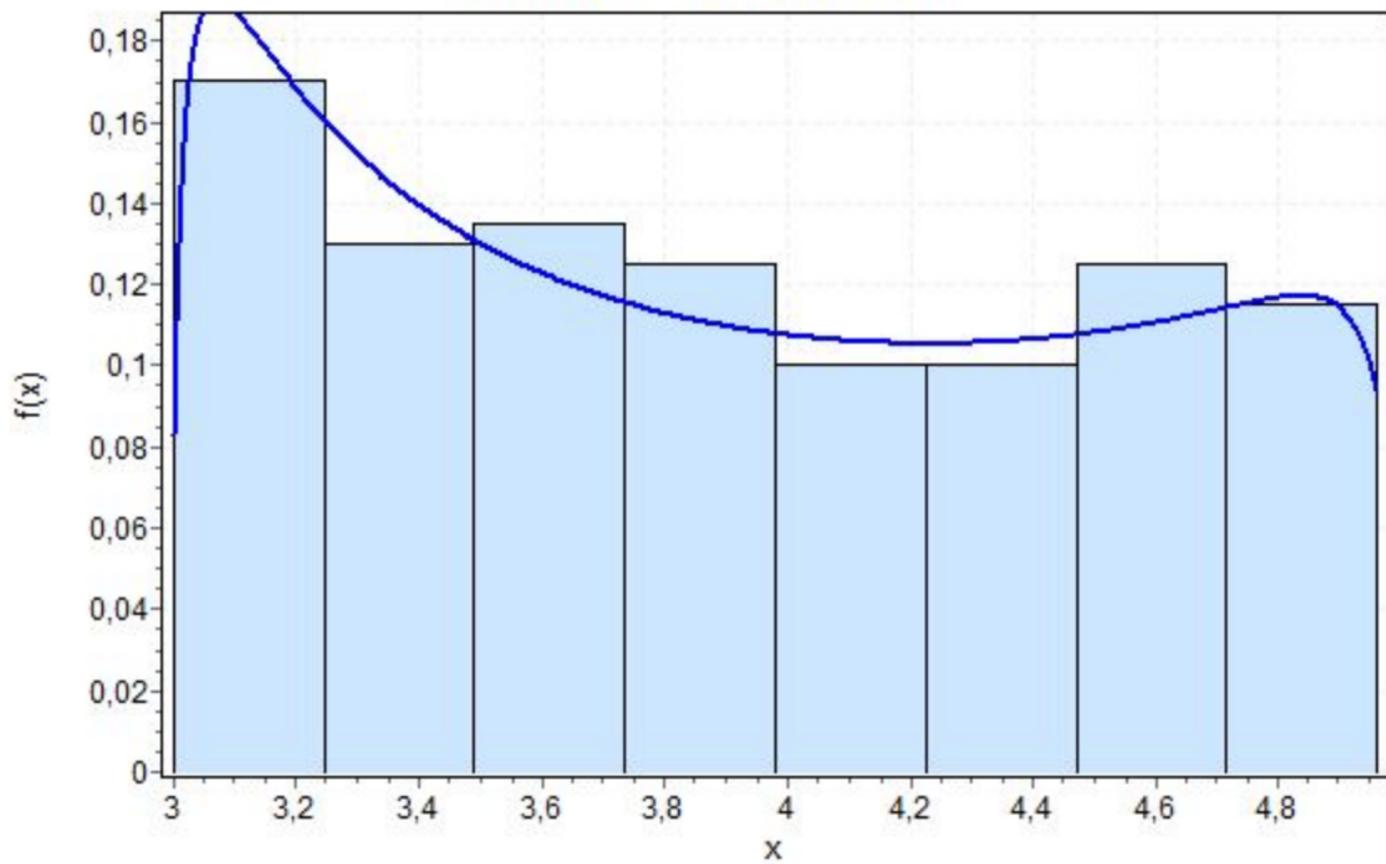
$\alpha_2$  0,64085

a 237,19 

b 250,85 



Traslado de la mesa 4 a la mesa 1

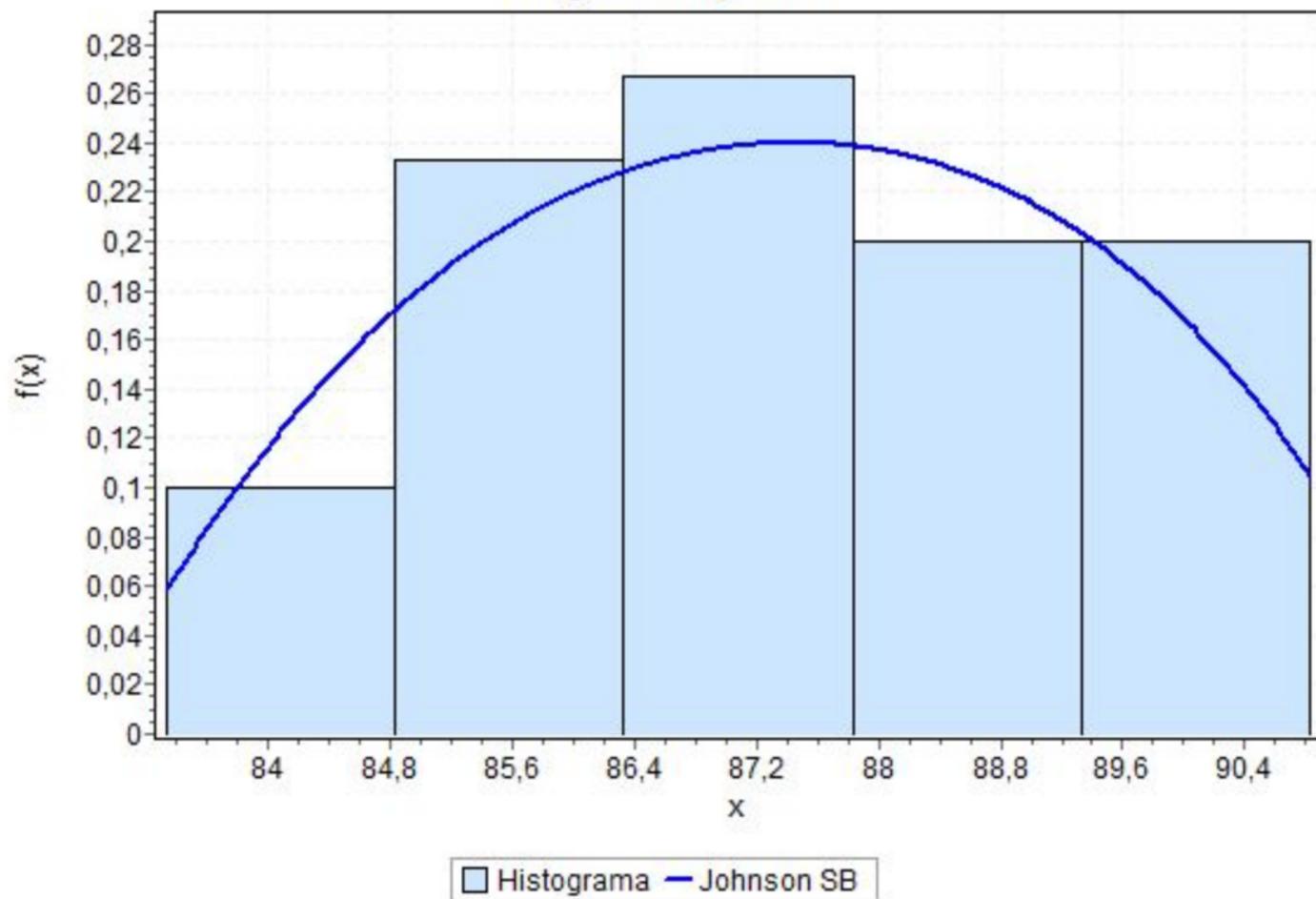


■ Histograma — Johnson SB

Johnson SB

 $\gamma$  0,15206 $\delta$  0,55825 $\lambda$  2,0079 $\xi$  2,9933

Pegar ambas partes

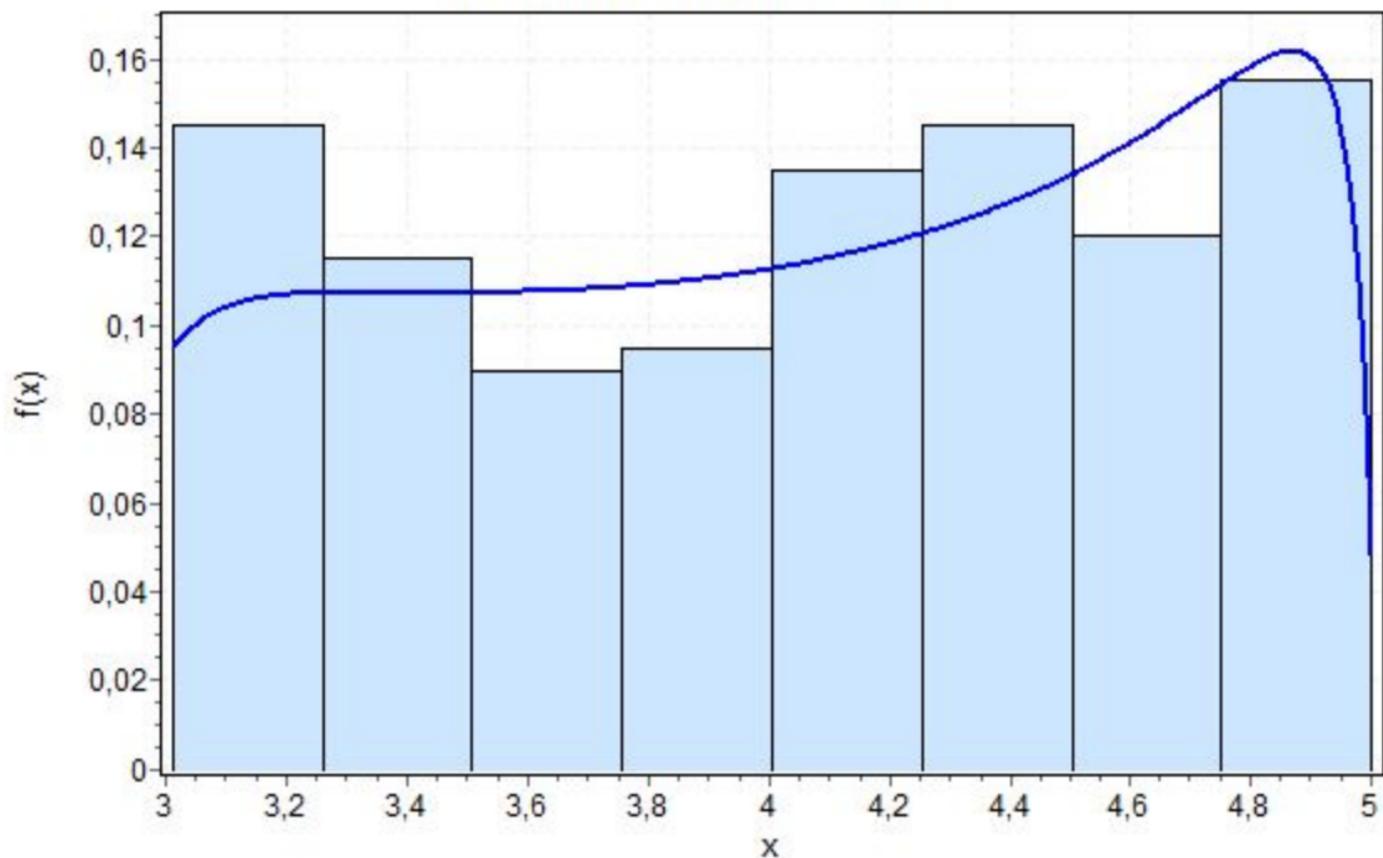


Johnson SB

$\gamma$  -0,0335  
 $\delta$  0,98905  
 $\lambda$  9,867  
 $\xi$  82,34



Traslado de la mesa 1 a la mesa 2

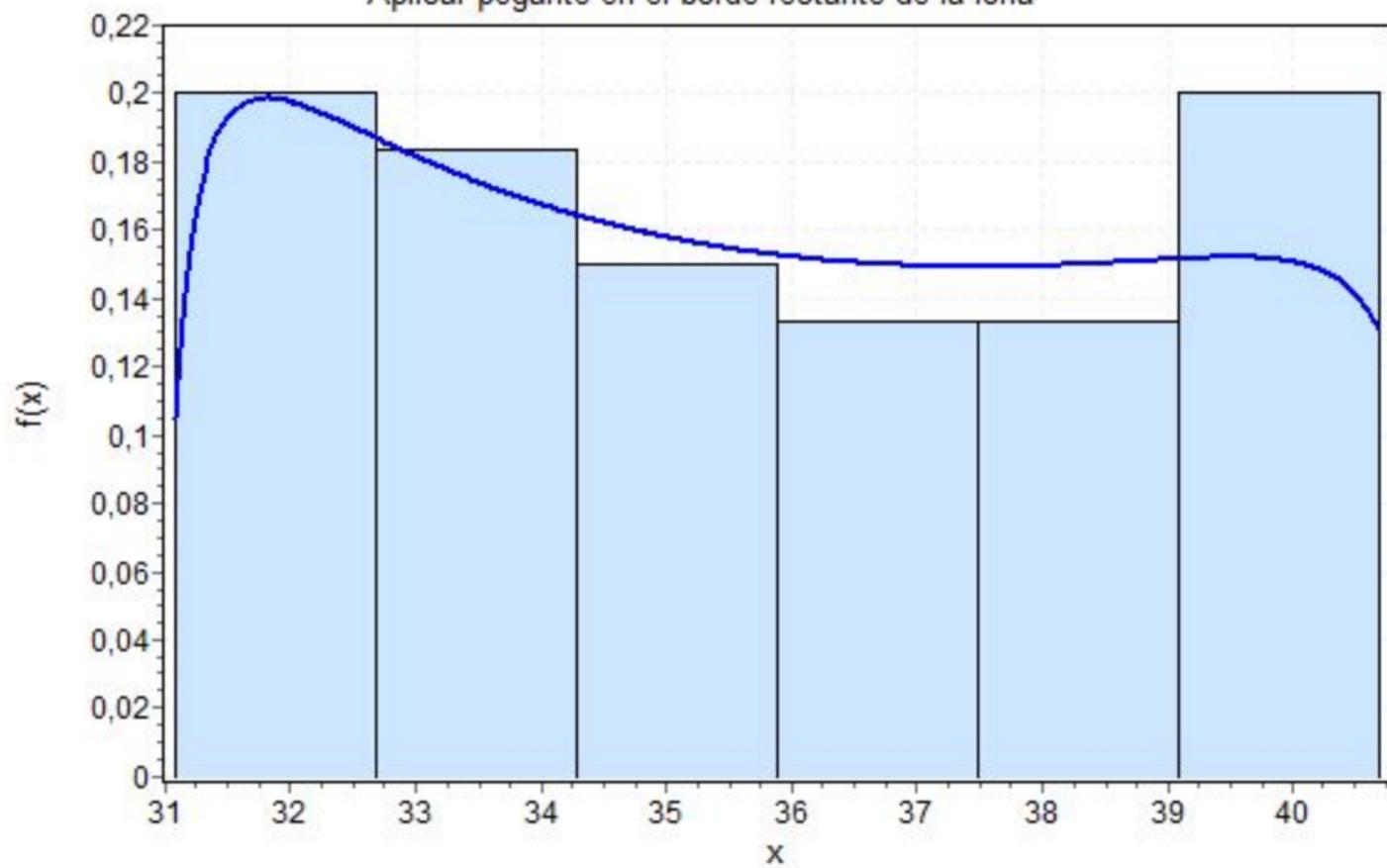


■ Histograma — Johnson SB

Johnson SB

 $\gamma$  -0,15792 $\delta$  0,60405 $\lambda$  2,1242 $\xi$  2,8848

### Aplicar pegante en el borde restante de la lona



■ Histograma — Johnson SB

Johnson SB

$\gamma$  0,10544

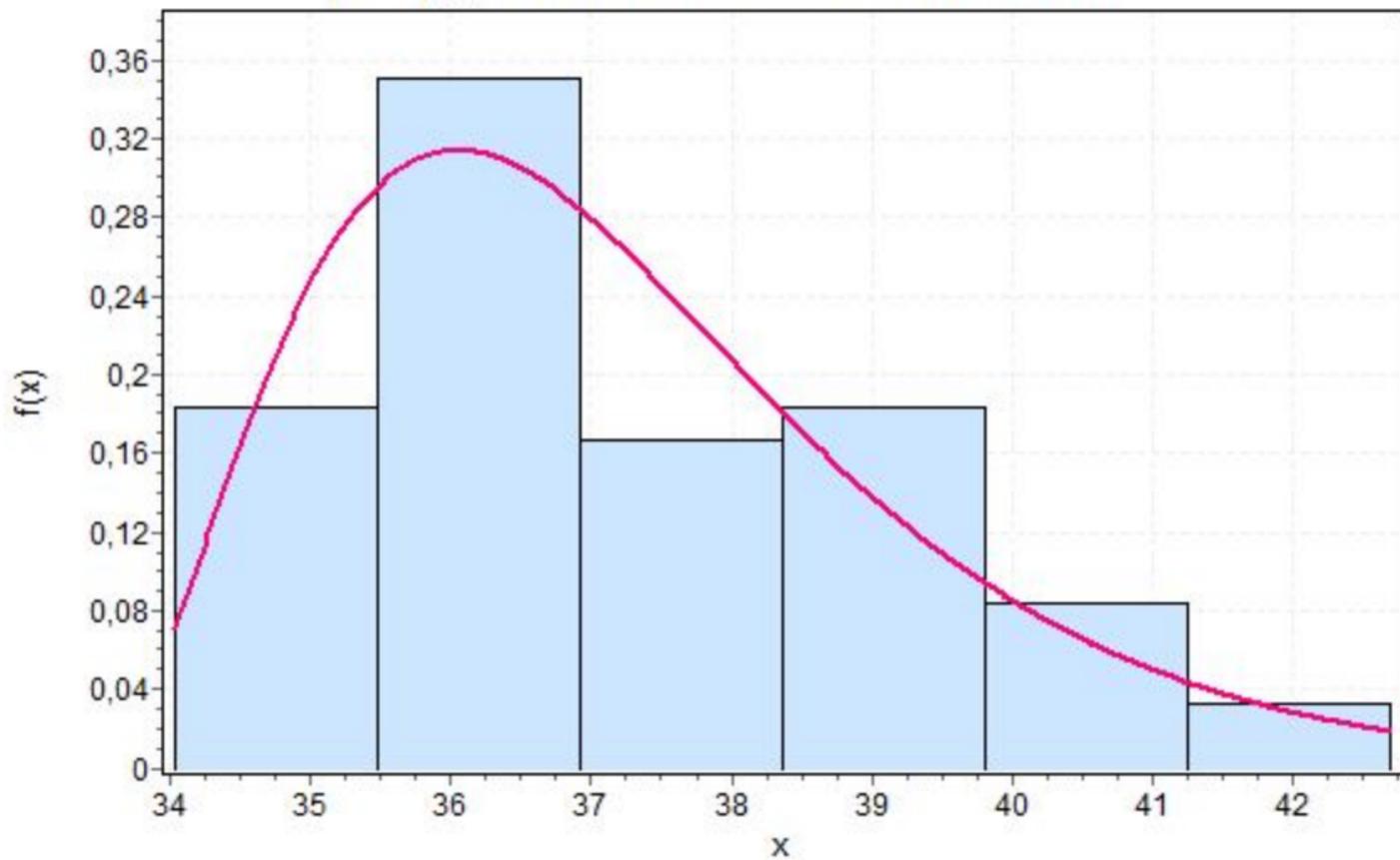
$\delta$  0,61051

$\lambda$  10,224

$\xi$  30,972



### Aplicar pegante en el borde interior restante del cartón



■ Histograma — Gamma (3P)

Gamma

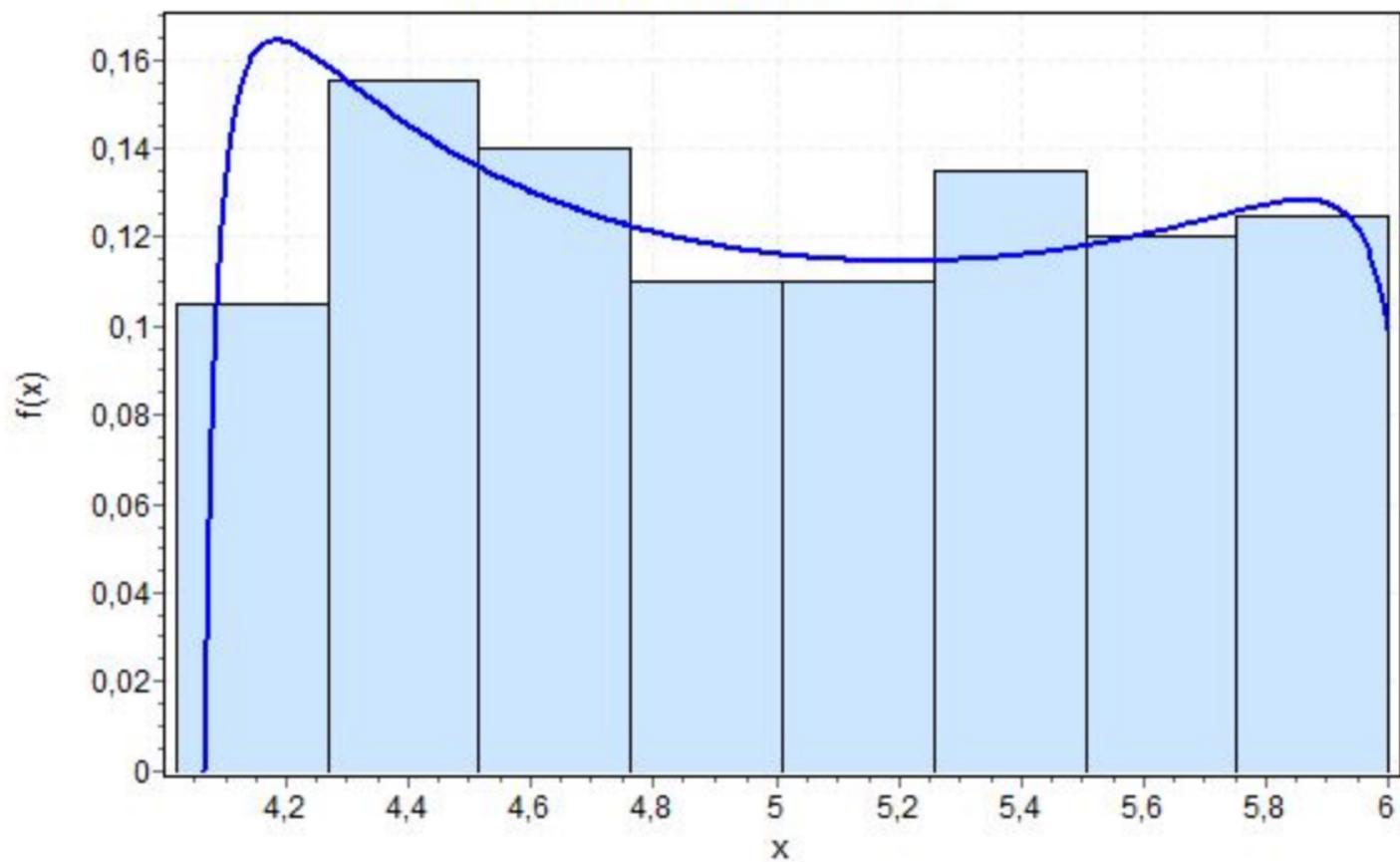
$\alpha$  3,2873

$\beta$  1,1709

$\gamma$  33,368



Traslado de la mesa 2 a la mesa 4



Histograma 
  Johnson SB

Johnson SB

$\gamma$  0,08365

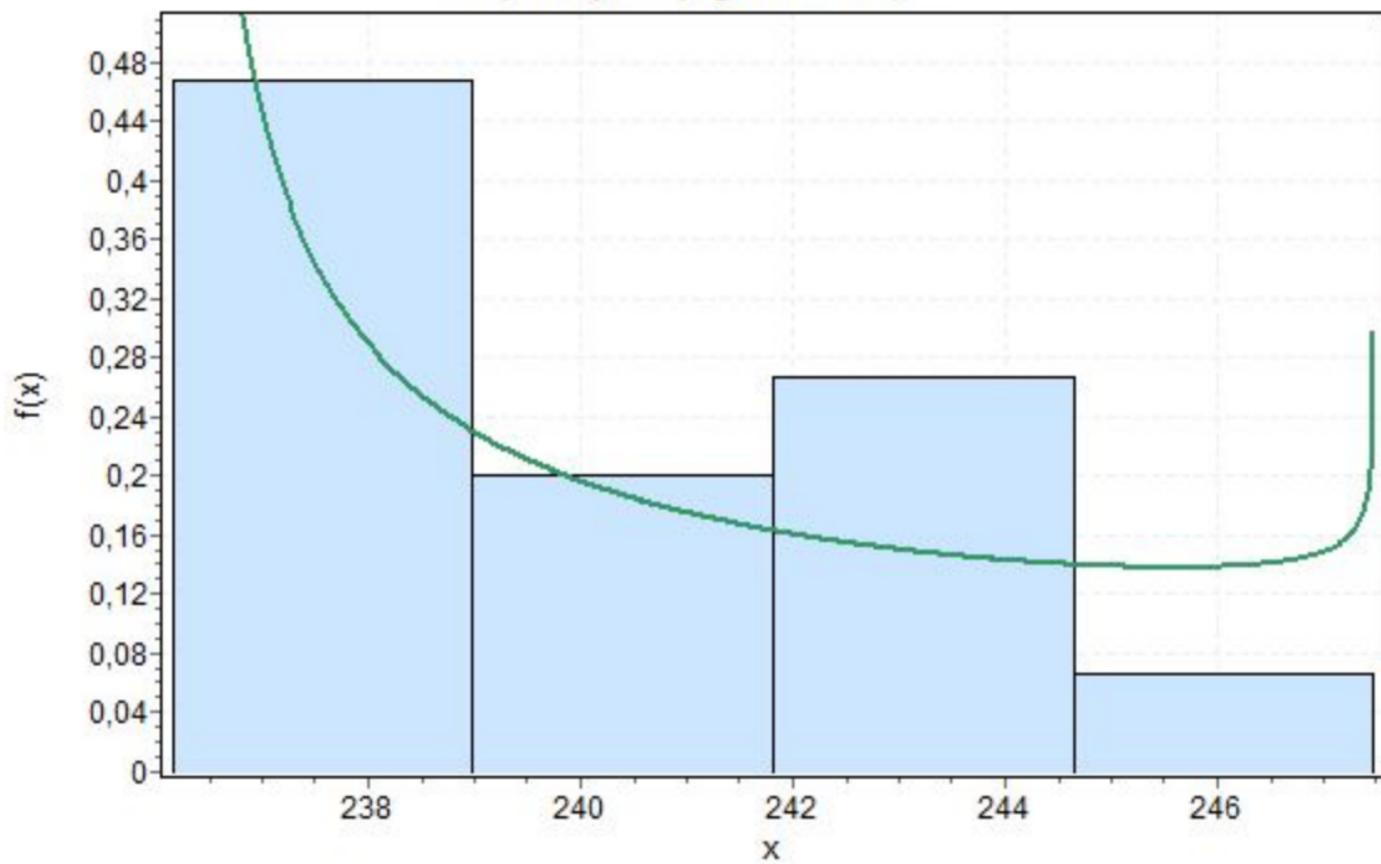
$\delta$  0,57913

$\lambda$  1,9756

$\xi$  4,0673



# Esperar que el pegante se seque



■ Histograma — Beta

Beta

$\alpha_1$  0,43433

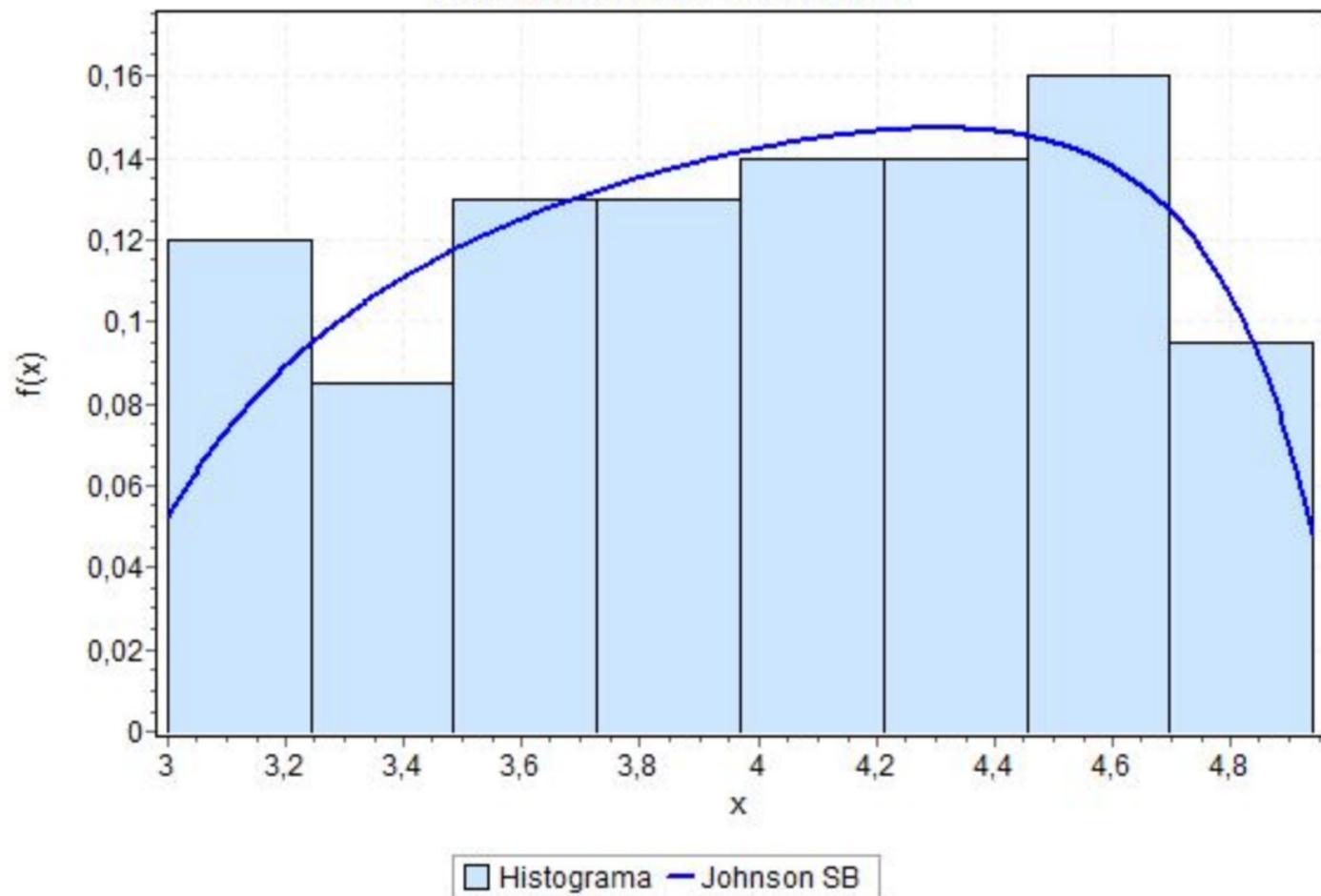
$\alpha_2$  0,88758

a 236,17

b 247,48



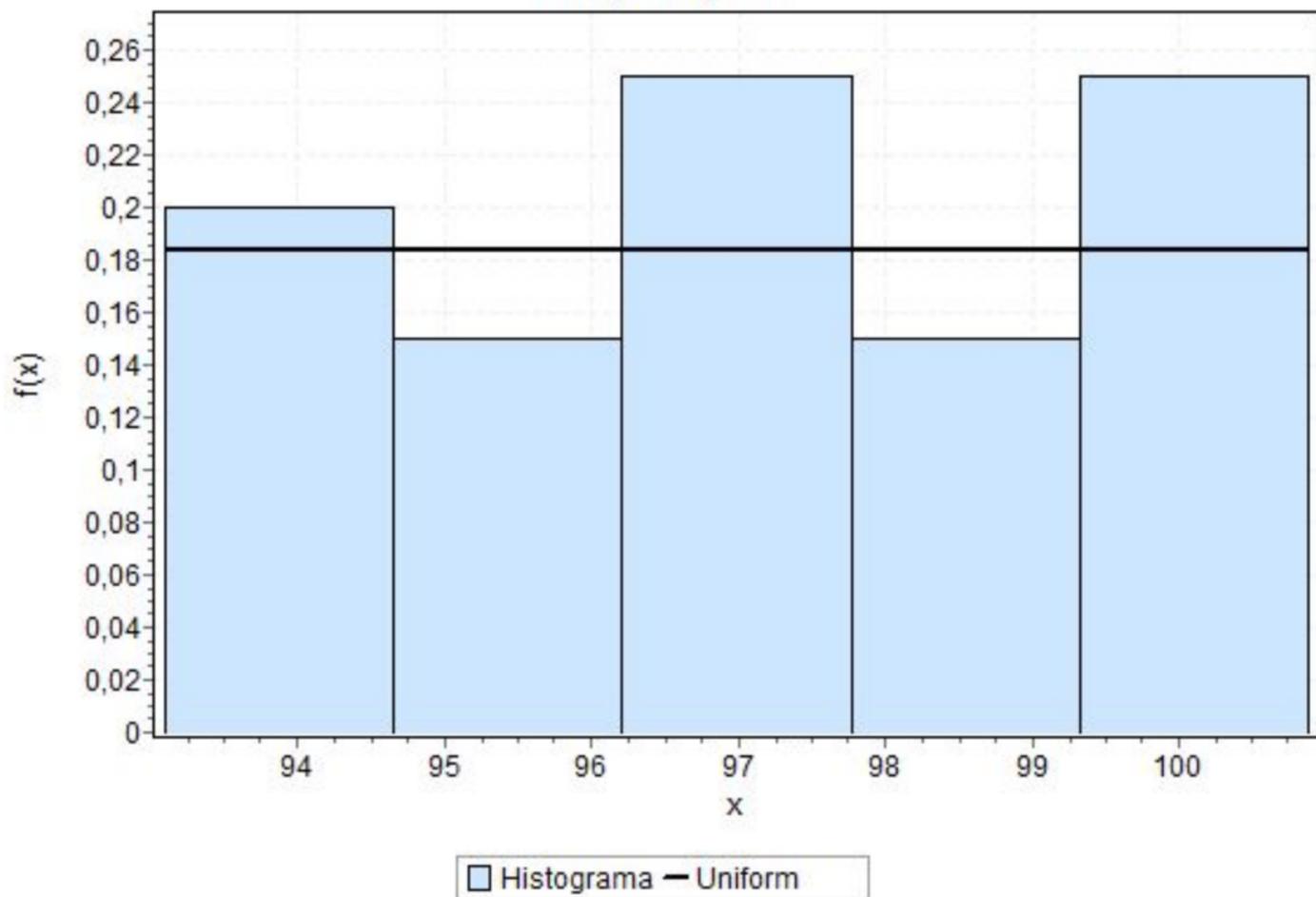
Traslado de la mesa 4 a la mesa 1



Johnson SB

 $\gamma$  -0,16911 $\delta$  0,81656 $\lambda$  2,231 $\xi$  2,798

Templar/Tapizar



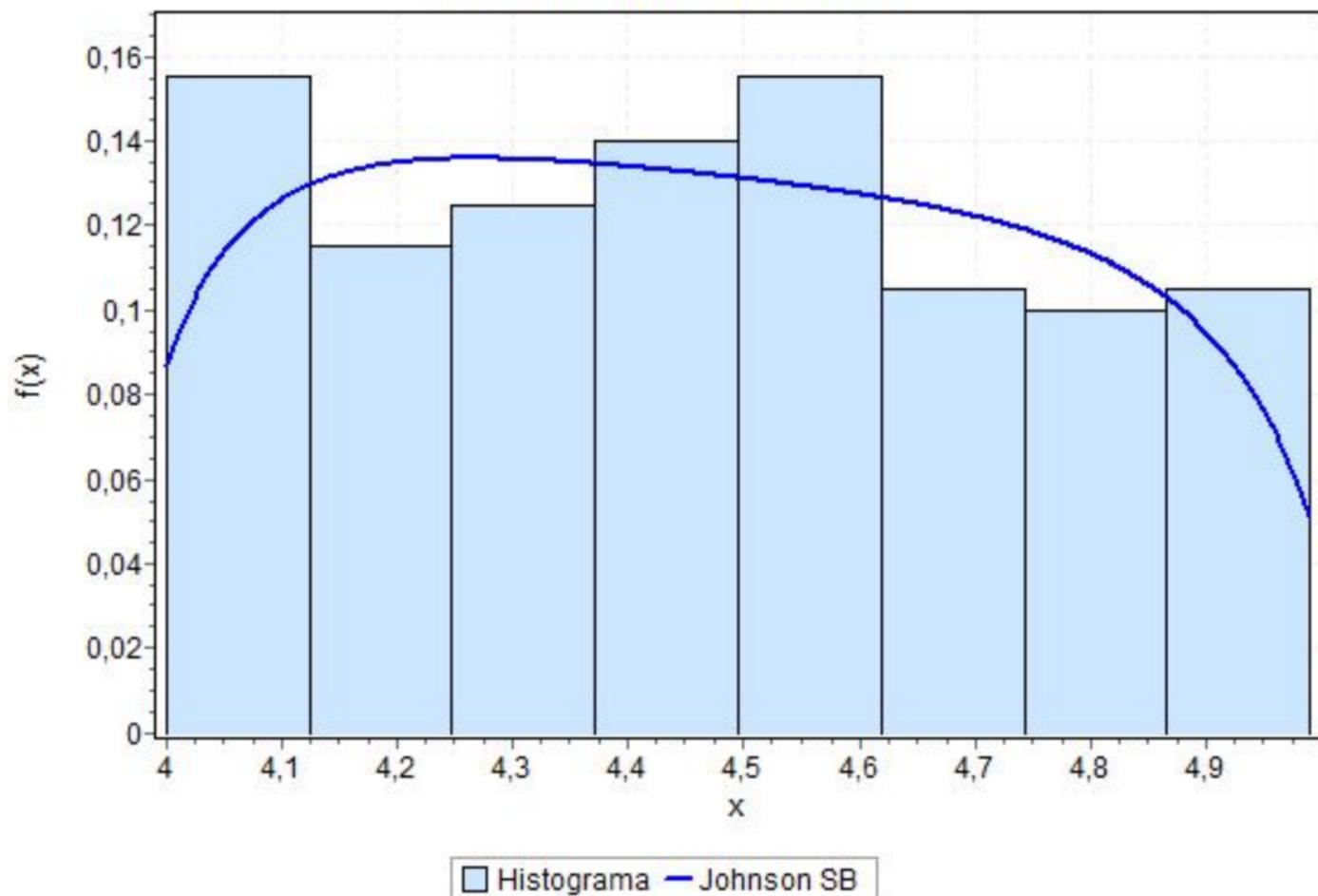
Uniform

a 92,97

b 101,43



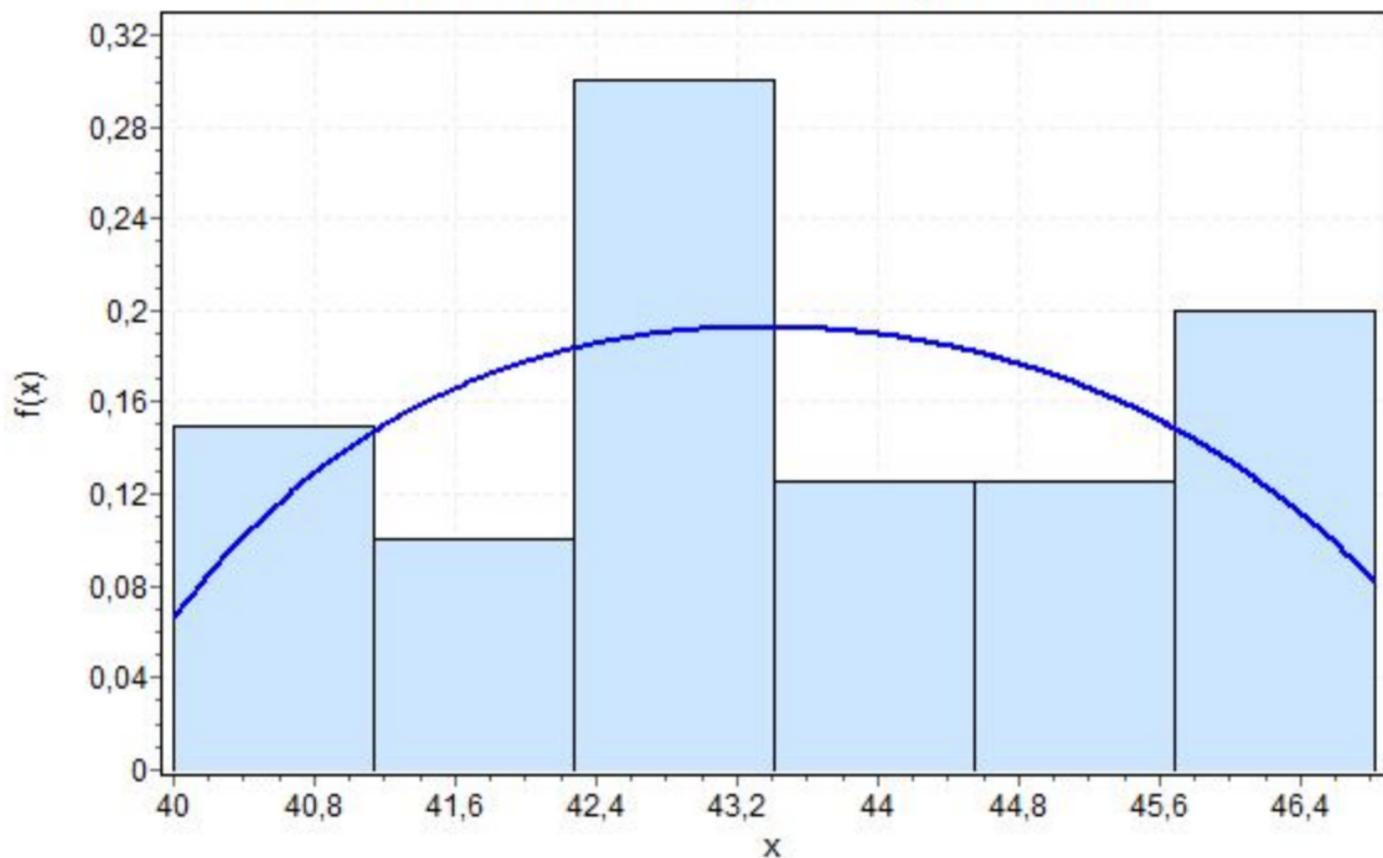
Traslado de la mesa 1 a la mesa 6



Johnson SB

 $\gamma$  0,08966 $\delta$  0,74171 $\lambda$  1,1103 $\xi$  3,9339

### Cortar sobrante de lona en las esquinas de la pieza resultante



■ Histograma — Johnson SB

Johnson SB

$\gamma$  0,04137

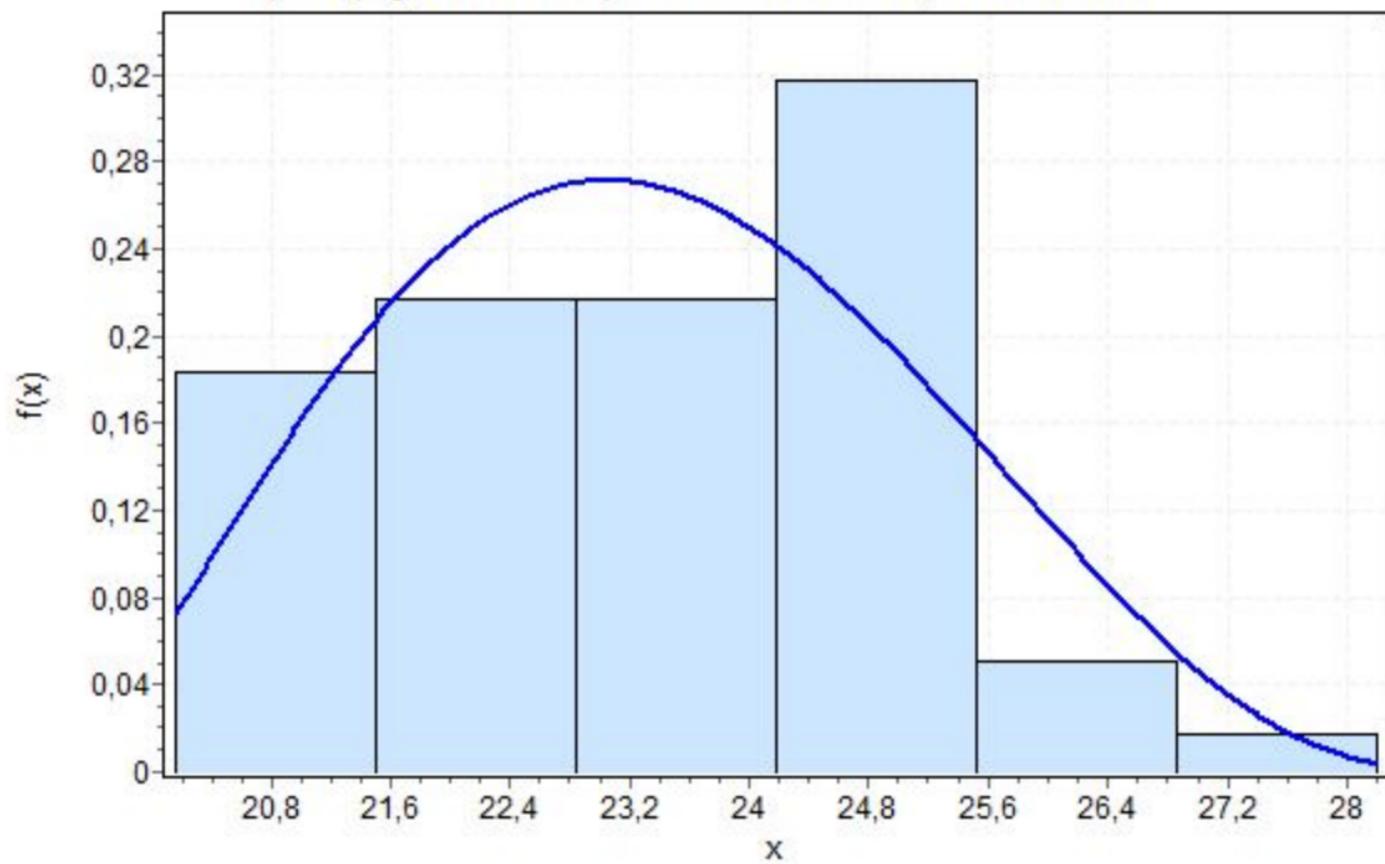
$\delta$  0,9398

$\lambda$  8,866

$\xi$  39,141



### Aplicar pegante a las esquinas de la lona de la pieza resultante



■ Histograma — Johnson SB

Johnson SB

$\gamma$  0,29804

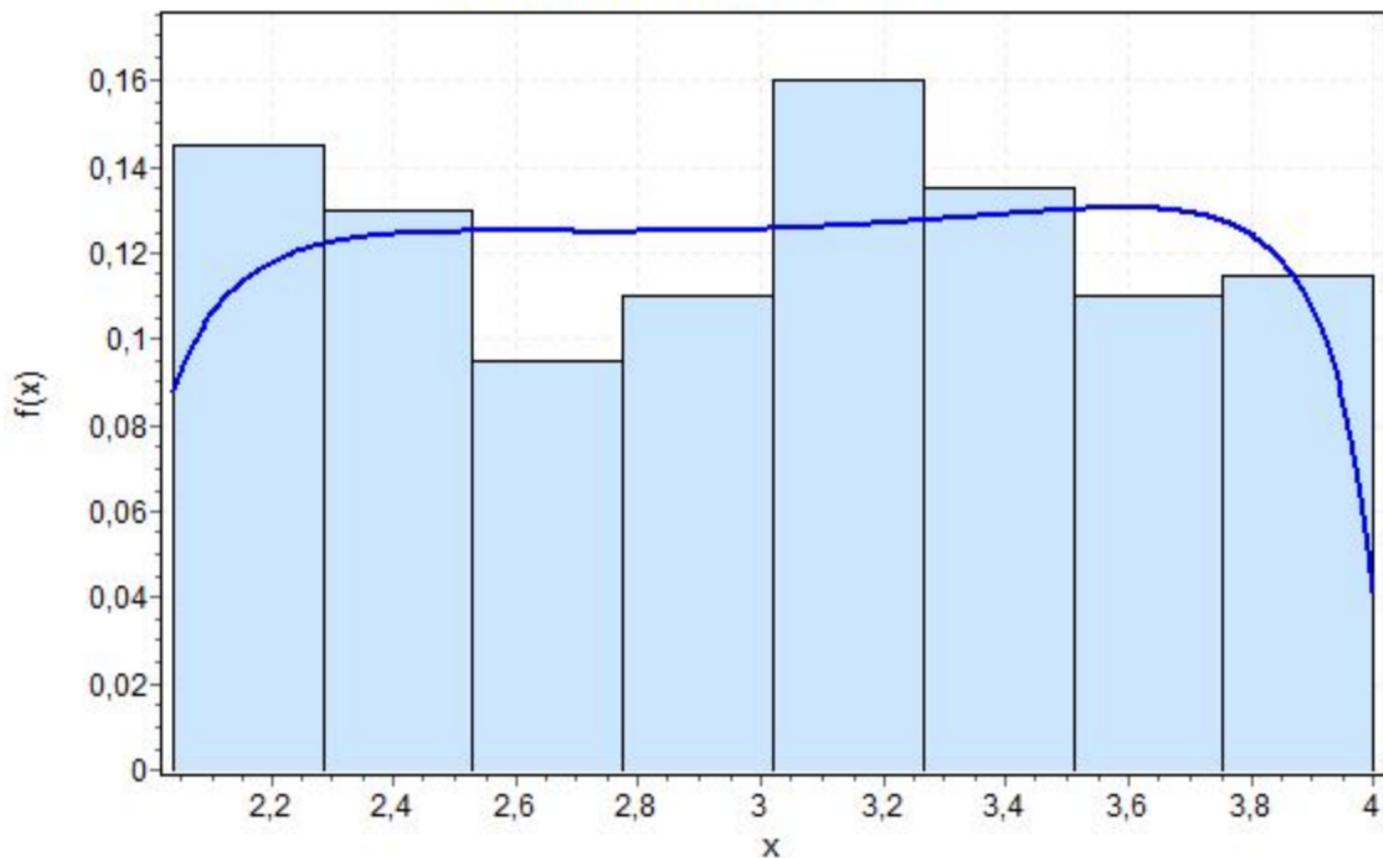
$\delta$  1,3298

$\lambda$  10,674

$\xi$  18,532



Traslado de la mesa 6 a la mesa 5

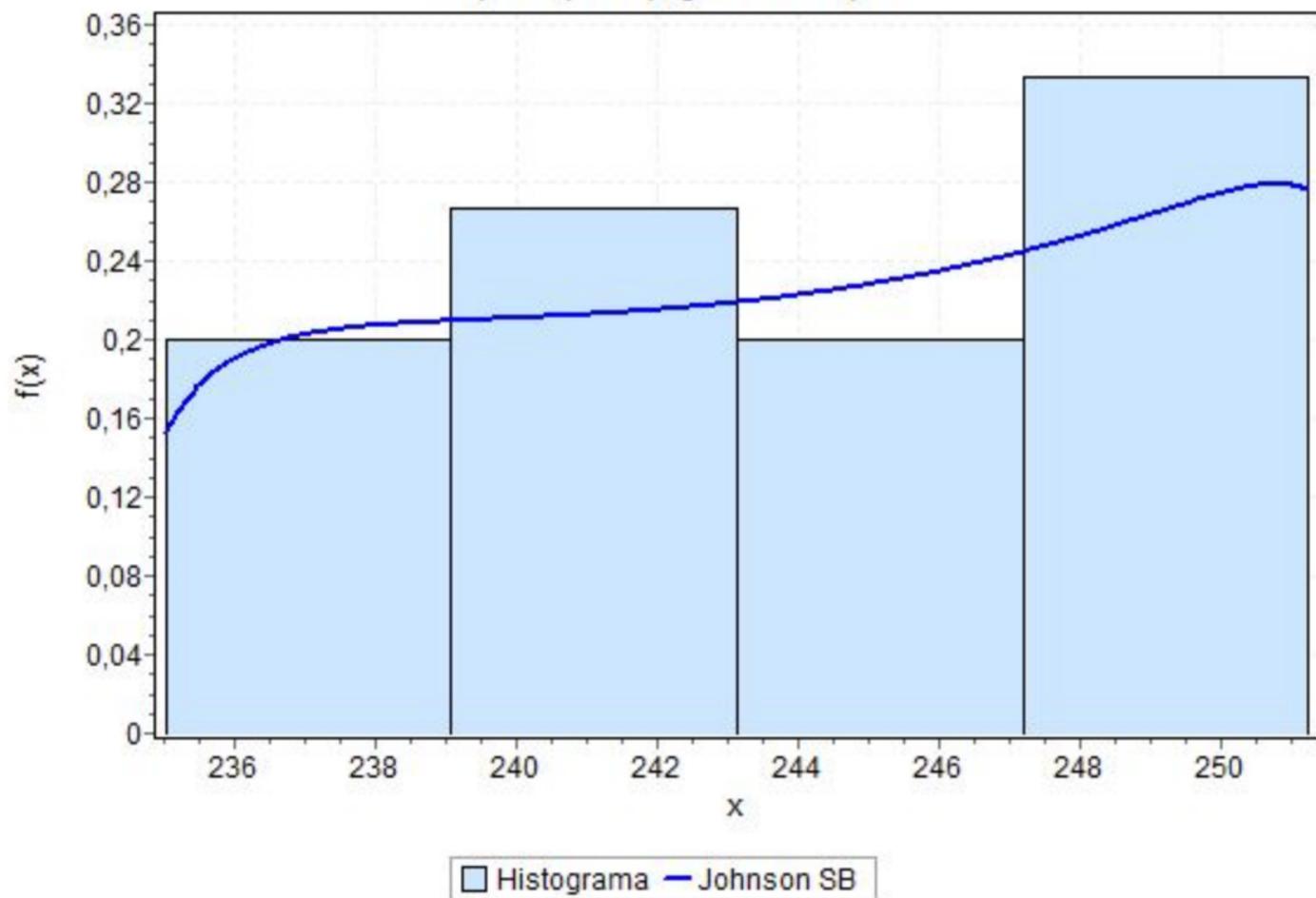


■ Histograma — Johnson SB

Johnson SB

 $\gamma$  -0,02787 $\delta$  0,67137 $\lambda$  2,0916 $\xi$  1,9373

### Esperar que el pegante se seque



Johnson SB

$\gamma$  -0,13688

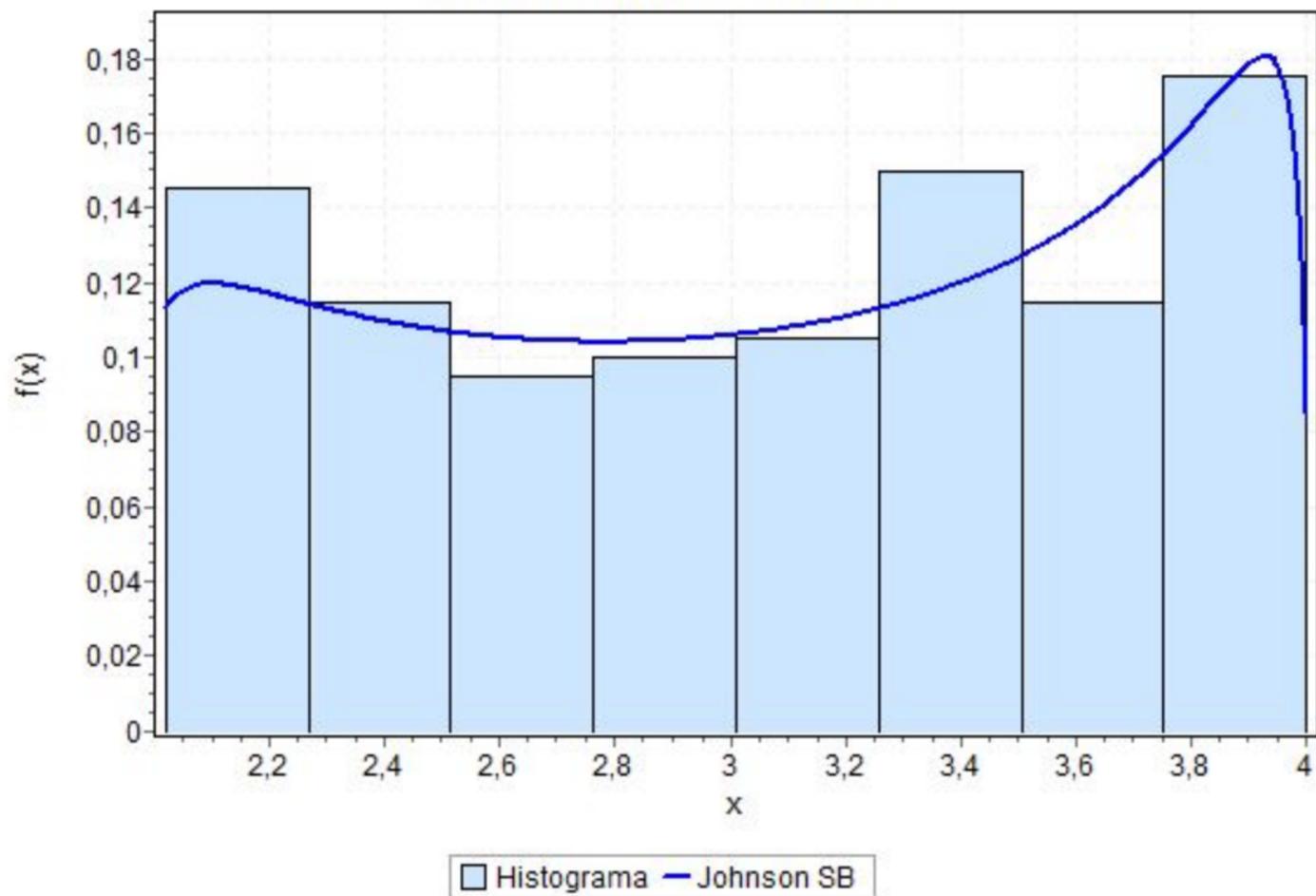
$\delta$  0,63538

$\lambda$  18,51

$\xi$  234,14



Traslado de la mesa 5 a la mesa 1



Johnson SB

$\gamma$  -0,12838

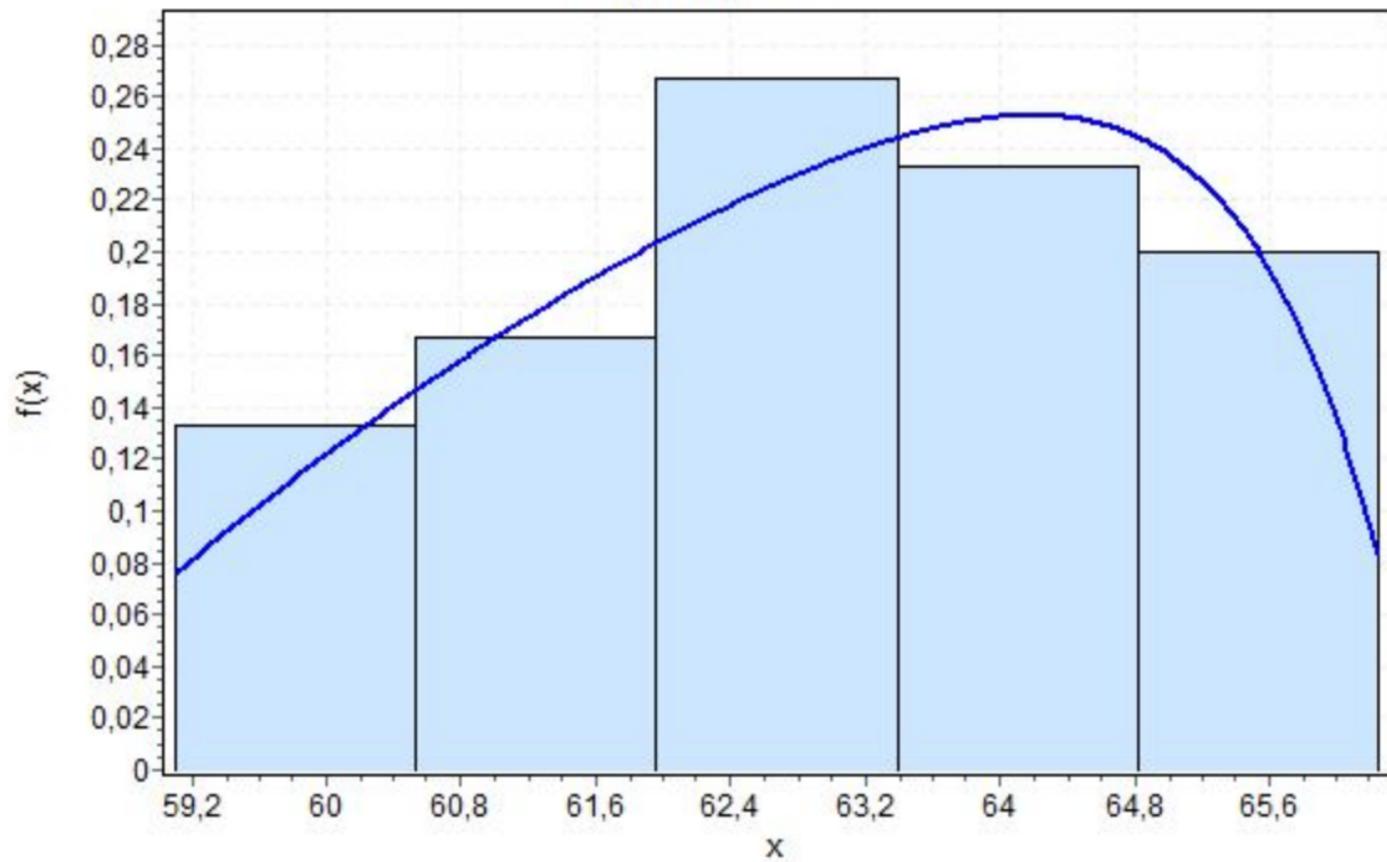
$\delta$  0,55627

$\lambda$  2,0648

$\xi$  1,943



Pegar esquinas



Johnson SB

$\gamma$  -0,42327

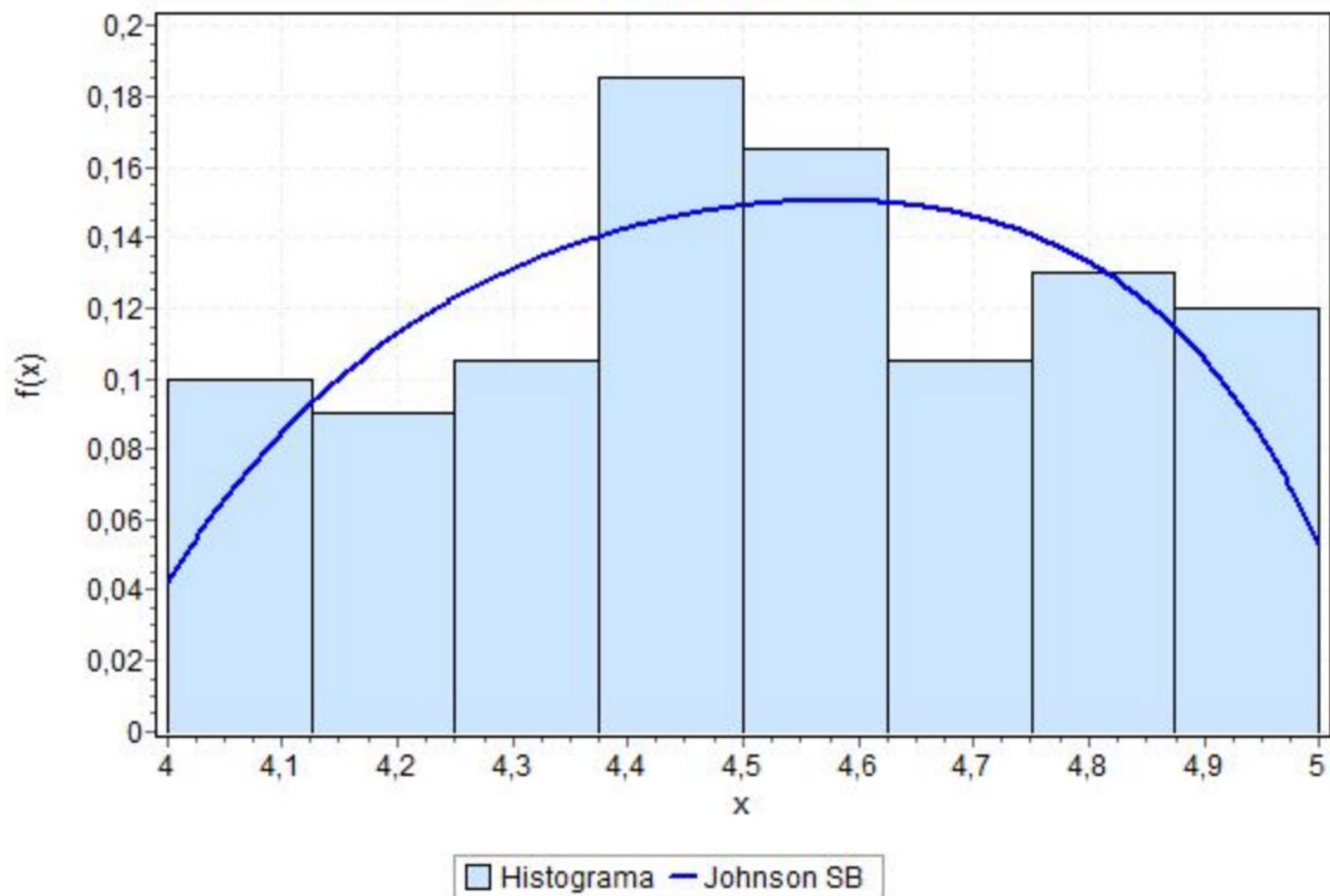
$\delta$  0,92484

$\lambda$  9,3647

$\xi$  57,349



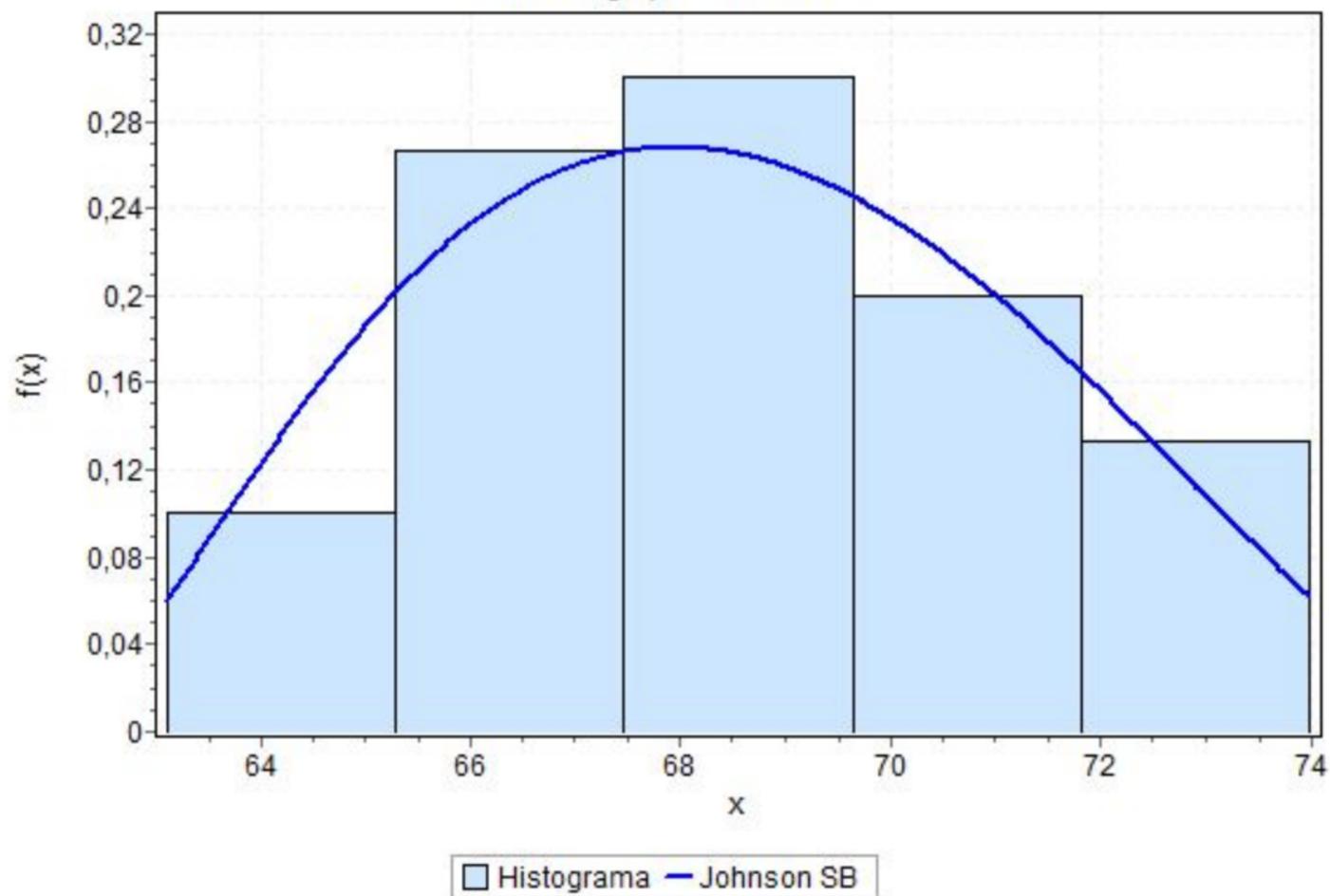
Traslado de la mesa 1 a la mesa 3



Johnson SB

 $\gamma$  -0,09473 $\delta$  0,89269 $\lambda$  1,1926 $\xi$  3,8964

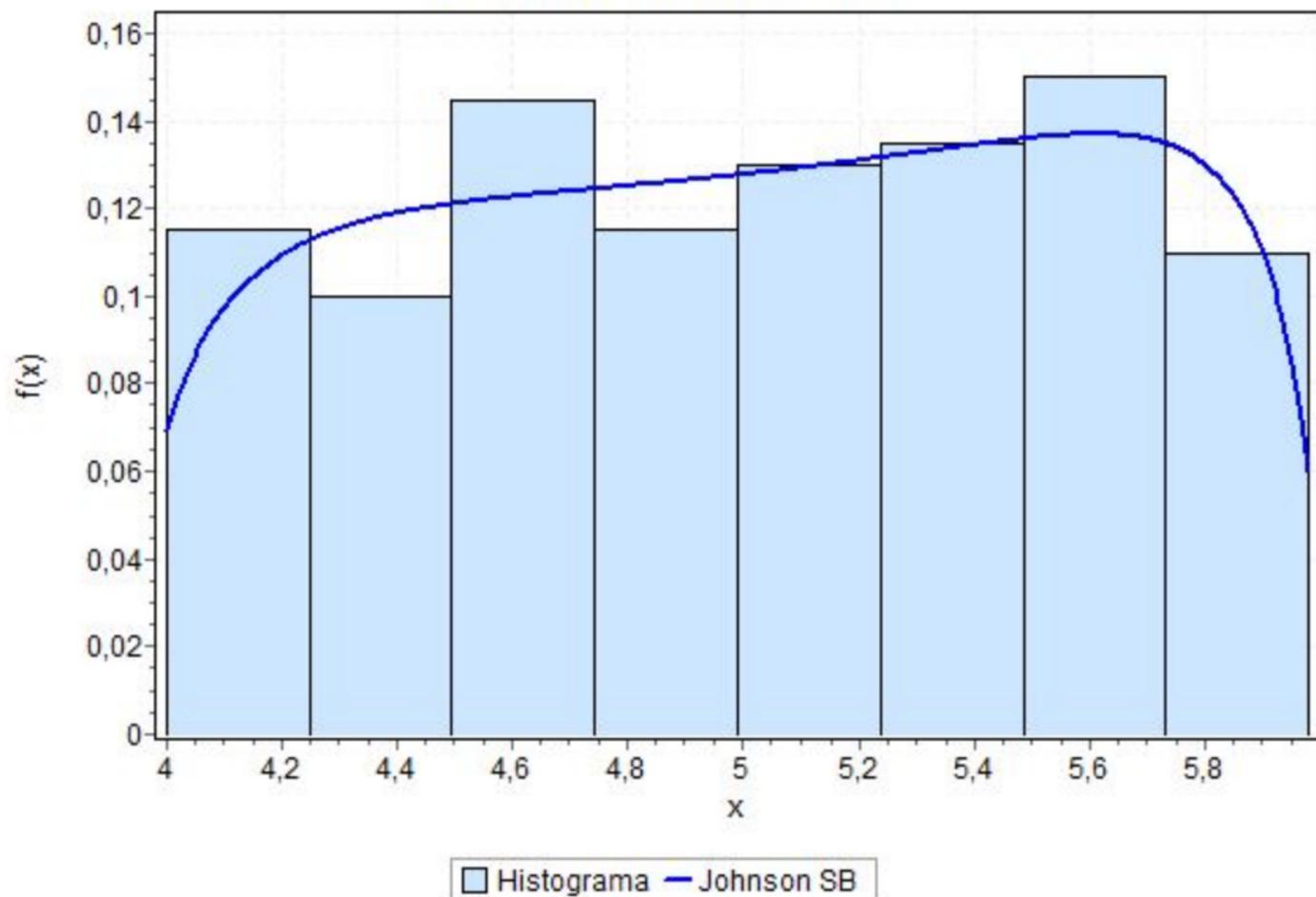
Colocar grapas metálicas



Johnson SB

 $\gamma$  0,23852 $\delta$  1,2046 $\lambda$  15,835 $\xi$  61,21

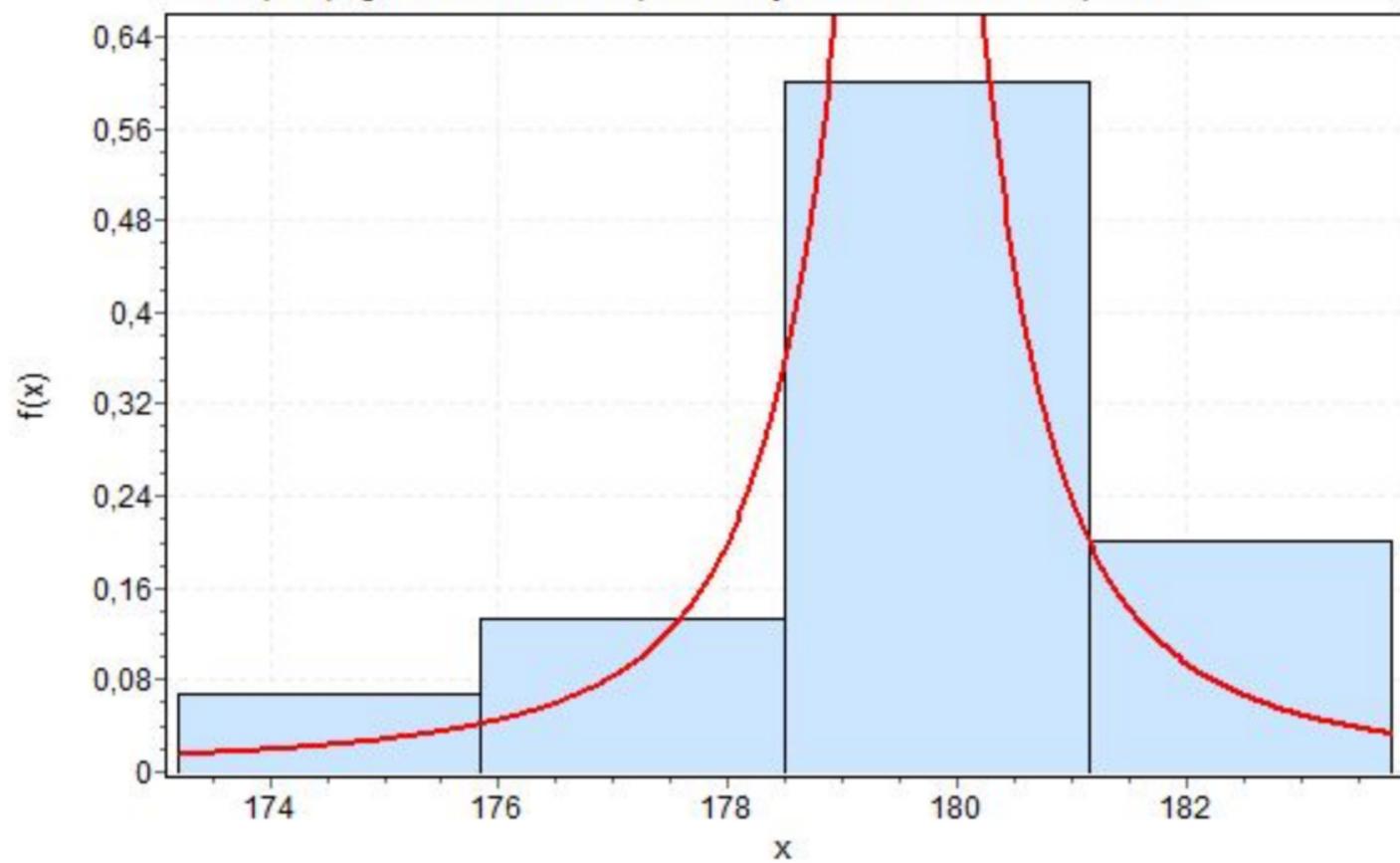
Traslado de la mesa 3 a la mesa 5



Johnson SB

 $\gamma$  -0,0842 $\delta$  0,68667 $\lambda$  2,1223 $\xi$  3,9029

# Limpiar pegante sobrante del producto y verificar calidad del producto



■ Histograma — Cauchy

Cauchy ✖

$\sigma$  0,71014

$\mu$  179,58

✓ | 📁 | ⚡ | 📊 | ⓘ

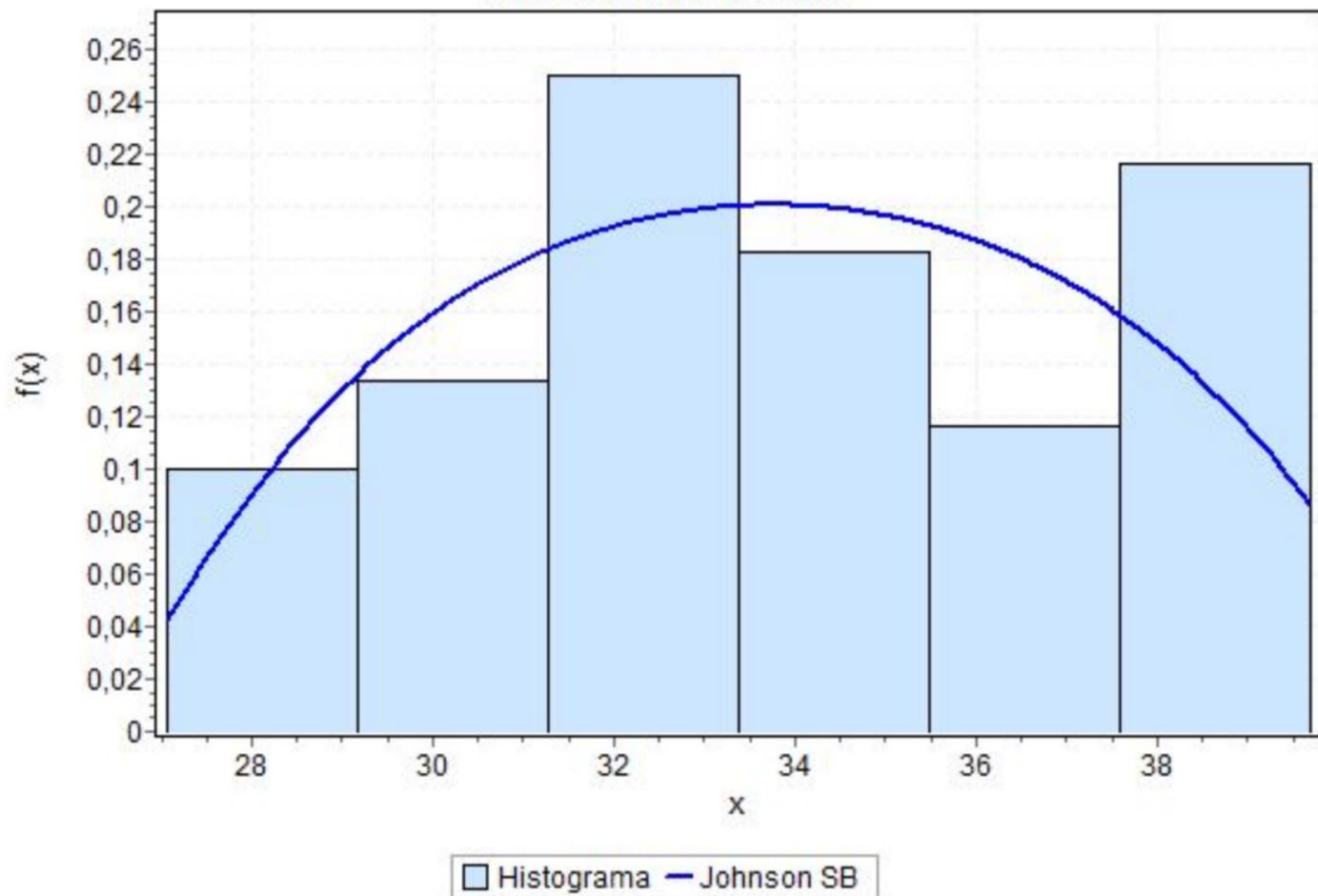
Traslado de la mesa 5 al estante 1



Johnson SB

 $\gamma$  0,06513 $\delta$  0,51559 $\lambda$  1,0073 $\xi$  6,9932

Almacenar el producto final



Johnson SB

 $\gamma$  0,01086 $\delta$  0,95869 $\lambda$  16,02 $\xi$  25,827

Flexsim State Report

Time:

32400

Object	Class	idle	processing	busy	blocked	generating	empty
Mesa 1	MultiProcessor	2.13%	28.64%	0.00%	11.03%	0.00%	0.00%
Mesa 2	MultiProcessor	2.87%	49.63%	0.00%	8.73%	0.00%	0.00%
Mesa 6	MultiProcessor	11.24%	30.99%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 3	MultiProcessor	78.05%	12.89%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 4	Processor	63.92%	18.51%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 5	Processor	78.73%	5.65%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Source8	Source	0.00%	0.00%	0.00%	97.89%	0.00%	0.00%
Operaria2	Operator	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria1	Operator	1.80%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Dispatcher14	Dispatcher						
Estante1	Rack						

collecting	releasing	waiting for operator	waiting for transporter	travel empty	travel loaded
0.00%	0.00%	56.86%	1.34%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	38.20%	0.57%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	51.37%	6.40%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	5.06%	4.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	11.33%	6.25%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	7.98%	7.64%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%	2.11%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.65%	0.38%
0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.67%	0.40%

offset travel empty	offset travel loaded	utilize
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.20%	0.04%	96.72%
0.21%	0.05%	94.87%

Flexsim State Report  
 Time: ,32400.000000

Object	Class	idle	processing	busy	blocked	generating	empty
Mesa 1	MultiProcessor	3.18%	28.03%	0.00%	12.60%	0.00%	0.00%
Mesa 2	MultiProcessor	5.36%	50.76%	0.00%	2.18%	0.00%	0.00%
Mesa 6	MultiProcessor	25.38%	20.24%	0.00%	0.98%	0.00%	0.00%
Mesa 3	MultiProcessor	48.75%	23.44%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 4	Processor	65.30%	17.73%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 5	Processor	77.45%	6.03%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Source8	Source	0.00%	0.00%	0.00%	96.81%	0.00%	0.00%
Operaria2	Operator	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria1	Operator	0.98%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Dispatcher14	Dispatcher						
Estante1	Rack						

collecting	releasing	waiting for operator	waiting for transporter	travel empty	travel loaded
0.00%	0.00%	53.18%	3.01%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	39.43%	2.26%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	39.58%	13.82%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	21.87%	5.94%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	10.25%	6.72%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	6.63%	9.88%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%	3.19%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.10%	0.40%
0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.00%	0.47%

offset travel empty	offset travel loaded	utilize
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.06%	0.01%	96.44%
0.04%	0.01%	95.50%

Flexsim State Report  
 Time: 32400.000000

Object	Class	idle	processing	busy	blocked	generating	empty	collecting
Mesa 1	MultiProcessor	1.55%	27.45%	0.00%	13.74%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 2	MultiProcessor	2.32%	50.86%	0.00%	4.33%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 6	MultiProcessor	14.02%	30.60%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 3	MultiProcessor	79.03%	11.20%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Source8	Source	0.00%	0.00%	0.00%	98.42%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria2	Operator	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria1	Operator	3.75%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Dispatcher14	Dispatcher							
Estante1	Rack							
Mesa 4_5	MultiProcessor	58.61%	22.98%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

releasing	waiting for operator	waiting for transporter	travel empty	travel loaded
0.00%	56.89%	0.36%	0.00%	0.00%
0.00%	42.25%	0.24%	0.00%	0.00%
0.00%	50.47%	4.91%	0.00%	0.00%
0.00%	5.60%	4.17%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	1.58%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%	2.73%	0.40%
0.00%	0.00%	0.00%	2.27%	0.39%
0.00%	10.97%	7.44%	0.00%	0.00%

offset travel empty	offset travel loaded	utilize
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.06%	0.00%	96.80%
0.05%	0.00%	93.55%
0.00%	0.00%	0.00%

Flexsim State Report

Time: 32400.000000

Object	Class	idle	processing	busy	blocked	generating	empty	collecting
Mesa 1	MultiProcessor	1.94%	32.27%	0.00%	18.51%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 2	MultiProcessor	2.08%	59.26%	0.00%	1.27%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 6	MultiProcessor	29.04%	23.29%	0.00%	1.02%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 3	MultiProcessor	56.76%	26.60%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%
Source8	Source	0.00%	0.00%	0.00%	98.13%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria2	Operator	0.65%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria1	Operator	1.75%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Dispatcher14	Dispatcher							
Estante1	Rack							
Mesa 5	MultiProcessor	63.99%	26.80%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

releasing	waiting for operator	waiting for transporter	travel empty	travel loaded
0.00%	46.72%	0.57%	0.00%	0.00%
0.00%	36.70%	0.69%	0.00%	0.00%
0.00%	36.81%	9.84%	0.00%	0.00%
0.00%	12.81%	3.82%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	1.87%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%	3.28%	0.43%
0.00%	0.00%	0.00%	3.48%	0.67%
0.00%	0.00%	9.20%	0.00%	0.00%

<b>offset travel empty</b>	<b>offset travel loaded</b>	<b>utilize</b>
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.07%	0.00%	95.58%
0.07%	0.00%	94.03%
0.00%	0.00%	0.00%



releasing	waiting for operator	waiting for transporter	travel empty	travel loaded
0.00%	27.46%	0.22%	0.00%	0.00%
0.00%	21.94%	0.31%	0.00%	0.00%
0.00%	24.42%	3.26%	0.00%	0.00%
0.00%	6.07%	2.69%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.70%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%	2.48%	0.41%
0.00%	0.00%	0.00%	2.76%	0.45%

0.00%	12.55%	5.17%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%	2.40%	0.42%

offset travel empty	offset travel loaded	utilize
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.07%	0.00%	94.49%
0.06%	0.00%	90.98%
0.00%	0.00%	0.00%
0.09%	0.00%	72.12%

Flexsim State Report

Time: 32400

Object	Class	idle	processing	busy	blocked	generating	empty	collecting
Mesa 1	MultiProcessor	4.07%	29.61%	0.00%	0.33%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 2	MultiProcessor	10.00%	30.60%	0.00%	9.73%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 6	MultiProcessor	14.21%	15.53%	0.00%	10.64%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 3	MultiProcessor	22.50%	23.97%	0.00%	0.07%	0.00%	0.00%	0.00%
Source8	Source	0.00%	0.00%	0.00%	95.80%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria2	Operator	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria1	Operator	0.11%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Dispatcher14	Dispatcher							
Estante1	Rack							
Mesa Combi 5	MultiProcessor	42.53%	34.61%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

releasing	waiting for operator	waiting for transporter	travel empty	travel loaded
0.00%	62.39%	3.59%	0.00%	0.00%
0.00%	39.17%	10.50%	0.00%	0.00%
0.00%	43.84%	15.77%	0.00%	0.00%
0.00%	39.40%	14.07%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	4.20%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%	3.79%	0.63%
0.00%	0.00%	0.00%	3.15%	0.21%
0.00%	14.75%	8.11%	0.00%	0.00%

<b>offset travel empty</b>	<b>offset travel loaded</b>	<b>utilize</b>
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.07%	0.01%	95.50%
0.02%	0.01%	96.51%
0.00%	0.00%	0.00%

Flexsim State Report

Time: 32400

Object	Class	idle	processing	busy	blocked	generating	empty	collecting
Mesa 1	MultiProcessor	2.66%	47.99%	0.00%	8.60%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 2	MultiProcessor	15.31%	47.95%	0.00%	3.99%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 6	MultiProcessor	24.28%	26.43%	0.00%	14.07%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 3	MultiProcessor	11.01%	38.98%	0.00%	12.85%	0.00%	0.00%	0.00%
Source8	Source	0.00%	0.00%	0.00%	97.30%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria2	Operator	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria1	Operator	6.46%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Dispatcher14	Dispatcher							
Estante1	Rack							
Operaria21	Operator	8.53%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa Combi 5	MultiProcessor	12.23%	52.73%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

releasing	waiting for operator	waiting for transporter	travel empty	travel loaded
0.00%	38.68%	2.08%	0.00%	0.00%
0.00%	28.54%	4.20%	0.00%	0.00%
0.00%	31.01%	4.21%	0.00%	0.00%
0.00%	32.38%	4.77%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	2.70%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%	3.44%	0.37%
0.00%	0.00%	0.00%	3.89%	0.61%
0.00%	0.00%	0.00%	3.30%	0.41%
0.00%	28.31%	6.73%	0.00%	0.00%

offset travel empty	offset travel loaded	utilize
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.02%	0.01%	96.16%
0.07%	0.01%	88.96%
0.06%	0.01%	87.70%
0.00%	0.00%	0.00%

Flexsim State Report

Time: 32400

Object	Class	idle	processing	busy	blocked	generating	empty	collecting
Mesa 1	MultiProcessor	0.77%	65.17%	0.00%	13.85%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 2	MultiProcessor	10.96%	56.84%	0.00%	16.46%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 6	MultiProcessor	17.07%	34.74%	0.00%	30.14%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 3	MultiProcessor	9.79%	50.91%	0.00%	22.46%	0.00%	0.00%	0.00%
Source8	Source	0.00%	0.00%	0.00%	99.22%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria2	Operator	3.71%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria1	Operator	8.10%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Dispatcher14	Dispatcher							
Estante1	Rack							
Operaria21	Operator	12.68%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mesa 5	MultiProcessor	9.92%	68.56%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Operaria16	Operator	20.95%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

6787  
113.12

releasing	waiting for operator	waiting for transporter	travel empty	travel loaded
0.00%	19.92%	0.30%	0.00%	0.00%
0.00%	14.89%	0.85%	0.00%	0.00%
0.00%	17.34%	0.70%	0.00%	0.00%
0.00%	16.30%	0.54%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.78%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%	3.24%	0.67%
0.00%	0.00%	0.00%	2.56%	0.40%

0.00%	0.00%	0.00%	2.53%	0.45%
0.00%	20.98%	0.55%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%	1.93%	0.30%

offset travel empty	offset travel loaded	utilize
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.08%	0.03%	92.27%
0.05%	0.00%	88.89%

0.13%	0.00%	84.20%
0.00%	0.00%	0.00%
0.08%	0.00%	76.73%



releasing	waiting for operator	waiting for transporter	travel empty	travel loaded
0.00%	4.91%	0.32%	0.00%	0.00%
0.00%	3.31%	0.50%	0.00%	0.00%
0.00%	2.41%	0.53%	0.00%	0.00%
0.00%	2.75%	0.30%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.25%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%	2.25%	0.79%
0.00%	0.00%	0.00%	1.28%	0.53%

0.00%	0.00%	0.00%	1.01%	0.50%
0.00%	13.16%	0.10%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%	0.86%	0.25%
0.00%	0.00%	0.00%	0.45%	0.12%

offset travel empty	offset travel loaded	utilize
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	0.00%	0.00%
0.12%	0.04%	94.70%
0.08%	0.00%	80.64%

0.12%	0.00%	79.85%
0.00%	0.00%	0.00%
0.05%	0.00%	70.60%
0.02%	0.00%	59.36%

Método utilizado	Unidades/mes producidas	Demanda	% de cumplimiento	Diferencia
Actual	700	1600	43.75%	43.25%
Propuesto	1392		87.00%	

---

**Cálculo / Regla de tres**

---

**Cumplimiento de la demanda con método actual**

1600	<del>×</del>	100%
700	<del>÷</del>	▲ 43.75%

**Cumplimiento de la demanda con método propuesto**

1600	<del>×</del>	100%
1392.00	<del>÷</del>	▲ 87.00%

**MANO DE OBRA REQUERIDA**

<b>Salario operador</b>	<b>Valor día</b>	<b>Valor hora</b>
\$ 1,000,000	\$ 33,333	\$ 4,167

<b>Actividad</b>	<b>No. horas requeridas</b>	<b>Valor</b>
Implementación nueva distribución	5	\$ 20,833
Recibir capacitación nuevo método	2	\$ 8,333
<b>Subtotal</b>	7	\$ 29,167

<b>Para tres operadores</b>	<b>No. horas requeridas</b>	<b>Valor</b>
	<b>21</b>	<b>\$ 87,500</b>

<b>Salario supervisor</b>	<b>Valor día</b>	<b>Valor hora</b>
\$ 1,500,000	\$ 50,000	\$ 6,250

<b>Actividad</b>	<b>No. horas requeridas</b>	<b>Valor</b>
Dirigir implementación nueva distribución	5	\$ 31,250
Capacitar a los operadores	2	\$ 12,500
<b>Subtotal</b>	7	\$ 43,750

<b>Total mano de obra</b>	<b>\$ 131,250</b>
---------------------------	-------------------

## CONTRATACIÓN NUEVO EMPLEADO

---

Salario: \$ 1,000,000.00

<b>Salario + afiliaciones:</b>	<b>\$ 1,656,711.00</b>
--------------------------------	------------------------

Ítem	%	Valor
Aux TTE	-	\$ 88,211.00
Salud	8.50%	\$ 85,000.00
Pensión	12.00%	\$ 120,000.00
ARL	0.52%	\$ 5,200.00
Parafiscales	9.00%	\$ 90,000.00
Prima	8.33%	\$ 83,300.00
Cesantías	8.33%	\$ 83,300.00
Intereses	1.00%	\$ 10,000.00
Vacaciones	4.17%	\$ 41,700.00
Dotación	5.00%	\$ 50,000.00
<b>Total</b>	<b>65.67%</b>	<b>\$ 656,711.00</b>

**COMPRA DE ESTANTES ORGANIZADORES**

---

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Total</b>
Mueble organizador en tubo redondo de 1-1/2" con entrepaños en madera y tubo de 3/4", con soporte para sujetar al banco de trabajo.	4	\$ 370.000.00	<b>\$ 1,480,000.00</b>

**PRESUPUESTO CONSOLIDADO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO PROPUESTO**

	<b>Concepto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Total</b>	<b>Observaciones</b>
1	Salario y afiliación de nuevo operador	-	1	\$ 1,656,711.00	\$ 1,656,711.00	
2	Mano de obra supervisor para dirigir implementación nueva distribución	Horas	5	\$ 6,250.00	\$ 31,250.00	
3	Capacitación en el nuevo método por parte del supervisor	Horas	2	\$ 6,250.00	\$ 12,500.00	
4	Mano de obra operadores para implementar nueva distribución	Horas	15	\$ 4,166.67	\$ 62,500.00	Es el total para los tres operadores
5	Capacitación para operadores en el nuevo método de trabajo	Horas	6	\$ 4,166.67	\$ 25,000.00	Es el total para los tres operadores
6	Compra de estantes organizadores	Unidad	4.00	\$ 370,000.00	\$ 1,480,000.00	
	<b>TOTAL</b>				<b>\$ 3,267,961.00</b>	

Diferencia a favor	Total inversión	Tiempo de retorno en meses
\$ 4,126,178	\$ 3,267,961	0.8

Método	Unidades	Utilidad por unidad	Utilidad total	Diferencia a favor
Actual	700	\$ 3,119	\$ 2,183,405	\$ 4,126,178
Mejor escenario	1392	\$ 4,533	\$ 6,309,584	