



---

Diseño de estrategias para la mejora de la distribución en planta basadas en la metodología SLP  
en una empresa productora de bolsas plásticas en Sincelejo, Colombia.

Jorge Iván Cárdenas Bustamante  
Luisa Fernanda Sehuanez Jiménez

Corporación Universitaria del Caribe – CECAR  
Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Arquitectura  
Ingeniería Industrial  
Sincelejo  
2019

Diseño de estrategias de mejora para la distribución en planta en una empresa productora de bolsas plásticas en Sincelejo mediante la aplicación de la metodología SLP

Jorge Iván Cárdenas Bustamante  
Luisa Fernanda Sehuanez Jiménez

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial

Director:  
Pablo Cesar Pérez Buelvas  
Magister Logística Integral (E)

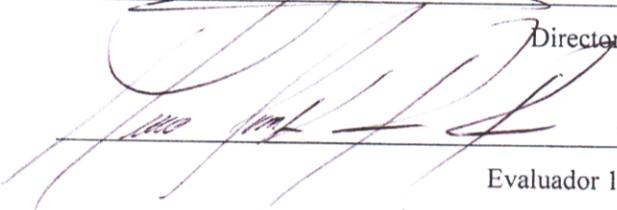
Co-Director:  
Rafael Merlano Porto  
Magister en Ingeniería Industrial

Corporación Universitaria del Caribe – CECAR  
Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Arquitectura  
Ingeniería Industrial  
Sincelejo  
2019

**Nota de Aceptación**

3.82

  
\_\_\_\_\_  
Director

  
\_\_\_\_\_  
Evaluador 1

  
\_\_\_\_\_  
Evaluador 2

Sincelejo, Sucre, 24 de octubre 2019

### **Agradecimientos**

Primero que todo agradecerle a Dios por conceder salud y vida para tener la dicha de estudiar a nivel universitario, también por permitir la realización de este trabajo que ha costado tanto ejecutar y culminar pese a las diversas dificultades.

Gracias a aquellos docentes que contribuyeron para una formación integral, que nunca dejaron de enseñar, que dieron la oportunidad de demostrar las capacidades de sus estudiantes y sobre todo que reconocer en cada uno de ellos la voluntad de aprender. Así mismo, a los docentes que sirvieron de apoyo durante el proceso, resolviendo dudas o proporcionando pautas para culminar este proyecto. Gracias a todos ellos se logró recrear este estudio que permitirá ser una base para futuras investigaciones.

Igualmente, se le agradece el apoyo, generosidad y amabilidad al secretario de la facultad y a algunos amigos que ayudaron en la culminación de esta etapa.

## Tabla de Contenido

Resumen.....	13
Abstract.....	14
Introducción.....	15
1. Marco referencial.....	17
1.1. Marco Conceptual.....	17
1.2. Antecedes.....	18
2. Metodología.....	21
2.1. Caracterización del proceso productivo:.....	21
2.2. Aplicación de la metodología SLP y CRAFT.....	22
2.3. Simulación en el software Flexsim.....	22
2.4. Análisis y recomendaciones.....	23
3. Resultados Obtenidos.....	24
3.1. Identificación de la Empresa.....	24
3.2. Ficha Técnica.....	25
3.3. Etapas del Proceso Productivo.....	26
3.3.1. Recepción de materia prima.....	26
3.3.2. Pesado.....	26
3.3.3. Mezclado.....	27
3.3.4. Extrusión.....	27
3.3.5. Pesado del rollo.....	27
3.3.6. Corte y sellado.....	27
3.3.7. Empaque.....	28

3.3.8.	Embalaje.....	28
3.4.	Identificación del Proceso Productivo: Diagramas.....	29
3.4.1.	Diagrama de operaciones. ....	29
3.4.2.	Diagrama de flujo de procesos. ....	31
3.4.3.	Diagrama de recorrido.....	34
3.4.4.	Diagrama de relaciones. ....	35
3.5.	Identificación de las Áreas de la Empresa.....	36
3.5.1.	Identificar área de almacenamiento. ....	36
3.5.2.	Identificar área de producción. ....	38
3.5.3.	Establecer anchura de los pasillos.....	38
3.5.4.	Identificar área para actividades de oficina y administrativa. ....	39
3.5.5.	Identificar área de descanso.....	39
3.6.	Plano de la Planta.....	39
3.7.	Descripción de maquinaria y equipos .....	41
3.7.1.	Maquinaria.....	41
3.7.2.	Equipos.....	42
3.8.	Listado de Dotaciones. ....	44
3.9.	Estudio de tiempos .....	46
3.9.1.	Número de ciclos u observaciones.....	46
3.9.2.	Estándares del proceso. ....	48
3.10.	Cálculo de la capacidad total. ....	49
3.11.	Medición de la productividad parcial.....	50
3.12.	Distribución de la planta .....	50

3.12.1.	Propuestas de distribuciones (Muther).....	50
3.12.2.	Evaluación de propuestas para nueva distribución (CRAFT).....	56
3.13.	Datos para la Simulación en software Flexsim.....	65
3.13.1.	Distribuciones de probabilidad para el software de simulación FlexSim.....	65
3.14.	Simulación Software Flexsim.....	69
3.14.1.	Distribuciones de la planta en software Flexsim.....	69
3.14.2.	Resultados de simulación.....	72
3.14.3.	Comparación de resultados.....	73
3.14.4.	Análisis estadístico.....	73
3.15.	Estrategias de mejora.....	75
3.15.1.	Implementar un layout más flexible.....	75
3.15.2.	Reducir desplazamientos.....	76
3.15.3.	Automatizar el manejo de materiales.....	76
3.15.4.	Evaluar las operaciones del proceso.....	76
	Conclusiones.....	77
	Recomendaciones.....	79
	Referencias Bibliográficas.....	81
	Anexos.....	85

### Lista de Figuras

Figura 1. Entrada empresa SIPLAST.....	24
Figura 2. Ficha técnica bolsa plástica. ....	25
Figura 3. Etapas del proceso productivo – Diagrama de bloques.....	26
Figura 4. Empaque de bolsas plásticas.....	28
Figura 5. Embalaje: Sacos de 40 Kg y 45 Kg.....	29
Figura 6. Diagrama de operaciones.....	30
Figura 7. Diagrama de flujo de procesos.....	31
Figura 8. Diagrama de recorrido.....	34
Figura 9. Diagrama de relaciones. ....	36
Figura 10. Plano inicial vista superior Siplast .....	40
Figura 11. Mono extrusora SV 55m ACMAPLAST. ....	41
Figura 12. Mono extrusora modelo SV 5mm ACMAPLAST.....	41
Figura 13. Mezcladora.....	42
Figura 14. Selladora lateral.....	42
Figura 15. Selladora de fondo.....	42
Figura 16. Estibas.....	43
Figura 17. Rack de almacenamiento. ....	43
Figura 18. Cinta métrica. ....	43
Figura 19. Bascula eléctrica.....	44
Figura 20. Bisturí industrial. ....	44
Figura 21. Mesa .....	44
Figura 22. Casco industrial. ....	45
Figura 23. Monogafas de seguridad. ....	45
Figura 24. Protectores auditivos moldeables. ....	46
Figura 25. Guantes desechables.....	46
Figura 26. Numero recomendado de ciclos de observación.....	47
Figura 27. Diagrama de Muther.....	52

Figura 28. Propuesta de rediseño #1. ....	53
Figura 29. Propuesta de rediseño #2. ....	54
Figura 30. Propuesta de rediseño #3. ....	55
Figura 31. Datos del Layout. ....	56
Figura 32. Datos Iniciales para el método CRAFT.....	58
Figura 33. Selección de parámetros. ....	59
Figura 34. Datos y Diseño de CRAFT para layout inicial. ....	60
Figura 35. Resultados de método CRAFT para layout inicial.....	61
Figura 36. Resultados CRAFT para propuesta #1 SLP.....	62
Figura 37. Resultados CRAFT para propuesta #2 SLP.....	63
Figura 38. Resultados CRAFT para propuesta #3 SLP.....	64
Figura 39. Distribución peso. ....	65
Figura 40. Distribución mezcladora.....	66
Figura 41. Distribución extrusora. ....	66
Figura 42. Distribución selladora de fondo. ....	67
Figura 43. Distribución selladora lateral. ....	67
Figura 44. Distribución empaque.....	68
Figura 45. Distribución embalaje.....	68
Figura 46. Vista superior Flexsim distribución actual de SISPLAST. ....	70
Figura 47. Layout mejorado SIPLAST. ....	71
Figura 48. Producción de bolsas antiguas vs Producción de bolsas nuevas.....	72
Figura 49. Tiempo Promedio Selladora fondo ....	74
Figura 50. Tiempo Promedio Mezcladora.....	75



**Lista de Ecuaciones**

Ecuación 1. Área superficial.....36

Ecuación 2. Tiempo disponible .....49

Ecuación 3. Capacidad de producción. ....49

Ecuación 4. Cálculo de productividad.....50

Ecuación 5. Costos del Layout. ....60

Ecuación 6. Variación porcentual.....73

### Lista de Tablas

Tabla 1. Cuantificación de símbolos del diagrama de operaciones .....	30
Tabla 2. Cuantificación de símbolos del diagrama de flujos de procesos.....	32
Tabla 3. Carta de flujos de procesos .....	32
Tabla 4. Cuantificación de símbolos de la carta de flujos de procesos.....	33
Tabla 5. Cuantificación de símbolos del diagrama de recorridos.....	35
Tabla 6. Tabla de relaciones de actividades .....	35
Tabla 7. Listado de Maquinaria Siplast.....	41
Tabla 8. Listado de equipos .....	43
Tabla 9. Listado de Dotaciones - EPP.....	45
Tabla 10. Tabla de valores de relación de SLP .....	51

### Lista de Anexos

Anexo 1. Estudio de Tiempos Iniciales.....	85
Anexo 2. Estándares de Tiempo .....	86
Anexo 3. Propuesta 1 .....	87
Anexo 4. Propuesta 2 .....	88
Anexo 5. Propuesta 3 .....	89
Anexo 6. Datos estadísticos distribución inicial.....	90
Anexo 7. Datos estadísticos nueva distribución .....	91
Anexo 8. Fotografía #1 Extrusoras. ....	92
Anexo 9. Fotografía #2 planta física Siplast.....	93
Anexo 10. Fotografía #3 Selladoras.....	94
Anexo 11. Fotografía #4 planta física Siplast.....	95
Anexo 12. Fotografía #5 Rack de almacenamiento. ....	96
Anexo 13. Fotografía #6 planta física Siplast.....	97
Anexo 14. Fotografía #7 planta física Siplast.....	98
Anexo 15. Fotografía #8 planta física Siplast.....	99
Anexo 16. Fotografía #9 planta física Siplast.....	100
Anexo 17. Fotografía #10 planta física Siplast.....	101
Anexo 18. Fotografía #11 Extrusora.....	102

## Resumen

El objetivo de esta investigación fue analizar el diseño del layout de planta en una empresa productora de bolsas plásticas y establecer estrategias de mejoras mediante las metodologías SLP y CRAFT, considerando las relaciones que tenían cada departamento y cada etapa de proceso. Donde se obtuvo que la distribución actual generaba un costo de 1447, asociado a recorridos, por ello se diseñó 4 estrategias de mejora para disminuir dichos costos, los desplazamientos entre procesos y el flujo de materiales. Se empleó en primera instancia la metodología cualitativa SLP, que ayudó a determinar el flujo del proceso productivo y a definir las relaciones entre departamentos, arrojando consigo tres propuestas de rediseño de la planta. Posteriormente se utilizó la heurística CRAFT que determinó como la mejor propuesta la opción #1, puesto que esta generaba un menor costo asociado a recorridos de 1049. Por último, la distribución seleccionada se comparó con la inicial empleando los datos obtenidos en el software Flexsim. Con esta implementación se logra reducir el costo en un 27.5% de la distribución inicial y se aumenta la productividad en un 1,6%. Al comparar estas evidencias se observó que la distribución es ideal para la empresa y garantiza la flexibilidad en caso que se requiera modificaciones a futuro. Así mismo se logró obtener mejores resultados gracias a la combinación de los diferentes métodos que ayudaron a reducir los tiempos de procesamiento y aumentaron la productividad.

*Palabras clave:* distribución, metodología cualitativa SLP, heurística CRAFT, Flexsim.

### **Abstract**

The objective of this research was to analyze the design of the plant layout in a plastic bag production company and establish improvement strategies using SLP and CRAFT methodologies, considering the relationships between each department and each stage of the process. Where it was obtained that the current distribution generated a cost of 1447, associated to routes, for that reason 4 strategies of improvement were designed to diminish these costs, the displacements between processes and the flow of materials. The qualitative SLP methodology was used in the first instance, which helped to determine the flow of the productive process and to define the relations between departments, resulting in three proposals for redesigning the plant. Subsequently, the CRAFT heuristic was used, which determined option #1 as the best proposal, since it generated a lower cost associated with 1049 trips. Finally, the selected distribution was compared with the initial one using the data obtained in the Flexsim software. With this implementation, the cost is reduced by 27.5% of the initial distribution and productivity is increased by 1.6%. When comparing these evidences it was observed that the distribution is ideal for the company and guarantees flexibility in case future modifications are required. Likewise, better results were obtained thanks to the combination of different methods that helped reduce processing times and increased productivity.

*Keywords:* Layout, SLP Quantitative Methodology , Heuristic CRAFT , Flexsim.

## Introducción

La presente investigación se enfocó en la mejora de la distribución en planta de una empresa manufacturera de bolsas plásticas llamada SIPLAST, ubicada en la ciudad de Sincelejo. Dicha empresa carece de flexibilidad en la distribución de la planta y omite la posibilidad de posibles cambios internos y/o externos en la distribución inicial, que surgen con el crecimiento de esta y las exigencias del mercado. Por todo lo anterior presentan demoras en la entrega de los productos terminados, los niveles de productividad no son tan altos y existe la posibilidad que ocurran accidentes laborales durante el transporte de materiales.

Generalmente para el diseño de las distribuciones eficientes se comete el error de obviar los posibles cambios en los requerimientos de los clientes, por ello estas distribuciones solo suelen ser adecuadas con las condiciones iniciales. Con el crecimiento de la empresa, la disposición original de las instalaciones se ajusta cada vez menos a los cambios surgidos en el entorno y por ello se hace necesaria la redistribución. La frecuencia con la que se realice dicha redistribución obedecerá a las exigencias del proceso mismo, en algunos casos solo corresponden a arreglos pequeños en la distribución y se ejecutan periódicamente; otras veces, las redistribuciones son continuas y se realizan casi que sucesivamente; sin embargo, existen casos en los que se no se realizan redistribuciones o no se planifican, por lo que solo se efectúan cuando se presentan las situaciones ya mencionadas o porque la actual se piensa es una mala distribución (García, Alarcón y Albarracín, 2004).

Este tipo de estudios ha demostrado reducir el tiempo de recorrido entre las estaciones de trabajo, aumentar la productividad, reducir costos y tiempos de procesamiento. Por lo tanto, dicha investigación se realizó con el objetivo de diseñar estrategias de mejora para la distribución en planta mediante la metodología SLP para disminuir la distancia recorrida entre estaciones. De igual forma, esta investigación pretende servir como punto de partida para futuras investigaciones que integren los procedimientos y metodologías aquí aplicadas.

Para desarrollar este estudio se realizaron investigaciones de campo que incluyeron entrevistas a los empleados y estudios de tiempos. Se utilizaron metodologías como SLP y CRAFT, y también el uso del software Flexsim.

Este documento inició con un análisis general, es decir, una caracterización de la empresa, donde se estudia las operaciones que hacen parte del proceso productivo de las bolsas plásticas, para determinar el orden sistemático de los procesos, máquinas y puestos de trabajo.

Posteriormente, se implementó la metodología SLP (System Layout Planning), esta ayuda a plantear alternativas de distribución de una planta o industria. Además, verifica el espacio disponible con que cuenta la empresa, gracias a la apropiación y estudio de las relaciones entre departamentos.

Las alternativas planteadas anteriormente, se analizaron con un método cuantitativo llamado CRAFT (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique), el cual estudia las distancias que existe entre cada etapa de proceso y con ayuda de un complemento en Excel se evaluó y determino la distribución óptima.

Finalmente, luego de decidir la alternativa adecuada, se utilizó el software de simulación Flexsim para evaluar los resultados obtenidos entre la distribución actual de la empresa y la distribución recomendada. De igual manera, se analizaron los datos estadísticos obtenidos de dicho software.

## 1. Marco referencial

### 1.1. Marco Conceptual

El presente trabajo de investigación se basó en la aplicación de la distribución en planta para una empresa productora de bolsas plásticas. La distribución en planta puede ser aplicada a empresas ya existentes o que todavía estén en planos, busca consigo la optimización del área, maquinas, equipos, entre otros; de tal forma conseguir una alta eficiencia en la empresa. (Kuzu, 2019, parr.1). Sin embargo, para ello se realizó una caracterización del proceso productivo de la empresa.

Para la identificación del proceso productivo se tuvo en cuenta ciertos diagramas, como el diagrama de flujo de proceso el cual demuestra las relaciones que existen entre los departamentos o componentes que hacen parte de una empresa (Lucidchart, 2019, parr.7). También se encuentra el diagrama de recorridos, que define el recorrido o camino que llevará a cabo un producto o todo un proceso (Velasco, 2014, p.102). Finalmente, el diagrama de relaciones de actividades que indica las relaciones existentes entre los departamentos, áreas, oficinas, maquinaria, entre otros. (Menjivar, 2016).

En el planteamiento de las propuestas del layout se dispuso de la metodología SLP expuesta por Muther en 1961, que permitió identificar y visualizar cada uno de los elementos y componentes que hacen parte de una empresa y que tienen relación entre sí. (“Distribución en planta”, 2010, p.26).

Luego se empleó la metodología cuantitativa CRAFT, esta metodología se utilizó para evaluar las posibles ubicaciones de las áreas de producción o departamento de la empresa, expuestas por la metodología SLP, y luego se eligió la configuración de área (o departamento) de menor costo. (Mejía, Wilches, Galofre y Montenegro, 2011, p.2).

## 1.2. Antecedes

A partir de la revolución industrial se creó la necesidad de organizar apropiadamente los espacios para el desarrollo de las tareas productivas. Durante esta época, surgieron las técnicas iniciales para la distribución de planta debido a la creación de las líneas de producción para la ejecución de los procesos productivos. Posteriormente, en los sistemas productivos la complejidad fue creciendo y por eso los problemas en la distribución de planta fueron apareciendo. En consecuencia, se instituyeron técnicas y principios que actualmente se utilizan para resolver dichos problemas (Quiceno y Zuluaga, 2012).

Para una mayor facilidad resolviendo problemas de reordenación en plantas, Muther en 1961 desarrolló una metodología conocida como S.L.P -Systematic Layout Planning- (Casp Vanaclocha, 2004). Martínez, Lozada, Flores y Mora (2012) implementaron dicho método en una empresa productora de panela de azúcar para establecer una distribución adecuada en las áreas del trapiche obteniendo como resultados la disminución de los recorridos de los materiales y de los trabajadores, el aprovechamiento de los espacios disponibles y recursos. Así mismo, Parra (2015) con este método consiguió identificar las falencias en los procesos y minimizar el recorrido de los residuos en una planta de residuos sólidos aprovechables; a su vez con las mejoras tecnológicas propuestas incrementa a un 77% su eficiencia para el aprovechamiento de los residuos sólidos tratados en la planta.

Por otro lado, cabe resaltar que existe otro método para realizar la asignación de áreas, centros de trabajos y distribuir de forma eficiente el diseño de una planta, CRAFT (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique) creado por Armour y Buffa en 1963 ha sido utilizado en diversas empresas manufactureras (Mejía et al., 2011). Por ejemplo, Niño y Lozano (2012) aplicando este método para cada uno de los productos de una empresa productora de insumos agrícolas y pecuarios consiguieron obtener reducciones en costos de transporte, flujo de materiales y el espacio en los almacenes de materias; teniendo en cuenta variables como la distancia, tiempo, cantidad de carga y número de viajes. De igual forma, Paredes, Pélaez, Chud,

Payan y Alarcón (2016) luego de obtener los resultados correspondientes a la metodología SLP implementaron el CRAFT en una empresa productora de lácteos donde lograron reducir el flujo de materiales y de personal, y así aumentar la productividad de la organización, reducir costos y mejorar el nivel de servicio al cliente. También, Carpio-Tirado (2016) en su proyecto propuso una redistribución para una empresa textil de confecciones peruana, utilizando los métodos SLP, CRAFT y realizando un balanceamiento de la línea de producción, Es así como consiguió reducir los costos hasta en un 80% para una célula de trabajo, también logra reducir el tiempo de producción, aumentar la capacidad de la planta y la eficiencia de los procesos; dando solución a la incorrecta utilización del espacio, aglomeración de material en proceso, grandes distancias de recorrido, productividad baja, entre otras.

Como consecuencia de la búsqueda para la reducción de costos aparece la simulación, esta se entiende como la representación de sistemas productivos reales, que puede ser por medio de una computadora (J. Banks, 2005). Flexsim es un software de simulación, desarrollado por Bill Nordgren, Cliff King, Roger Hullinger, Eamonn Lavery y Anthony Johnson, considerado como una herramienta de análisis que ayuda tanto a los ingenieros como a los planificadores a tomar decisiones de forma clara y concisa en el diseño de la distribución y/u operación del sistema (Simón, Santana, Granillo y Piedra, 2013).

Santelices (2010), planteó dos escenarios de procesos para una planta de embalaje de cereza fresca, donde se expone que producen 250 y 500 cerezas/segundo, por lo cual diseñó un modelo de balance de líneas e implementado el "problema de empaque de recipientes de dos dimensiones" presentado por Montreuil. Luego, utilizó el método de centro de gravedad para la localización de cada zona de trabajo y por último, diseñó e implementó varios modelos de simulación de acuerdo a las capacidades acordadas. Con lo anterior, pudo reducir los golpes de frutas, minimizó la inversión y ayudó en la toma de decisiones en cuanto a maquinaria, personal y distribución.

Arciniegas y Sanchez (2012) realizaron una propuesta de rediseño del layout de una empresa de calzado en Quito - Ecuador, empleando el procedimiento SLP, el método CRAFT y el software Arena para la simulación de dicha propuesta; con el fin de minimizar el tiempo de tránsito del material en proceso y suplir la demanda. Para ello recolectaron datos, identificaron los procesos, el flujo de materiales, propusieron tres posibles diseños y luego de escoger la propuesta eficiente la simulamos en el software, logrando reducir costos e incrementar la eficiencia a 50,61%.

En Cali, Castillo (2016) propuso una redistribución de planta en una empresa metalúrgica con el fin de reducir costos y aumentar la tasa de cumplimiento de pedidos, para ello realizó un estudio de tiempos, empleó el método SLP y el software de simulación ProModel. Como resultado logró reducir en un 15% los costos operacionales, en un 18% el tiempo de flujo e hizo posible el aumento del cumplimiento de órdenes en un 51%.

Febres y Ochoa (2010), utilizaron el software de simulación Flexsim en una empresa dedicada a la producción de subproductos para la cocina con la finalidad de evaluar los diferentes cambios sugeridos y determinar cuál de estos cumplía con el objetivo propuesto, mejorar en un 10% la producción. Al respecto, el simulador les permitió realizar todos los cambios que desearan y con ello tomar las decisiones apropiadas, como resultado obtuvieron un incremento del 23% en la producción.

## 2. Metodología

El presente estudio es de carácter descriptivo y se llevó a cabo en la empresa COMERCIALIZADORA y FABRICA SIPLAST S.A.S, ubicada en el barrio El Carmen de la ciudad de Sincelejo - Sucre, Colombia. Metodológicamente el proyecto se ejecutó en 4 fases, las cuales se relacionan a continuación:

### 2.1. Caracterización del proceso productivo:

En esta primera etapa se buscó identificar los factores que intervienen en el proceso, para así estandarizar los tiempos de ejecución y diseñar de mejor forma el layout. Dicha información se recolecto por medio de visitas a la empresa, entrevista con el personal y material proporcionado por SIPLAST. Se siguió la siguiente metodología:

- \* Identificación de las etapas del proceso productivo y su secuencia para la elaboración de bolsas plásticas.
- \* Elaboración de los diagramas correspondientes al proceso productivo (operaciones, procesos, relaciones y recorrido).
- \* Descripción de las operaciones expuestas en el punto anterior.
- \* Determinación de los tiempos de procesamiento, capacidad, maquinaria empleada y demás información necesaria para el modelado.
- \* Medición de la productividad parcial.

## **2.2. Aplicación de la metodología SLP y CRAFT.**

Una vez se identificaron los factores que se encuentran en el sistema productivo, se procedió a aplicar la metodología SLP. Esta metodología ayudó en el aprovechamiento del espacio total de la planta, es decir, permitió crear diversos diseños eficientes que mejoraron la distribución de la empresa. Posteriormente, se utilizó los complementos del programa Excel propuestos por Jensen (2004) basados en la metodología CRAFT, para determinar el mejor diseño evaluando los costos de manejo de materiales. El procedimiento fue el siguiente:

- \* Elaboración del diagrama de las relaciones entre actividades.
- \* Construcción de las alternativas de distribución.
- \* Representación del layout inicial, teniendo en cuenta las características de la producción.
- \* Aplicación de la metodología CRAFT a partir de los resultados obtenidos anteriormente.
- \* Selección de la distribución adecuada para la empresa productora de plásticos de acuerdo a los resultados del punto anterior.

## **2.3. Simulación en el software Flexsim.**

Luego de haber obtenido el esquema y evaluarlo con el método CRAFT, se continuó con la simulación del sistema productivo en el software de simulación Flexsim. Con ello se validó estadísticamente el rediseño expuesto, su comportamiento según las características y restricciones planteadas, tal como lo hicieron Simón, Santana, Granillo y Piedra en 2013. Para determinar la distribución del proceso se utilizó Statfit. El procedimiento fue el siguiente:

- \* Formulación del sistema a simular.
- \* Simulación de la línea de producción actual.
- \* Construcción del modelo propuesto en la plataforma Flexsim.
- \* Validación del modelo.
- \* Experimentación de la simulación para un periodo de tiempo planteado por el equipo de trabajo.

#### **2.4. Análisis y recomendaciones**

En esta etapa se estudiaron los resultados obtenidos de la fase anterior y se identificaron las estrategias que mejoran el layout de esta empresa.

- \* Comparación de resultados entre del modelo de distribución actual y la alternativa propuesta.
- \* Interpretación estadística de los resultados obtenidos.
- \* Planteamiento de estrategias de mejora para la distribución en planta.

### 3. Resultados Obtenidos

#### 3.1. Identificación de la Empresa

CyF SIPLAST S.A.S, es una empresa colombiana fundada en el año 2016, dedicada a la fabricación y comercialización de bolsas plásticas a organizaciones de diversos sectores en la región.



*Figura 1.* Entrada empresa SIPLAST.  
Fuente: Google maps.

### 3.2. Ficha Técnica

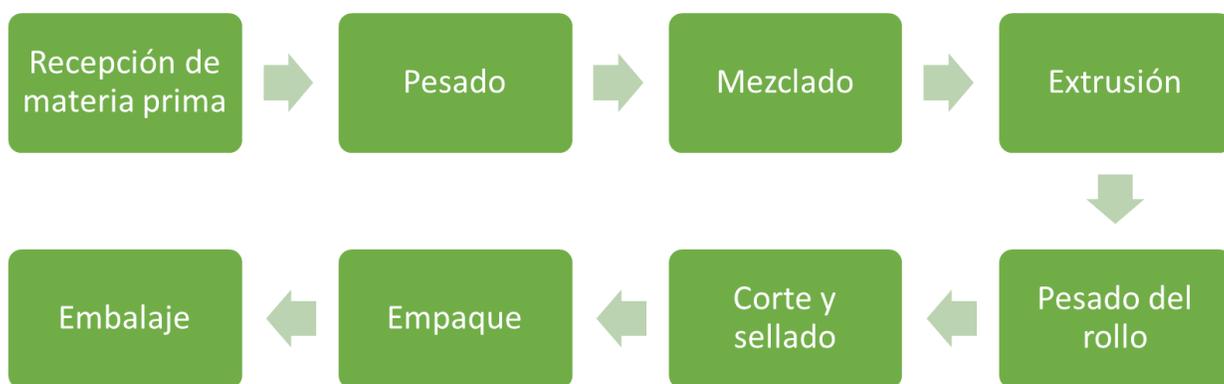
La bolsa plástica que se seleccionó para el estudio cuenta con las características presentes en la Figura N°2.

<b>FICHA TÉCNICA DE PRODUCTO</b>	
<b>DENOMINACIÓN DE BIEN O SERVICIO</b>	
Bolsa Plástica.	
<b>DENOMINACIÓN TÉCNICA DEL BIEN O SERVICIO</b>	
Bolsa Plástica Transparente.	
<b>GRUPO/CLASE/FAMILIA A LA QUE PERTENECE EL BIEN O SERVICIO</b>	
Polietileno de Alta Densidad. Calibre 1.3.	
<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	
1 Lote: 400Unidades x Saco	
<b>DESCRIPCIÓN GENERAL</b>	
Bolsas de alta calidad plástica Transparente de agua 15 in x 25 in  Lote de 250kg: -162,5kg Polietileno Alta densidad.  - 44,5 kg Carbonato.  -37,5 kg Aditivo.  - 6,5 kg Colorante.	

Figura 2. Ficha técnica bolsa plástica.  
 Fuente: Elaboración propia.

### 3.3. Etapas del Proceso Productivo

CyF SIPLAST cuenta con 8 etapas en el proceso de fabricación de bolsas plásticas de 15 in x 25 in elaborada con polietileno de alta densidad, las cuales se observan en la Figura N°3.



*Figura 3.* Etapas del proceso productivo – Diagrama de bloques.  
Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: (Heizer y Render, 2007)

#### 3.3.1. Recepción de materia prima.

En esta etapa del proceso productivo se reciben las diferentes materias primas como lo son: carbonato, colorante, polietileno de alta densidad y el aditivo.

#### 3.3.2. Pesado.

La materia prima es llevada a la báscula para el pesado de cada uno de estos elementos, es decir se pesan de manera individual (carbonato, colorante, aditivo y el polietileno de alta densidad).

### **3.3.3. Mezclado.**

Para que el producto tenga las características requeridas se hace necesario mezclar todas las materias primas de manera que queden distribuidas uniformemente.

### **3.3.4. Extrusión.**

Este proceso inicia con el vertimiento de la materia prima, posteriormente mezclada, en la tolva de dicha máquina, seguidamente el material es triturado y fundido para pasar por el tornillo sinfín en forma de pasta o elástico caliente donde al salir es inflado por una corriente constante de aire que va desde abajo hacia arriba formando una especie de globo. El diámetro de dicho globo es adaptado con unas varillas metálicas llamadas guías ubicadas a cada lado de este, estas son ajustadas de acuerdo con lo requerido y ayudan a que formen una estructura tubular constante prolongándose hasta la parte superior de la extrusora para pasar a un sistema de robillos que aplanan al globo y reducen la temperatura antes del embobinado. El embobinado se hace en tubos de cartón.

### **3.3.5. Pesado del rollo.**

El rollo es llevado a la báscula para determinar el peso bruto y neto de este, considerando los tubos de cartón.

### **3.3.6. Corte y sellado.**

Luego de ser pesado, el rollo es llevado a la máquina de corte y sellado donde se programa la maquinaria según las especificaciones requeridas para la bolsa, que consiste en las medidas y cantidad de bolsas por cada periodo de tiempo.

### 3.3.7. Empaque.

Esta etapa del proceso productivo se lleva a cabo manualmente, consiste en enrollar 50 unidades de productos terminados (bolsas plásticas) y atarlas con una pequeña parte de retal, es decir, con material residual o sobrante (ver Figura N°4).



*Figura 4.* Empaque de bolsas plásticas.  
Fuente: Foto real tomada por Jorge Cárdenas.

### 3.3.8. Embalaje.

Para el transporte de los empaques de bolsas plásticas, se usan sacos de fibra de plástico de 40kg y 45kg. Estos sacos por lo general son reutilizados, es decir, son aquellos sacos que portaban la materia prima, ver Figura N°5.



*Figura 5. Embalaje: Sacos de 40 Kg y 45 Kg.  
Fuente: (freepik, 2010-2018)*

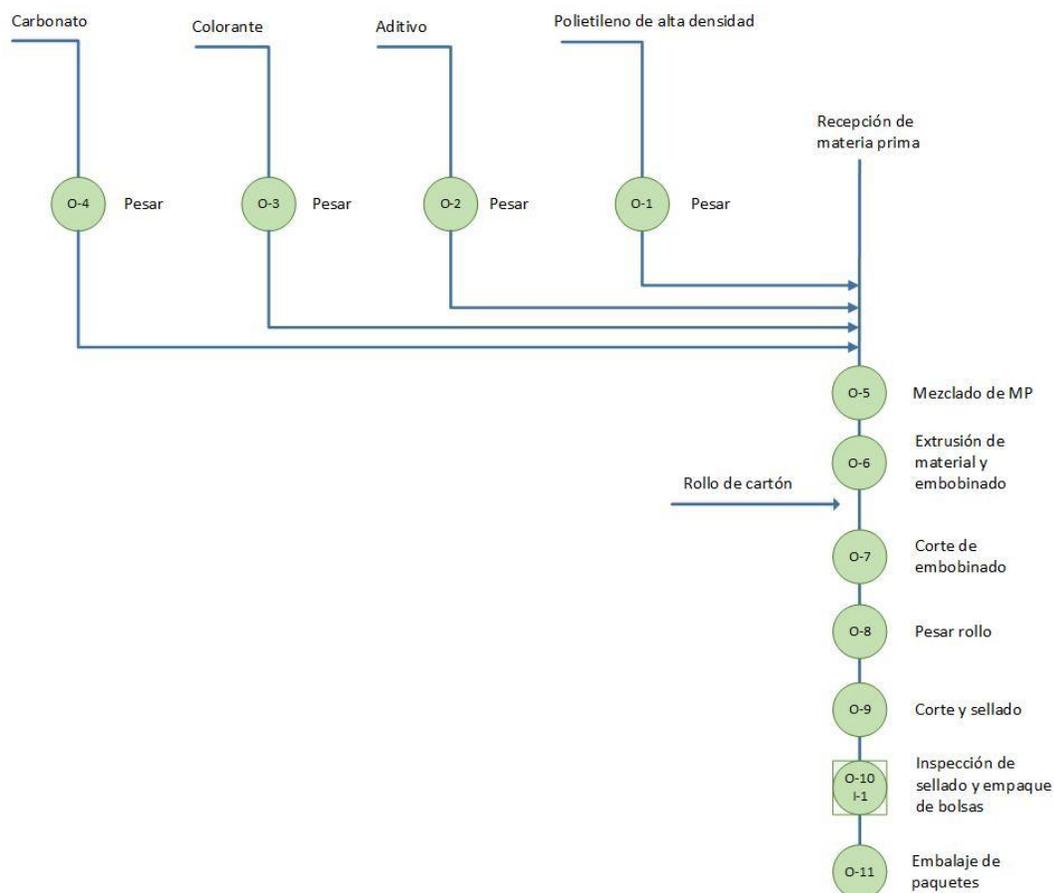
### **3.4. Identificación del Proceso Productivo: Diagramas**

#### **3.4.1. Diagrama de operaciones.**

Para la fabricación de bolsas plásticas, SIPLAST S.A. emplea polietileno de baja densidad (PBD) y polietileno de alta densidad (PAD). Para este caso el estudio se centra en la fabricación de las bolsas de 15 in x 25 in, con polietileno de alta densidad (PAD).

##### ***3.4.1.1. Diagrama de operaciones.***

Para la elaboración de bolsas plásticas utilizando Polietileno de Alta Densidad se realizan 11 operaciones y 1 inspección, ver Figura N°6 y tabla N°1.



*Figura 6.* Diagrama de operaciones.

Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: (Nebel y Freivalds, 2009).

Tabla 1.

*Cuantificación de símbolos del diagrama de operaciones*

SIMBOLO		N°
	Operación	11
	Inspección	1
<b>TOTAL</b>		<b>12</b>

Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: (Nebel y Freivalds, 2009).

### 3.4.2. Diagrama de flujo de procesos.

#### 3.4.2.1. Diagrama de flujo de procesos.

Para el diagrama de flujos de procesos utilizando Polietileno de Alta Densidad se realizan 11 operaciones, 9 transportes, 1 inspección y 2 procesos de almacenamiento, para un total de 23. Ver Figura N°7 y tabla N°2.

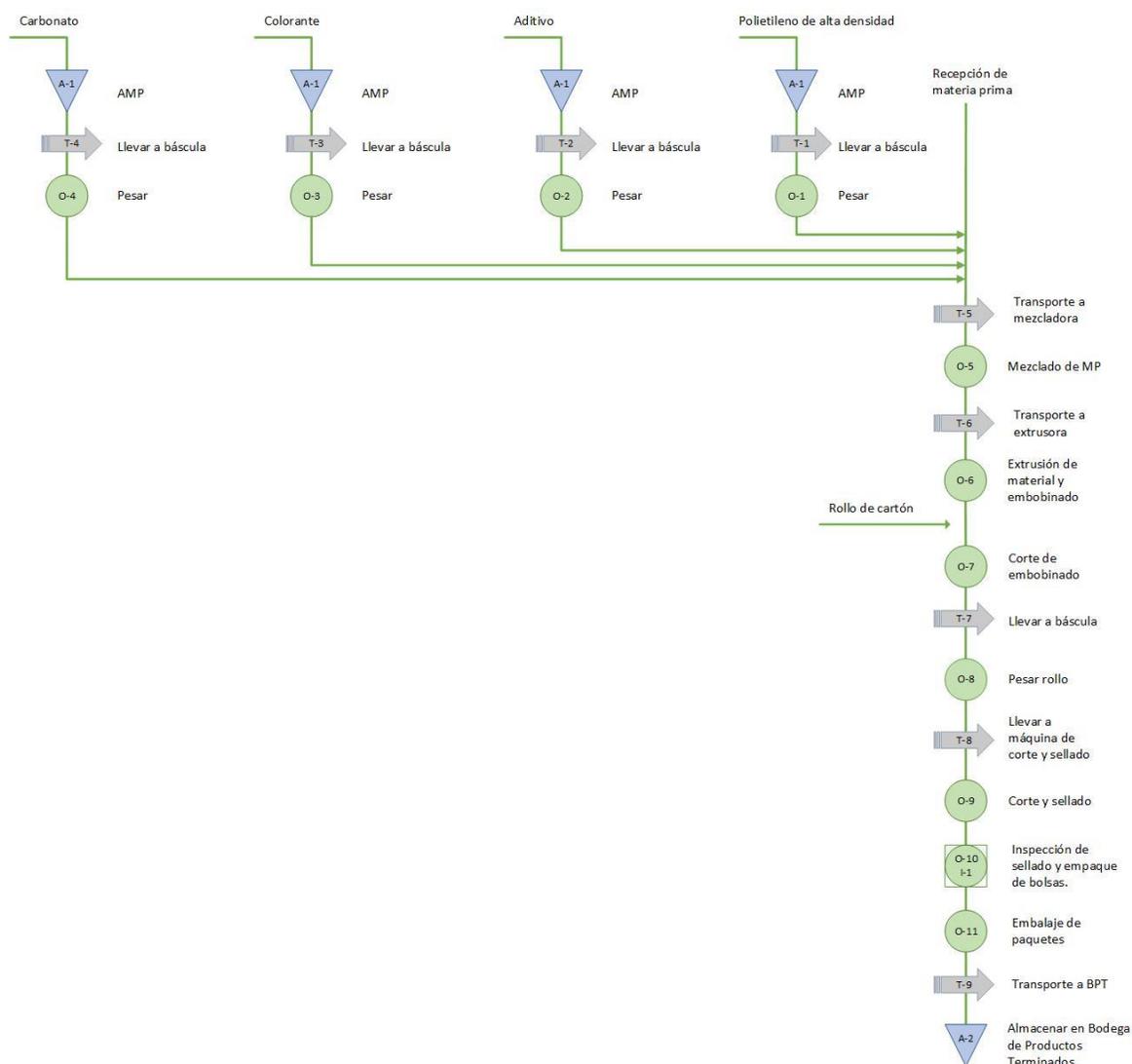


Figura 7. Diagrama de flujo de procesos.  
 Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: (Niebel y Freivalds, 2009).

Tabla 2.  
*Cuantificación de símbolos del diagrama de flujos de procesos*

SIMBOLO	Nº	
	Operación	11
	Transporte	9
	Inspección	1
	Espera	0
	Almacenamiento	2
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>	

Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: (Niebel y Freivalds, 2009).

### 3.4.2.2. Carta de flujo de procesos.

En la carta de flujo de procesos encontramos 8 operaciones, 7 transportes, 1 inspección y 1 procesos de almacenamiento, para un total de 17 procesos realizados. Ver tabla N°3 y N°4.

Tabla 3.  
*Carta de flujos de procesos.*

	CARTA DE FLUJO DE PROCESOS					Tiempo
	CyF SIPLAST S.A.S.					
Descripción de la actividad	Símbolo					
Transporte de MP a báscula						0,800
Pesado						1,864
Transporte de MP a mezcladora						1,300
Mezclado de MP						13,955
Transporte a extrusora						1,050
Extrusión de material						146,128
Corte de embobinado						0,100

Transporte a báscula						0,217
Pesado del rollo						1,303
Transporte de rollo a máquina de corte y sellado						0,217
Corte y sellado						2,015
Inspección de sellado						1,000
Transporte de bolsas a empaque						0,150
Empaque de bolsas						2,063
Embalaje de paquetes						3,782
Transporte a BPT						1,000
Almacenar en BPT						5,000

Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: (Niebel y Freivalds, 2009).

Tabla 4.

*Cuantificación de símbolos de la carta de flujos de procesos*

	<b>SIMBOLO</b>	<b>N°</b>
	Operación	8
	Transporte	7
	Inspección	1
	Espera	0
	Almacenamiento	1
	<b>TOTAL</b>	<b>17</b>

Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: (Niebel y Freivalds, 2009).

### 3.4.3. Diagrama de recorrido.

Para el siguiente diagrama se ha utilizado círculos para representar las operaciones y triángulos para el almacenamiento. Las flechas representan el transporte y el número la cantidad de estos.

En el diagrama de recorridos se encontró 5 operaciones, 7 transportes y 2 procesos de almacenamiento, para un total de 14 procesos realizados, ver tabla 8. Cabe aclarar que, aunque en la Figura 8 se señalan 7 operaciones, no todas ellas son realizadas en el proceso de fabricación de una bolsa de polietileno de alta densidad con medidas de 15 in x25 in. Ver Figura N°8 y tabla N°5.

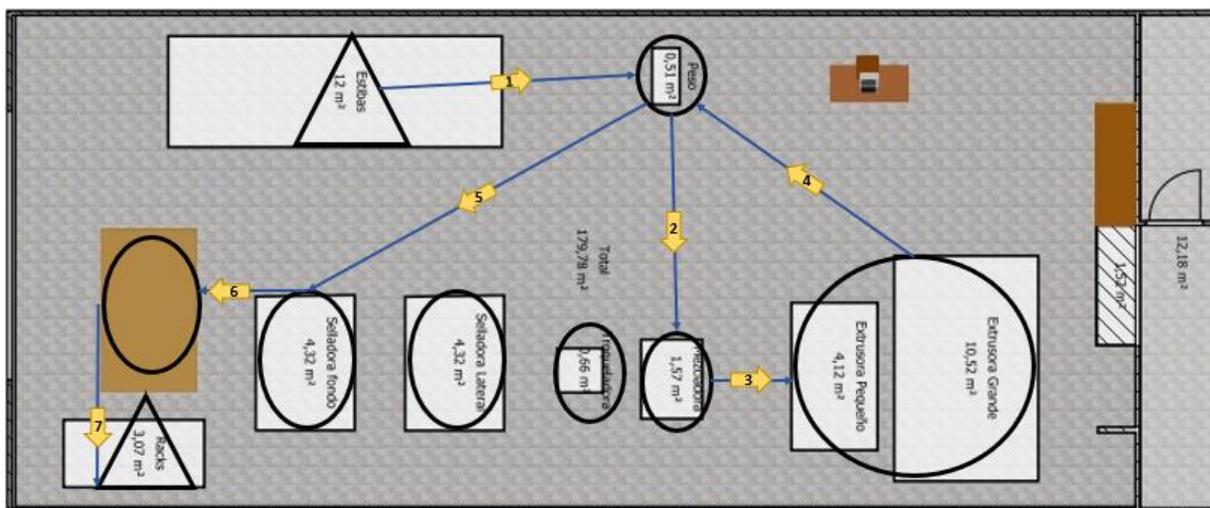


Figura 8. Diagrama de recorrido.

Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: (Velasco, 2014).

Tabla 5.

*Cuantificación de símbolos del diagrama de recorridos.*

<b>SIMBOLO</b>		<b>N°</b>
	Operación	5
	Transporte	7
	Almacenamiento	2
<b>TOTAL</b>		<b>14</b>

Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: (Velasco, 2014).

#### 3.4.4. Diagrama de relaciones.

Siguiendo la tabla de relación de actividades propuesta por el CEEI (2008), en el Manual De Distribución De Plantas, se plantea una adaptación de esta (ver tabla N°6). Dando como resultado el diagrama expuesto en la Figura N°9.

Tabla 6.

*Tabla de relaciones de actividades.*

<b>Letra</b>	<b>Importancia</b>	<b>Color</b>
A	Absolutamente necesario	
E	Especialmente importante	
I	Importante	
O	Ordinaria	
U	Sin importancia	
X	Rechazable	

Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: (CEEI, 2008).

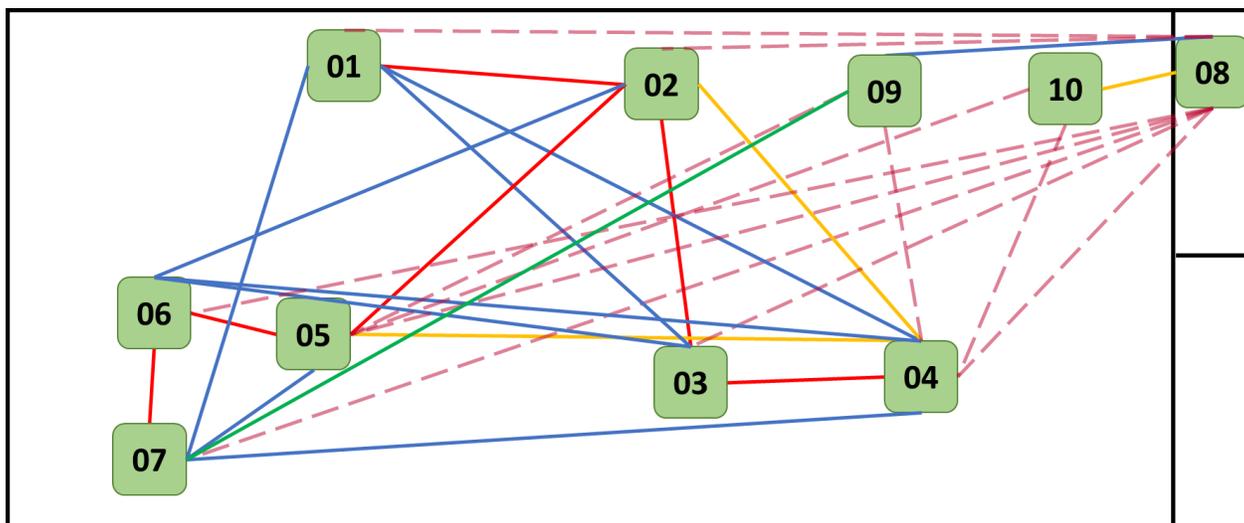


Figura 9. Diagrama de relaciones.

Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: (CEEI, 2008).

### 3.5. Identificación de las Áreas de la Empresa

#### 3.5.1. Identificar área de almacenamiento.

##### 3.5.1.1. Almacenamiento de materia prima.

Para el cálculo del área del almacenamiento de materia prima se utilizó la ecuación 1.

Ecuación 1. Área superficial.

$$\text{Area Superficie} = \text{lado} * \text{lado}$$

El almacenamiento consta de estibas, o conocidas también como pallets, y presentan una dimensión de 1.200mm de largo x 1.000 mm de ancho. Por lo tanto, se obtuvo lo siguiente:

$$Area_{xPallets} = 1,2m * 1m = \frac{1,2m^2}{Pallets}$$

$$Area_{TotalxPallets} = \frac{1,2m^2}{Pallets} * 6 Pallets = 7,2m^2$$

### ***3.5.1.2. Almacenamiento de productos en proceso.***

Los productos o materiales en procesos son rollos que se obtienen en la etapa de extrusión. Dependiendo del cliente estos rollos pueden ser ubicados en estibas para posteriormente seguir su proceso productivo o pueden ser situados en los racks de almacenamiento final para ser despachados al cliente.

### ***3.5.1.3. Almacenamiento de productos terminados.***

En este se depositan los productos terminados, luego de ser sometidos a un empaquetado y embalaje. Esta área cuenta con 2 racks de almacenamiento de 4 niveles y dimensiones de: largo 2,53m, ancho 0,61m y alto 2m. Además, cuenta con 6 estibas, sabiendo que el área que ocupan es de 7,2m<sup>2</sup> (Ver ítem 1.8.1.1.)

Asimismo, al emplear la ecuación 1 el área superficial de los racks de almacenamiento es de:

$$Area_{xRacks} = 2,53m * 0,61m = \frac{1,5433 m^2}{Racks}$$

$$Area_{TotalxRacks} = \frac{1,5433 m^2}{Racks} * 2 Racks = 3,0866 m^2$$

### 3.5.2. Identificar área de producción.

En esta zona se lleva a cabo el proceso productivo de las bolsas plásticas, en el cual se identifica el área superficial que ocupa cada proceso, empleando la ecuación 1.

$$\text{Area extrusora grande} = 2,59m * 4,06m = 10,5154m^2$$

$$\text{Area extrusora pequeña} = 1,55m * 2,66m = 4,123m^2$$

$$\text{Area mezcladora} = 1,1m * 1,43m = 1,573m^2$$

$$\text{Area selladora lateral} = 1,78m * 4,4m = 7,832m^2$$

$$\text{Area selladora lateral} = 1,78m * 4,4m = 7,832m^2$$

$$\text{Area mesa} = 1,22m * 2,44m = 2,9768m^2$$

$$\text{Area peso} = 0,52m * 1,02m = 0,5304m^2$$

### 3.5.3. Establecer anchura de los pasillos.

La empresa actualmente no tiene identificado o definido la anchura de sus pasillos, es decir, no aplica la norma NTP 434: superficies de trabajo seguros, la cual hace referencia a la separación entre máquinas y pasillos. Sin embargo, en la realización de la simulación se tuvo en cuenta esta norma, en donde la separación o distancia deber ser como mínimo de 0,8m, tomando como punto de referencia la parte más sobresaliente de la máquina (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1994, p.3).

#### **3.5.4. Identificar área para actividades de oficina y administrativa.**

En esta parte se tiene en cuenta lo relacionado con el departamento gerencial y administrativa de la organización. Esta área consta de dos escritorios, tres sillas, una papelera, dos computadores portátiles y un archivador. Sus dimensiones son de 4m x 3m, por lo tanto su área superficial es de:

$$Area\ oficina = 4m * 3m = 12m^2$$

#### **3.5.5. Identificar área de descanso.**

Siplast actualmente no cuenta con un área establecida para el descanso de sus empleados, sin embargo, se propone inicialmente un espacio con dimensiones de 2m\*4m, por lo que su área superficial será de:

$$Area\ Descaso = 2m * 4m = 8m^2$$

Esta zona es una sala de estar, es decir, un área para el personal, en donde ellos puedan descansar, hacer de sus necesidades y distraerse un poco. Además, se encontrarán las dotaciones de EPP, entre otros, tales como: baños, herramientas de aseo.

### **3.6. Plano de la Planta**

Siplast S.A. se encuentra ubicada en el Barrio El Carmen de la ciudad de Sincelejo. Cuenta con un escritorio, dos extrusoras, un mezclador, una báscula, una selladora lateral, una selladora de fondo, una mesa, 12 estibas y dos racks (Ver Figura N°10).

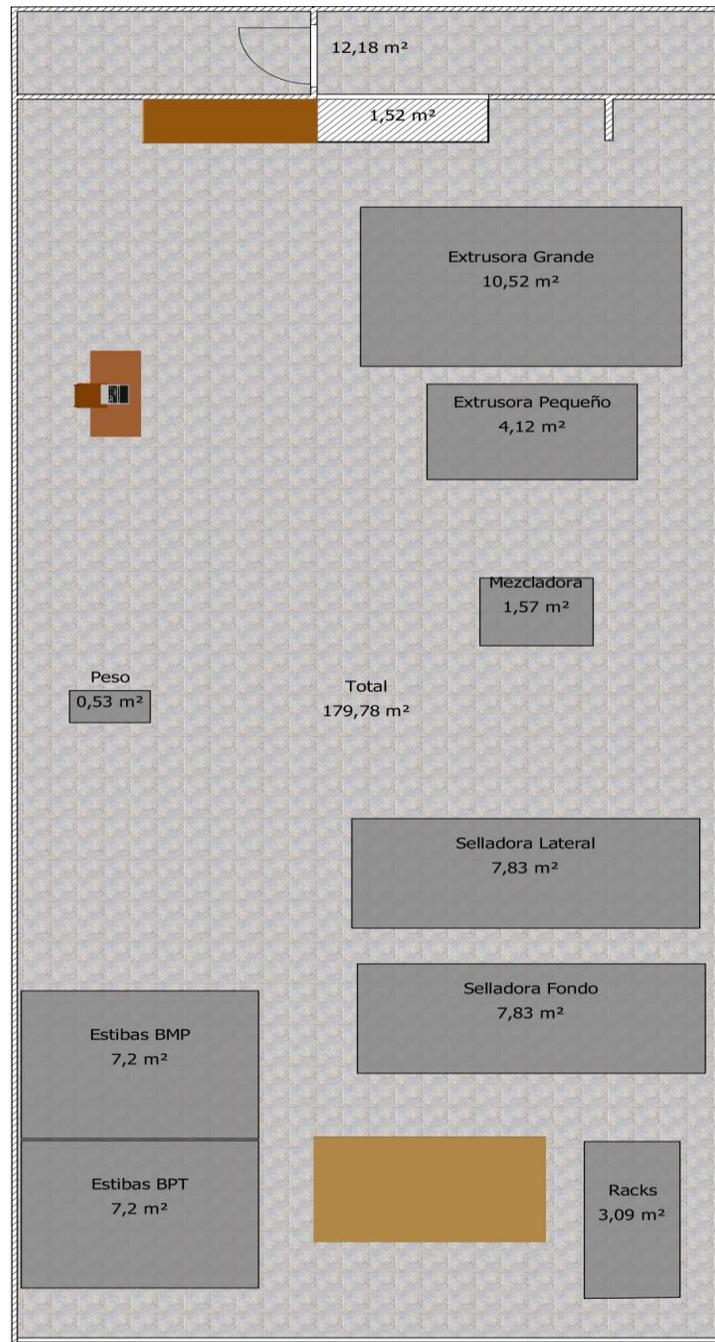


Figura 10. Plano inicial vista superior Siplast  
Fuente: Elaboración propia – Sweet Home 3D

### 3.7. Descripción de maquinaria y equipos

#### 3.7.1. Maquinaria.

La maquinaria que se emplean en la empresa Siplast se exponen en la tabla N°7

Tabla 7.

*Listado de Maquinaria Siplast.*

NOMBRE	FIGURA	D	CAPACIDAD	DESCRIPCIÓN
Mono extrusora SV 55m ACMAPLAST		Su capacidad de procesamiento es de 4-20 Kg/h, y es capaz de procesar películas angostas 4 a 24 pulgadas dependiendo del calibre.		La extrusora, como su nombre lo indica hace parte del proceso de extrusión y se encarga de la generación de películas plásticas. Esta extrusora posee 2,66 m de longitud, 1,55 m de ancho y 3,61m de altura
Mono extrusora modelo SV 5mm ACMAPLAST		Tiene la capacidad de procesar entre 25-60 Kg/h y como principal característica, es capaz de procesar calibres de 0,45 a 10 milésimas de pulgadas.		Generación de películas plásticas. Sus dimensiones son de longitud de 4,06m, ancho de 2,59 m y alto 4,86m

*Figura 11.* Mono extrusora SV 55m ACMAPLAST.

Fuente: Foto real de la planta tomada por Luisa Sehuanez.

*Figura 12.* Mono extrusora modelo SV 5mm ACMAPLAST.

Fuente: Figura real de la planta tomada por Luisa Sehuanez.

Mezcladora



Su capacidad de producción es de 15kg/min

Su función principal es el mezclado de las materias primas para que se lleve a cabo un mejor procesamiento de los materiales y obtener mejores propiedades en las características de la bolsa. Posee unas dimensiones de: longitud 1,43m, ancho 1,1m y alto 2,32m.

*Figura 13.* Mezcladora.

Fuente: (Cemausa,2008-2018).

Máquina selladora automática P-1300



Con una capacidad hasta de 200 kg. Es capaz de producir paquetes de 50-100-200 bolsas.

Su objetivo es el sellado lateral de las bolsas. Las dimensiones de la selladora son de: 4,4m de longitud, 1,78m de ancho y 1,22m de alto.

*Figura 14.* Selladora lateral.

Fuente: (Acerpack, 2008).

Máquina selladora P-105.



Con una velocidad de 30 a 100 golpes por minuto.

La función principal de esta máquina selladora, es el sellado de fondo de las bolsas Plásticas. Sus dimensiones son de: 1,96m de longitud, 1,54m de ancho y 1,56m de alto.

*Figura 15.* Selladora de fondo.

Fuente: (Acerpack, 2008)

Fuente: Elaboración propia.

### 3.7.2. Equipos.

Los equipos utilizados se pueden observar en la tabla N°8.

Tabla 8.

*Listado de equipos.*

NOMBRE	FIGURA	DESCRIPCIÓN	FUNCION
Estiba	 <p><i>Figura 16.</i> Estibas. Fuente: (Salazar-López, 2016)</p>	<p>Usadas comúnmente para el almacenamiento o recepción de materiales (primarios, en procesos o terminados), permite almacenar varios elementos voluminosos, pesados, entre otros. Además, facilita el transporte y manejo de mercancías. (Salazar-López, 2016, parr. 3)</p>	<p>Se emplean para la recepción de materia prima y almacén de productos en proceso, como los rollos.</p>
Rack	 <p><i>Figura 17.</i> Rack de almacenamiento. Fuente: (El corte ingles S.A., 1940-2018)</p>	<p>Los racks son tipos de almacenamiento manual de objetos, cargas, elementos en estantes o estructura metálica. Estos medios de almacenaje funcionan para todo tipo de material y producto, y se caracteriza por la división entre niveles (El Corte Ingles S.A., 1940-2018, p. 2)</p>	<p>En Siplast se utilizan racks de 4 niveles, y son usados para el almacenamiento de productos terminados</p>
Metro Industrial	 <p><i>Figura 18.</i> Cinta métrica. Fuente: (Capote-Luna, 2011)</p>	<p>El metro como ordinariamente lo llamamos, es una cinta métrica metálica, insertada en una carcasa metálica o plástica, según sea el caso, y se utiliza para hacer la toma de dimensiones (medidas). (Capote-Luna, 2011, p.6)</p>	<p>En la empresa es utilizado para la verificación de las medidas de la bolsa o rollo, es decir, si cumplen con las características esperadas. También se utiliza para realizar un corte posteriormente de alguna bolsa.</p>

Basculas o  
peso  
eléctrico



*Figura 19.* Bascula eléctrica.  
Fuente: (Cardinal Weighing Colombia,2005)

Las básculas electrónicas son instrumentos de medidas con componentes electrónicos que permiten determinar, con una lectura digital de cifras exactas, la cantidad de masa que posee un objeto o cierta cantidad de elementos. (Basculas Revueltas, 2018, parr. 1-2)

En siplast el peso se utiliza para realizar el proceso de pesado de materia prima, para su posterior extrusión. Además se utiliza para el pesado del rollo,

Bisturí



*Figura 20.* Bisturí industrial.  
Fuente: (OfiTienda, 2018)

Según el Grupo ARL SURA (s.f), el bisturí se define como, “herramienta corto punzante afilada que sirve para cortes de materiales semiduros y blandos.” (p.1)

El bisturí en la empresa SIPLAST es utilizado para llevar a cabo los cortes del material residual (retal) o faltante de la bolsa. Además, se utiliza para cortar el CORE, que son los soportes de los rollos.

Mesa



*Figura 21.* Mesa  
Fuente: Tugó Muebles

Se utiliza para llevar a cabo los empaquetados de las bolsas plásticas y realizar ciertos cortes en las bolsas.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.8. Listado de Dotaciones.

Según el Artículo N° 85, en el apartado de ‘Disposiciones generales’, el trabajador tiene como obligación “*usar y mantener adecuadamente los dispositivos para el control de riesgos y equipos de protección personal...*” (El congreso de Colombia, 1979, p. 13).

Por lo tanto, la empresa debe contar con requisitos mínimos en cuanto a los elementos que deben utilizar los empleados en la empresa, siendo estos variables de acuerdo a las funciones y puestos de trabajo. A continuación (Ver Tabla N°9) se presentan los diferentes elementos de protección:

Tabla 9.

*Listado de Dotaciones - EPP*

Nombre	Parte del cuerpo que protege	Figura	Descripción
Casco industrial	Cabeza		<p>Se recomienda su uso cuando la extrusora requiere mantenimiento, ya que se realiza trabajo a cierta altura y se pueden encontrar varios riesgos como: caídas, golpes con la máquina, entre otros. Este casco protege la cabeza de heridas o daños producidos por caídas de objetos a diferentes niveles o por golpes (Baque, 2014, p.79)</p>
Mono gafas de seguridad	Ojos y rostro		<p>Para la protección visual se utilizan monogafas de seguridad, debido a la radiación de calor que emiten ciertas maquinas que pueden afectar la visión del trabajador. Además del polvo fino que emite la materia prima cuando está en proceso de calentamiento. (Baque, 2014, p.81).</p>

*Figura 22.* Casco industrial.  
 Fuente: (Metalmarchile, 2016)

*Figura 23.* Monogafas de seguridad.  
 Fuente: (Suministros Industriales RyM, s.f.)

Protectores  
auditivos      Oídos  
moldeables.



*Figura 24.* Protectores auditivos moldeables.  
Fuente: (Moldex, s.f.).

Guantes  
desechables      Manos



*Figura 25.* Guantes desechables.  
Fuente: (Proin Pinilla S.L., 2018).

Dado que las maquinas tienden a emitir ruido que puede afectar poco a poco los oídos de los trabajadores debido a la exposición continua se recomienda el uso de esta EPP. (ARL SURA, 2018, parr. 19)

Estos tipos de protectores son capaces de disminuir hasta 33 Decibeles y se adaptan a la forma del oído del trabajador (ARL SURA, 2018, parr. 19)

Para la protección de las manos y en algunas ocasiones parte del brazo y del antebrazo se debe emplear guantes (Baque, 2014, p.83).

Muchas veces se entra en contacto con la materia prima al momento de hacer la mezcla, lo cual provocar irritación, o algún efecto secundario por la manipulación de estos. Sin olvidar que la manipulación de estos podría afectar la materia prima y así, el producto final.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.9. Estudio de tiempos

#### 3.9.1. Número de ciclos u observaciones.

Para conocer el número de ciclos de observación, se emplearon los tiempos que inicialmente fueron recolectados y con estos se calculó el tiempo promedio de cada etapa de proceso (Ver anexo 1), luego, utilizando la Figura N°26 se seleccionó el número recomendado.

Además, se definió un nivel de tolerancia del 9%, que consta de 5% asociado a las necesidades personales que incluye el tiempo en el sanitario y los desplazamientos para

hidratarse y 4% a fatiga básica, refiriéndose a la energía que consume el operario al ejecutar el trabajo designado (Niebel y Freivalds, 2009, p.367).

**Tabla 10.2** Número recomendado de ciclos de observación

Tiempo de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 o más	3

*Fuente:* Información tomada de *Time Study Manual* de los Erie Works de General Electric Company, desarrollados bajo la guía de Albert E. Shaw, gerente de administración del salario.

*Figura 26.* Numero recomendado de ciclos de observación  
 Fuente: (Niebel y Freivalds, 2009)

Por lo que se obtiene:

- Peso: 30 ciclos
- Mezclado: 8 Ciclos
- Extrusora grande: 3 Ciclos
- Selladora de fondo: 15 Ciclos
- Selladora lateral: 30 Ciclos
- Empaque: 15 Ciclos

- Embalaje: 15 Ciclos

### **3.9.2. Estándares del proceso.**

Finalmente, se tomaron los tiempos teniendo en cuenta el número recomendado por cada proceso, ver anexo N°2.

Se obtuvo que los estándares de tiempo para cada proceso son los siguientes:

- Peso de materia prima: 2,03 minutos.
- Mezclado: 15,21 minutos.
- Extrusora grande: 151,44 minutos.
- Peso rollo: 1,42 minutos.
- Selladora de fondo: 2,34 minutos.
- Selladora lateral: 1,73 minutos.
- Empaque: 2,25 minutos.
- Embalaje: 4,12 minutos.

El tiempo estándar para fabricar el primer lote de 400 unidades de bolsas plásticas fue de 180,5459 minutos. Los lotes siguientes salen con respecto al cuello de botella, en este caso es la extrusora (151,4373 minutos).

### 3.10. Cálculo de la capacidad total.

Para realizar dicho cálculo se empleó la ecuación N°2 y N°3 utilizando los tiempos obtenidos en los estándares de tiempo (1.13.), teniendo en cuenta que la empresa puede laborar 24 horas de forma continua.

Ecuación 2. Tiempo disponible.

$$\textit{Tiempo disponible} = \textit{Tiempo total} - \textit{Tiempo estandar}$$

$$\textit{Tiempo disponible} = 18.720 \textit{ minutos} - 180,5459 \textit{ minutos} = 18.539,45\textit{ minutos}$$

En la ecuación N°2 se observó que el primer lote de producción sale con respecto al tiempo estándar del proceso, sin embargo, a partir del primer lote de producción los siguientes lotes se fabrican con respecto a la capacidad o tiempo del cuello de botella, para ello se tuvo en cuenta el tiempo disponible (Ver ecuación N°3).

Ecuación 3. Capacidad de producción.

$$\textit{Capacidad de producción} = \frac{\textit{Tiempo disponible}}{\textit{Capacidad de cuello de botella}}$$

$$\textit{Capacidad de producción} = \frac{18.539,45\textit{ minutos}}{151,4373 \frac{\textit{minutos}}{\textit{lote}}} = 122,42 \approx 122 \textit{ Lotes}$$

Por lo tanto, la capacidad de producción de la empresa en un lapso de 13 días (18.720 minutos) es de 123 lotes. Sabiendo que cada lote tiene un total de 400 unidades de bolsas plásticas con dimensiones de 15 in x 25 in.

### 3.11. Medición de la productividad parcial

En la productividad parcial, se calculó la productividad laboral en horas y se utilizó la ecuación N°4.

Ecuación 4. Cálculo de productividad.

$$Productividad\ MO = \frac{Producto}{Insumos}$$

Por lo tanto se obtuvo lo siguiente:

$$Productividad\ MO = \frac{123\ Lotes}{312\ Horas} = 0,394\ \frac{Lote}{Hora}$$

Se muestra que la productividad laboral en horas es de 0,394.

### 3.12. Distribución de la planta

#### 3.12.1. Propuestas de distribuciones (Muther).

Para la optimización de la distribución de la planta se implementó en primera instancia el método sistemático propuesto por Richard Muther conocido como S.L.P. (Systematic Layout Planning) o Planeación Sistemática de la Distribución en Planta, en el cual establece una codificación según la importancia entre departamentos como se muestra en la tabla N°10.

Tabla 10.

*Tabla de valores de relación de SLP.*

<b>Letra</b>	<b>Importancia</b>
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ordinaria
U	Sin importancia
X	Rechazable

Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: (Niebel y Freivalds, 2009)

Para la elaboración del Diagrama de Muther, se incluyó en el plano inicial el área de descansos de los trabajadores con dimensiones de 2mx4m, la cual contará con mesas, sillas y espacios para almacenar comida. Atendiendo a estas consideraciones se establecen 10 departamentos a relacionar, ver Figura N°27.

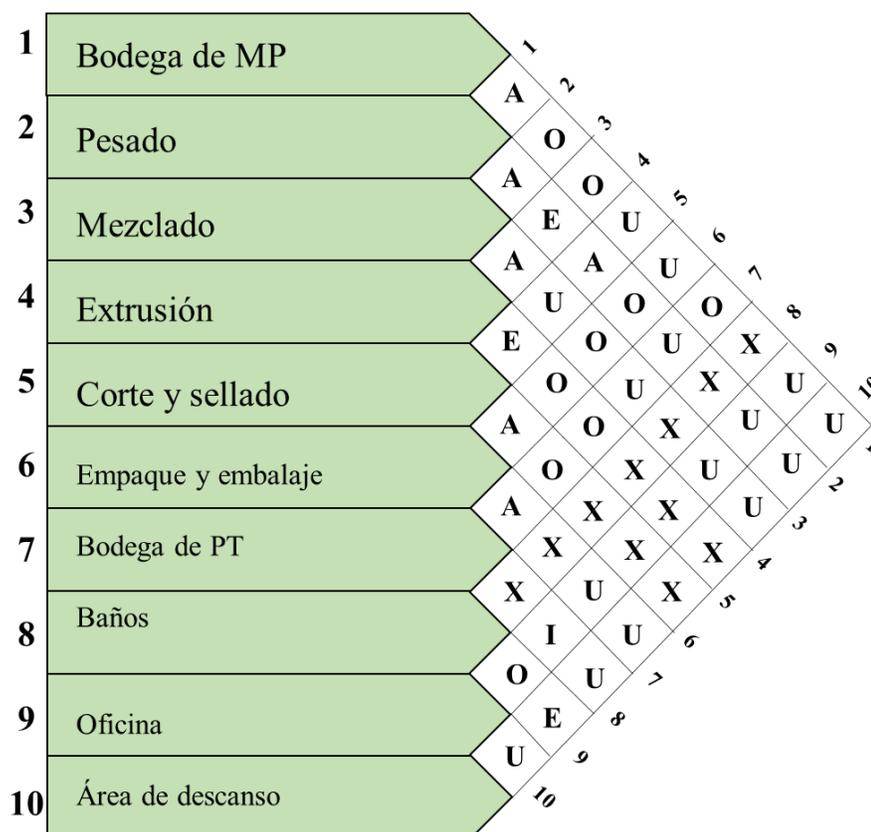


Figura 27. Diagrama de Muther.

Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: (Niebel y Freivalds, 2009)

Luego de conocer el nivel de importancia entre departamentos y haber aplicado el método SLP, se obtuvieron 3 diferentes diseños que mejoran las distribuciones de los departamentos, acortando las distancias y optimizando el flujo del proceso. Cabe resaltar, que a los baños se le asignó un espacio de 1mx4m dentro del plano de la empresa, que corresponde a las entradas desde la oficina y el pasillo (para trabajadores) con asignación fija. De igual forma, se amplió la oficina y el área de descanso. Estos cambios se muestran a continuación:

En la propuesta número 1, ver Figura N°28, se observan pasillos en la parte frontal de la empresa que servirán como entrada para el cargue y descargue en las bodegas de materia prima o productos terminados sin ser necesario la entrada de personas externas a dicha planta. Además,

se planteó la oficina justo en medio de esos pasillos con la intención de atender a proveedores y clientes alejados del proceso productivo. También se destacan los pasillos dentro de la empresa.

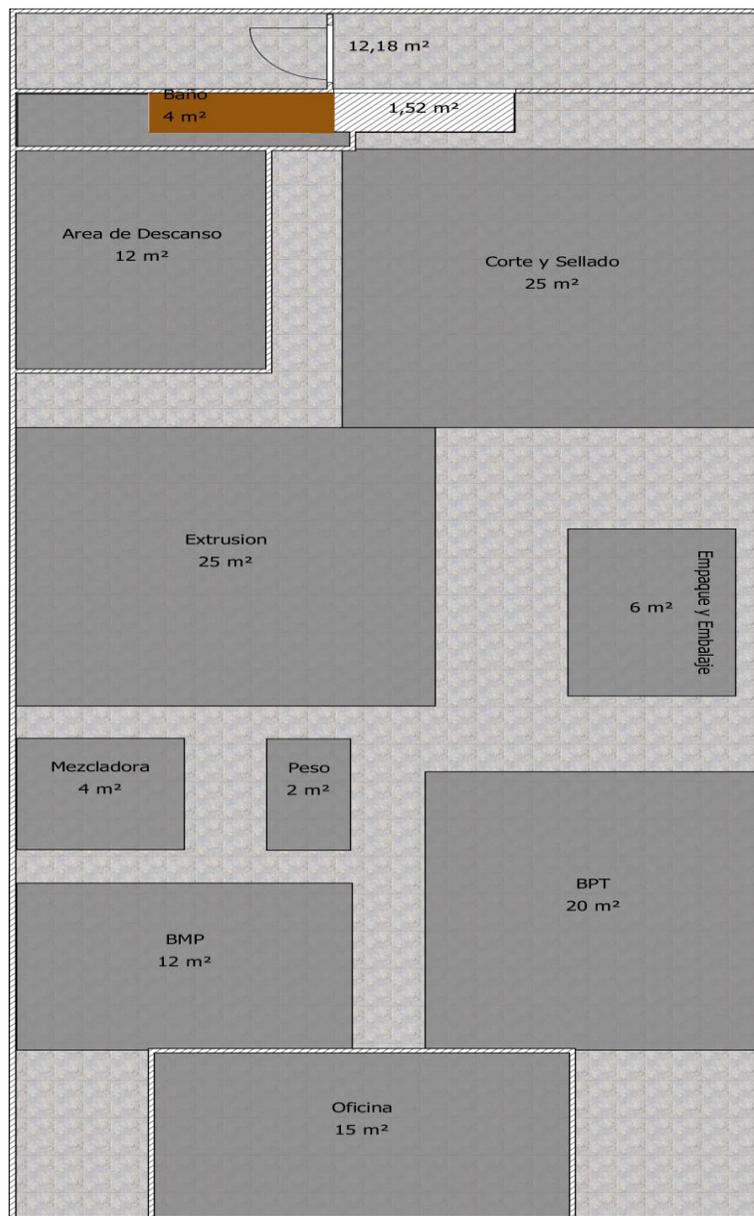
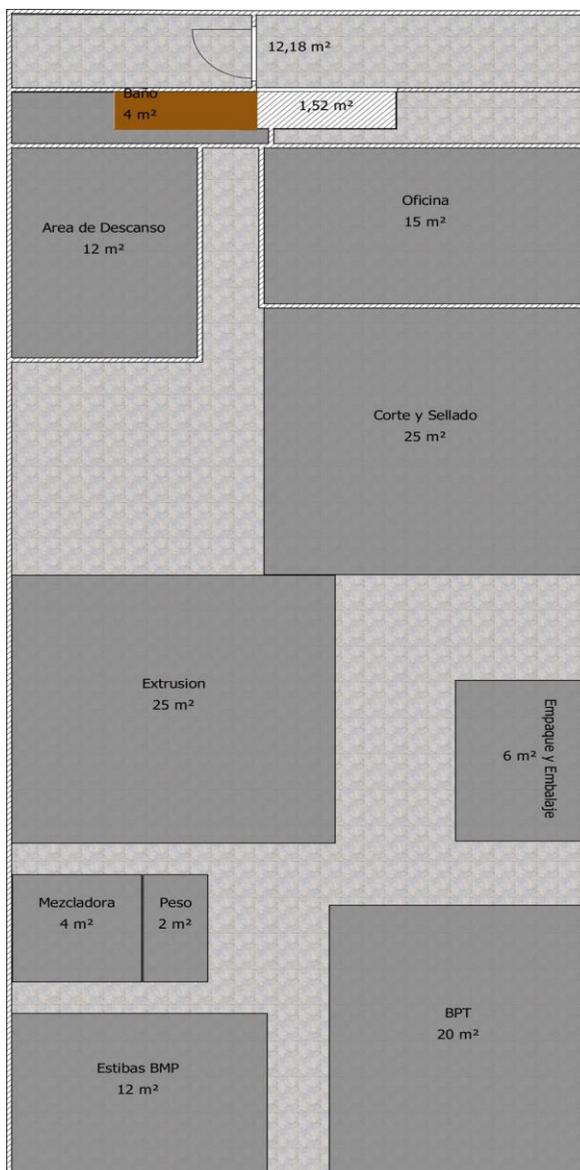


Figura 28. Propuesta de rediseño #1.

Fuente: Elaboración propia – Sweet Home 3D

Para el diseño número 2, ver Figura N°29, el área de descanso y la oficina se encuentran al final de la planta dando importancia a su relación con el departamento 8 (baños), igualmente

las bodegas de materia prima y producto terminado se encuentran justo en la entrada, con un pasillo que las separa, las cuales se ubican ahí con el fin de reducir la distancia entre los cargues y descargues.



*Figura 29.* Propuesta de rediseño #2.  
Fuente: Elaboración propia – Sweet Home 3D

Para el último diseño, ver Figura N°30, solo se intercambiaron las posiciones del área de descanso y la oficina tomando como base el diseño 2.

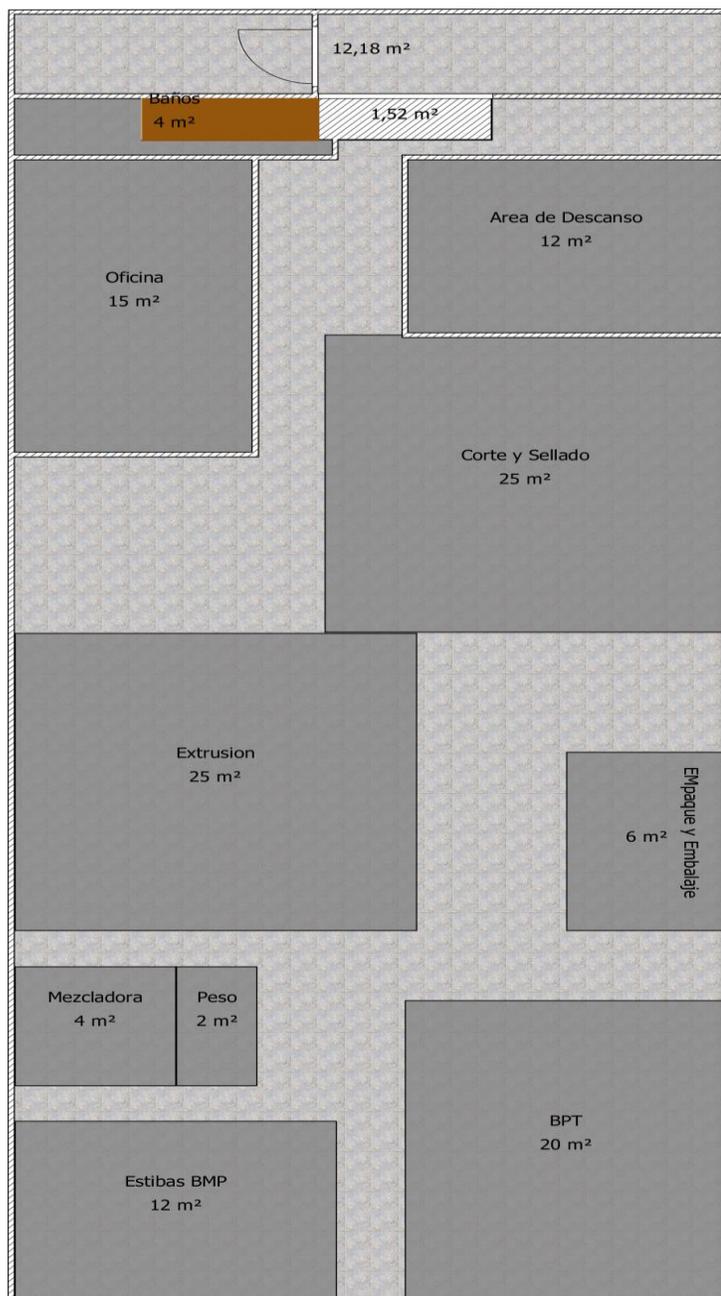
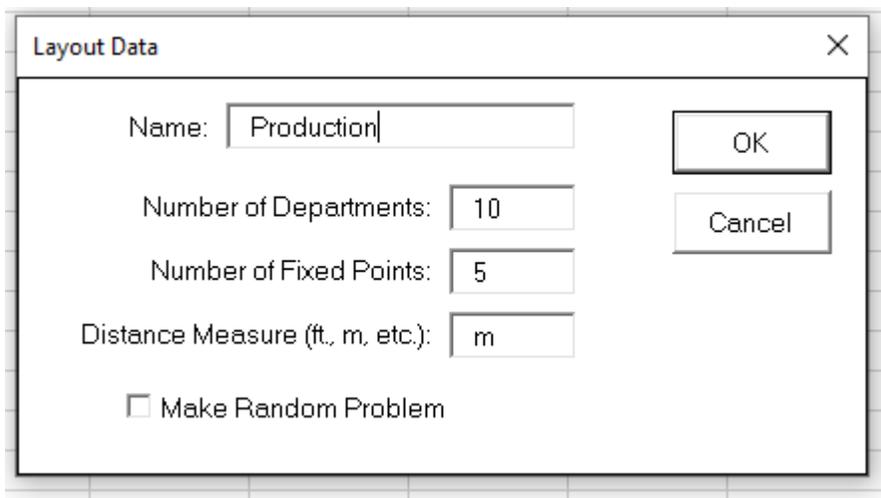


Figura 30. Propuesta de rediseño #3.  
Fuente: Elaboración propia– Sweet Home 3D

### 3.12.2. Evaluación de propuestas para nueva distribución (CRAFT).

Para determinar el layout óptimo se evaluaron los diseños obtenidos a partir del método SLP utilizando la metodología CRAFT, específicamente se emplearon los complementos propuestos por Jensen (2004) en la herramienta Microsoft Excel. El programa encuentra el diseño que minimiza el costo total de manejo de materiales en la distribución. Cuenta con dos diferentes algoritmos, uno de ellos es el procedimiento tradicional de diseño CRAFT y el otro es un procedimiento que encuentra la secuencia óptima de departamentos en diseño secuencial.

Para ejecutar su función se seleccionó la opción Facility Layout que implementa CRAFT y se creó un nuevo diseño con la opción New Layout del complemento OM\_IE, por lo que arrojó el siguiente cuadro dialogo:



*Figura 31.* Datos del Layout.

Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: Jensen (2004)

En este cuadro se diligenció el nombre del archivo, el número de departamentos, puntos fijos y la medida de las distancias. Al darle ok se obtuvieron los datos de diseño en la hoja de Excel, donde las casillas de color amarilla no deben modificarse ya que contienen datos o fórmulas fijadas (Ver figura 31).

Este complemento solicita el área total de la planta de acuerdo al largo y ancho de esta, nombre de los departamentos, el área de estos y si la ubicación es fija o variable; el área se calculó teniendo en cuenta que cada cuadro es de 1mx1m y adicionando espacios para el desplazamiento de los operarios.

Flow Matrix corresponde a la conocida matriz de flujo (o matriz origen-destino), donde se adicionaron los valores de las distancias entre los departamentos que presenten mayor relación o importancia entre ellos. A continuación, figura N°32, se toma el diseño original de la planta como ejemplo para detallar los datos descritos anteriormente.

Debajo de esta se encuentra la matriz de costos asociados al uso de materiales, para este proyecto se asignó el valor de 1 para toda esta matriz, es decir los flujos entre departamento tienen el mismo costo.

### Layout Data

Problem Name:	Tesis
Number Depts.:	10
Fixed Points:	0
Dimension:	m

 Define Facility

### Facility Information

Scale-m/unit	1	Cells
Length-m	21	21
Width-m	9	9
Area-sq.m	189	189

### Department Information

	Name	F/V	Area	Cells
Dept. 1	Bodega	V	12	12
Dept. 2	Pesado	V	2	2
Dept. 3	Mezcla	V	4	4
Dept. 4	Extrusión	V	25	25
Dept. 5	Corte y	V	25	25
Dept. 6	Empaq	V	6	6
Dept. 7	Bodega	V	20	20
Dept. 8	Baños	F	4	4
Dept. 9	Oficina	V	12	12
Dept. 10	Area de	V	6	6

### Flow Matrix

TO

FROM Bodega MP Pesado Mezclado Extrusión Corte y sellado Empaque y embalaje Bodega de PT Baños Oficina Area de descanso

Bodega MP	3,8	5,8	10,2				0,75			
Pesado		4,15	5,8	5,6	9,4					
Mezclado			6,12	10,8						
Extrusión				10,5	14	13,5				
Corte y sellado					3,8	2,5				
Empaque y embalaje						3				
Bodega de PT								10,2		
Baños								4	0,5	
Oficina										
Area de descanso										

### Cost Matrix

TO

FROM Bodega MP Pesado Mezclado Extrusión Corte y sellado Empaque y embalaje Bodega de PT Baños Oficina Area de descanso

Bodega MP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pesado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mezclado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Extrusión	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Corte y sellado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Empaque y embalaje	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bodega de PT	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baños	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Oficina	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Area de descanso	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Figura 32. Datos Iniciales para el método CRAFT.  
 Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: Jensen (2004)

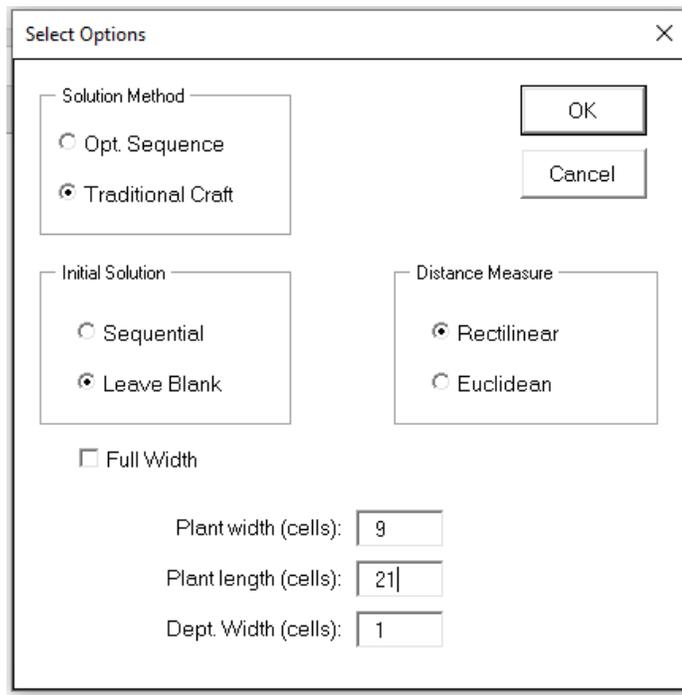


Figura 33. Selección de parámetros.

Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: Jensen (2004)

Al ejecutar el complemento se observó el cuadro dialogo de la Figura N°33, en el cual se seleccionó la opción de método tradicional CRAFT, solución inicial de cuadrícula en blanco y se digitó los datos de ancho, largo y pasillos. Al terminar se creó la segunda hoja de Excel donde se visualiza un resumen de los datos proporcionados y un cuadro en blanco con las dimensiones de la planta. Cuando la cuadrícula es llenada con los números correspondientes a las áreas de los departamentos, evalúa el diseño y el complemento por medio de la ecuación 1, esta calcula el costo del layout teniendo como resultado 1.447, a su vez colorea los espacios de los números anteriormente asignados y calcula los centroides en los ejes X,Y para cada departamento, ver figura N°34.

Ecuación 5. Costos del Layout.

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} f_{ij} d_{ij}$$

Fuente: (Jensen, 2004)

Según Jensen (2004) esta fórmula “calcula el costo del flujo de i a j como el producto del costo de manejo de materiales, el flujo y la distancia entre los departamentos. El costo del diseño es la suma de los costos de flujo.” (Parr.20)

Facility Layout

Problem Name:	Tesis	Method:	Traditional
Number Depts.:	10	Layout:	Blank
Length(cells):	21	Fill Departments:	No
Width(cells):	9	Measure:	Rectilinear
Area (cells):	189	Number Aisles:	9
Cost:	1447	Dept. Width:	1

Department	Color	Area-require	Area-definer	x-centroid	y-centroid	Sequence
Bodega MP	1	12	12	2	13,5	1
Pesado	2	2	2	1	8,5	2
Mezclado	3	4	4	7	8	3
Extrusión	4	25	25	6,5	3,5	4
Corte y sellado	5	25	25	6,5	13,5	5
mpaque y embalaje	6	6	6	5,5	18	6
Bodega de PT	7	20	20	2	17,5	7
Baños	8	4	4	2	0,5	8
Oficina	9	12	12	1,5	5	9
Area de descanso	10	6	8	2	2	10

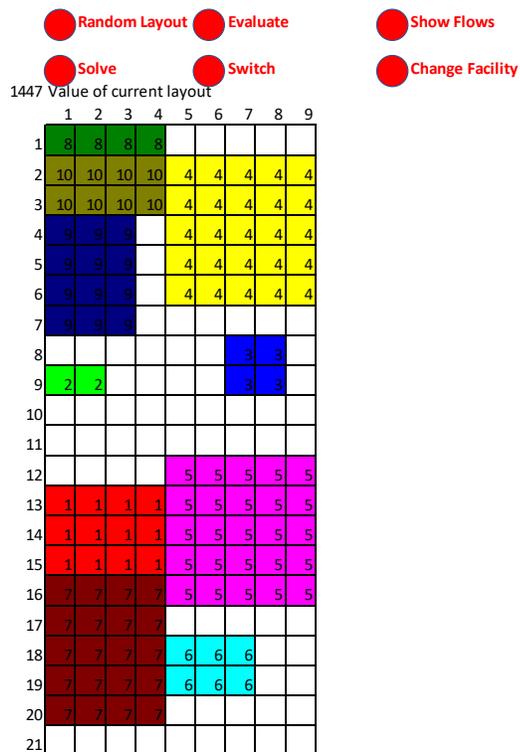


Figura 34. Datos y Diseño de CRAFT para layout inicial. Fuente: Elaboración propia – Tomado de: Jensen (2004)

Utilizando las iteraciones del botón switch se evalúa el layout inicial dando como resultado 2 iteraciones, donde intercambian el departamento 4 con el 5 y el 7 con el 1, ver parte derecha de la figura N°35. Reduciendo el costo hasta 1.139. Aunque se ha logrado reducir el costo se cree que está no es la solución óptima, así que se evalúan las propuestas del método SLP utilizando CRAFT.

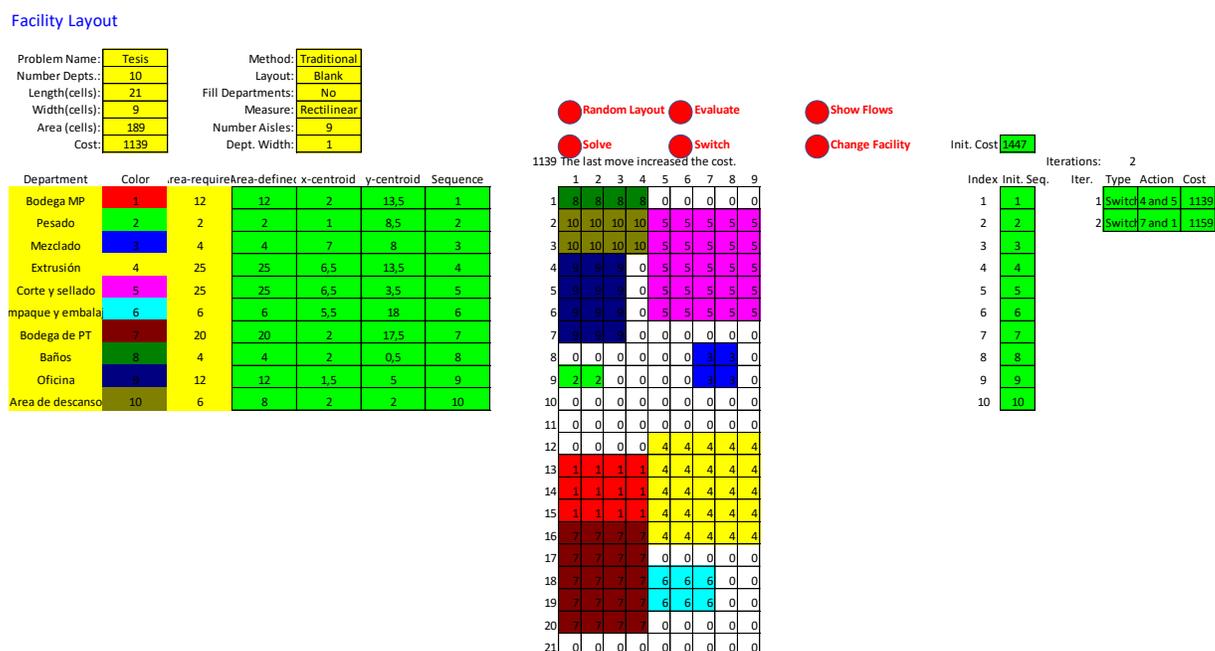


Figura 35. Resultados de método CRAFT para layout inicial  
 Fuente: Elaboración propia – Tomado de: Jensen (2004)

Siguiendo el procedimiento detallado anteriormente se diligencian los datos requeridos para su evaluación, como se muestra en el anexo 3.

Luego de digitar los datos, rellenar la cuadrícula y evaluar, se obtuvo un resultado de 1.049 para la opción 1 sin recurrir a más cambios o interacciones en la dicha propuesta, ver Figura N°36.

Facility Layout

Problem Name:	Tesis	Method:	Traditional
Number Depts.:	10	Layout:	Blank
Length(cells):	21	Fill Departments:	No
Width(cells):	9	Measure:	Rectilinear
Area (cells):	189	Number Aisles:	9
Cost:	1049	Dept. Width:	1

Department	Color	Area-require	Area-define	x-centroid	y-centroid	Sequence
Bodega MP	1	12	12	2	16,5	1
Pesado	2	2	2	3,5	13	2
Mezclado	3	4	4	1	13	3
Extrusión	4	25	25	2,5	8,5	4
Corte y sellado	5	25	25	6,5	3,5	5
Empaque y embalaje	6	6	6	8	9,5	6
Bodega de PT	7	20	20	7	15,5	7
Baños	8	4	4	2	0,5	8
Oficina	9	15	15	4,5	19,5	9
Area de descanso	10	12	12	1,5	3	10

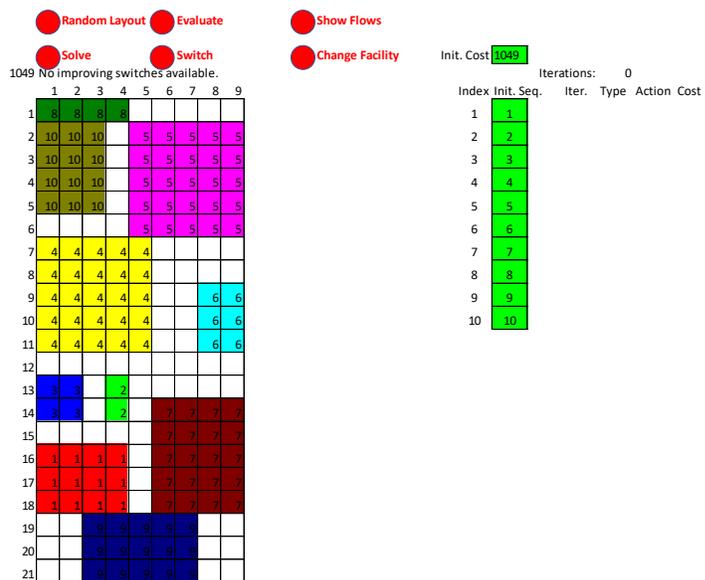


Figura 36. Resultados CRAFT para propuesta #1 SLP  
 Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: Jensen (2004)

Para el caso de la propuesta 2, y siguiendo el procedimiento descrito (Anexo 4), se obtuvo un resultado de 1.092 sin recurrir a más cambios o interacciones en la dicha propuesta, ver Figura N°37.

Facility Layout

Problem Name:	Tesis	Method:	Traditional
Number Depts.:	10	Layout:	Blank
Length(cells):	21	Fill Departments:	No
Width(cells):	9	Measure:	Rectilinear
Area (cells):	189	Number Aisles:	9
Cost:	1092	Dept. Width:	1

Department	Color	Area-require	Area-define	x-centroid	y-centroid	Sequence
Bodega MP	1	12	12	2	19,5	1
Pesado	2	2	2	2,5	16	2
Mezclado	3	4	4	1	16	3
Extrusión	4	25	25	2,5	11,5	4
Corte y sellado	5	25	25	6,5	6,5	5
Empaque y embalaje	6	6	6	8	12,5	6
Bodega de PT	7	20	20	7	18,5	7
Baños	8	4	4	2	0,5	8
Oficina	9	15	15	6,5	2,5	9
Area de descanso	10	12	12	1,5	3	10

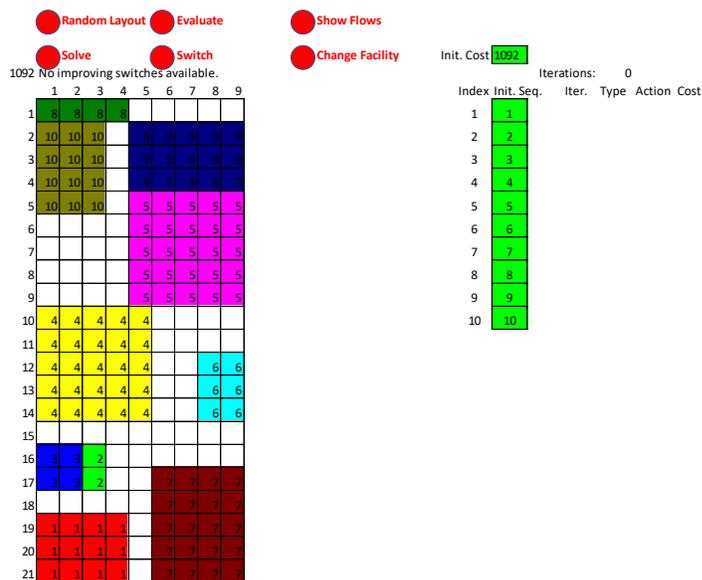


Figura 37. Resultados CRAFT para propuesta #2 SLP  
 Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: Jensen (2004)

Por último, para la propuesta número 3 se obtiene un resultado de 1.123. Para este caso también el complemento nos arroja que no es necesario cambios o iteraciones y que este es el diseño óptimo (Ver Figura 38). No obstante, el complemento es limitado en cuanto a las iteraciones, ya que solo se permiten hacer cambios en departamentos de áreas muy similares y no se permite usar los espacios en blanco (Ver anexo 5).

Facility Layout

Problem Name:	Tesis	Method:	Traditional
Number Depts.:	10	Layout:	Blank
Length (cells):	21	Fill Departments:	No
Width (cells):	9	Measure:	Rectilinear
Area (cells):	189	Number Aisles:	9
Cost:	1123	Dept. Width:	1

Department	Color	Area-require	Area-defin	x-centroid	y-centroid	Sequence
Bodega IMP	1	12	12	2	19,5	1
Pesado	2	2	2	2,5	16	2
Mezclado	3	4	4	1	16	3
Extrusión	4	25	25	2,5	11,5	4
Corte y sellado	5	25	25	6,5	6,5	5
mpaque y embala	6	6	6	8	12,5	6
Bodega de PT	7	20	20	7	18,5	7
Baños	8	4	4	2	0,5	8
Oficina	9	15	15	1,5	3,5	9
Area de descanso	10	12	12	7	2,5	10

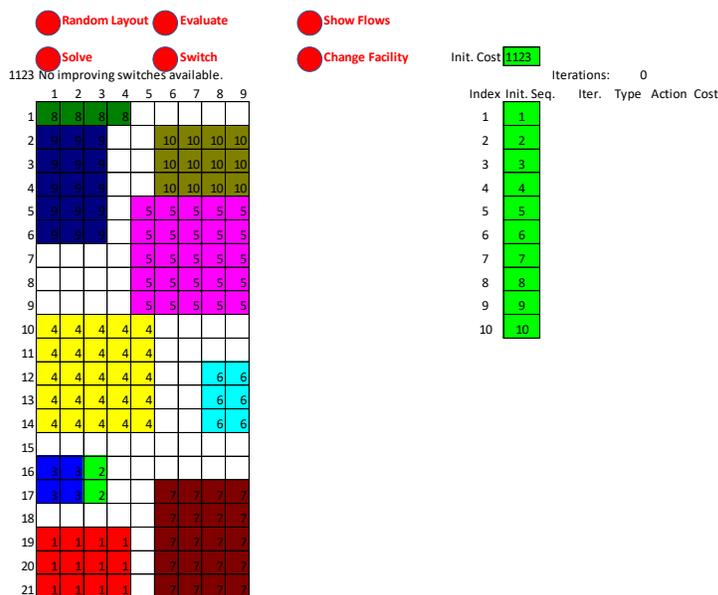


Figura 38. Resultados CRAFT para propuesta #3 SLP  
Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: Jensen (2004)

Es de aclarar que todos los diseños en la parte superior derecha se encuentran en blanco y es debido a la imposibilidad del uso de dicha área que se encuentra ocupada con muros y columnas.

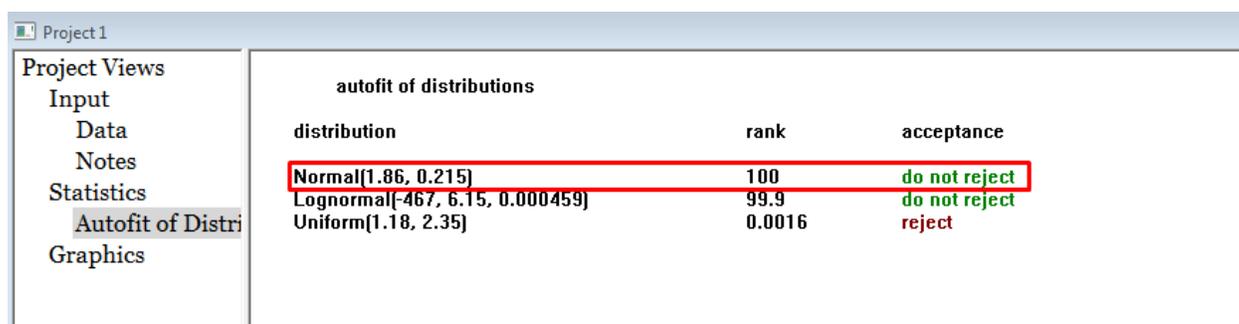
Volviendo a las evaluaciones de las tres propuestas obtenidas en SLP, todas se encuentran en su óptima distribución de acuerdo al método CRAFT ejecutado por el complemento. Pero una de ellas presentó una reducción del 27,5% del costo de recorrido con respecto a la distribución inicial, es decir paso de 1.447 a 1.049, siendo la propuesta #1 la distribución óptima de las 3 opciones.

### 3.13. Datos para la Simulación en software Flexsim.

#### 3.13.1. Distribuciones de probabilidad para el software de simulación FlexSim.

Antes de diseñar y ejecutar la simulación en el software Flexsim es necesario conocer qué tipo de distribución siguen cada uno de los procesos, para ello se analizaron los tiempos observados en el estudio de tiempos, empleando el software estadístico Statfit. Se obtuvieron los siguientes resultados:

##### 3.13.1.1. Peso de materia prima.



distribution	rank	acceptance
Normal(1.86, 0.215)	100	do not reject
Lognormal(-467, 6.15, 0.000459)	99.9	do not reject
Uniform(1.18, 2.35)	0.0016	reject

Figura 39. Distribución peso.

Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: Statfit

Se puede observar que la distribución que más se adaptó a los tiempos del peso de la materia prima es la distribución Normal, la cual es una distribución continua con una media de 1,86 y una desviación estándar de 0,215,  $N(1.86, 0.215)$  minutos. Ver Figura N°39.

### 3.13.1.2. Mezcladora.

Project Views		autofit of distributions		
Input		distribution	rank	acceptance
Data		<b>Normal[1.3, 0.239]</b>	<b>100</b>	<b>do not reject</b>
Notes		Lognormal[-0.172, 0.375, 0.162]	80.8	do not reject
Statistics		Exponential[0.9, 0.403]	0.487	do not reject
Autofit of Distri		Uniform[0.9, 1.98]	0.00258	reject
Graphics				

Figura 40. Distribución mezcladora.  
 Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: Statfit

La mezcladora siguió en un 100% una distribución Normal con media de 1.3 y desviación estándar de 0.239, N (1.3, 0.239) minutos. Ver Figura N°40.

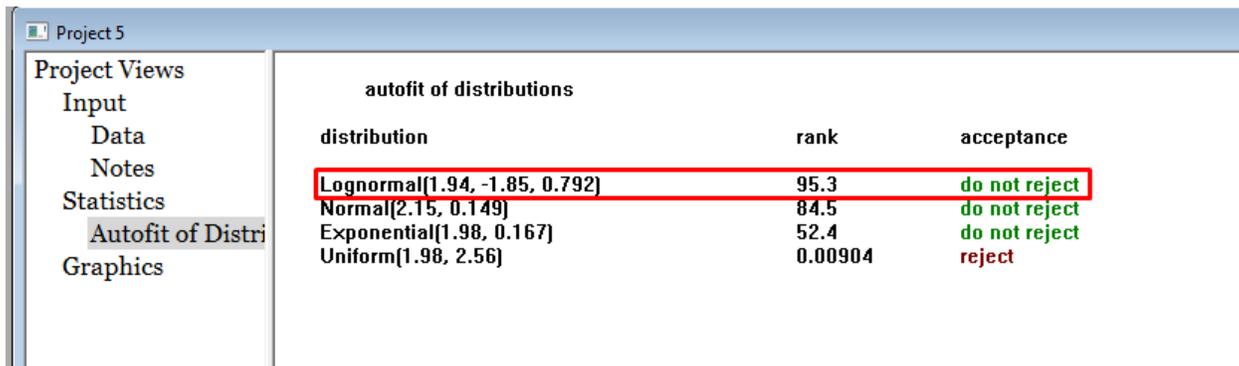
### 3.13.1.3. Extrusora.

autofit of distributions		
distribution	rank	acceptance
<b>Lognormal[123, 2.82, 0.293]</b>	<b>100</b>	<b>do not reject</b>
Normal[141, 5.18]	72.8	do not reject
Uniform[133, 151]	16.4	do not reject
Exponential[133, 8.04]	6.54	do not reject

Figura 41. Distribución extrusora.  
 Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: Statfit

Como se puede observar en la Figura N°41, la distribución que ajustó a la extrusora fue Lognormal, con valor de (123, 2.82, 0.293) minutos.

### 3.13.1.4. Selladora de fondo.

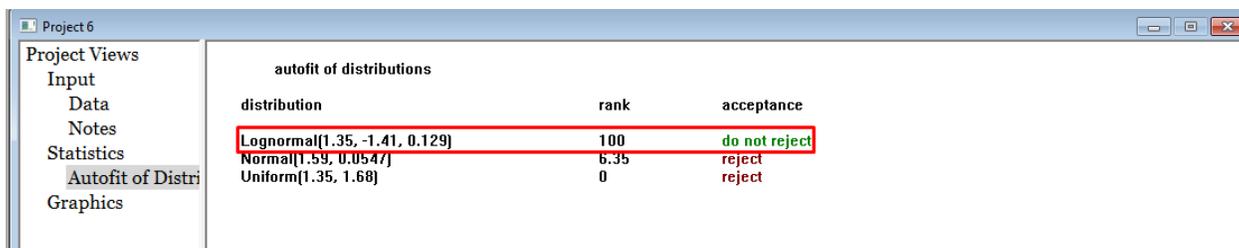


distribution	rank	acceptance
Lognormal[1.94, -1.85, 0.792]	95.3	do not reject
Normal[2.15, 0.149]	84.5	do not reject
Exponential[1.98, 0.167]	52.4	do not reject
Uniform[1.98, 2.56]	0.00904	reject

Figura 42. Distribución selladora de fondo.  
 Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: Statfit

El programa de Statfit arrojó que la distribución que siguió la selladora de fondo fue Log normal, Log normal (1.94, -1.05, 0.792) minutos. Ver Figura N°42.

### 3.13.1.5. Selladora lateral.

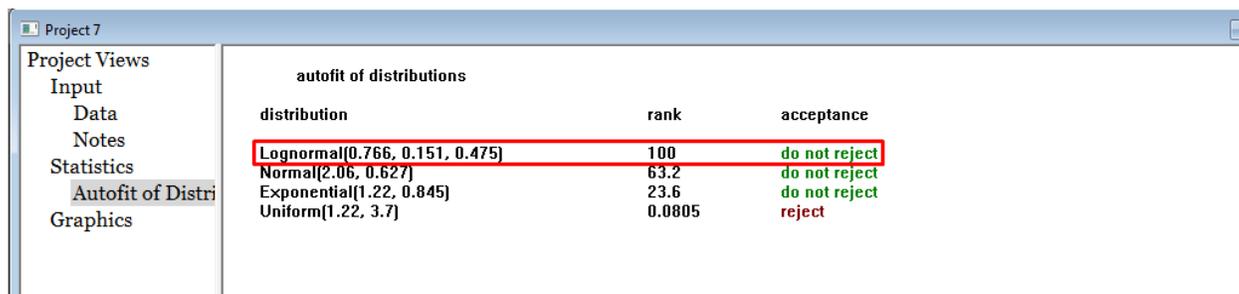


distribution	rank	acceptance
Lognormal[1.35, -1.41, 0.129]	100	do not reject
Normal[1.59, 0.0547]	6.35	reject
Uniform[1.35, 1.68]	0	reject

Figura 43. Distribución selladora lateral.  
 Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: Statfit

En el proceso del sellado de bolsas por sus laterales, el programa de Statfit arrojó que estos datos de tiempo seguían una distribución Log normal, Log normal (1.35, -1.41, 0.129) minutos. Ver Figura N°43.

**3.13.1.6. Empaque.**

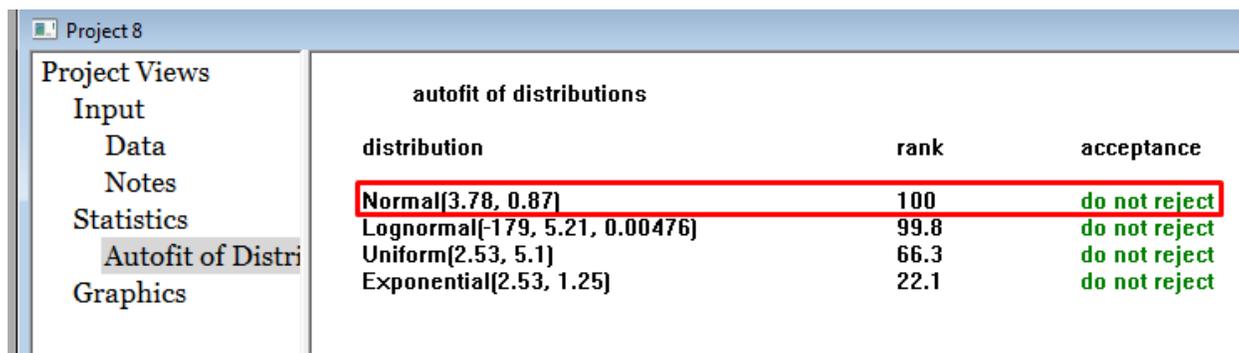


distribution	rank	acceptance
<b>Lognormal(0.766, 0.151, 0.475)</b>	<b>100</b>	<b>do not reject</b>
Normal(2.06, 0.627)	63.2	do not reject
Exponential(1.22, 0.845)	23.6	do not reject
Uniform(1.22, 3.7)	0.0805	reject

*Figura 44.* Distribución empaque.  
Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: Statfit

Por su lado, la etapa de empaque se lleva a cabo a través de una distribución Log normal, Log normal (0.766, 0.151, 0.475) minutos. Ver Figura N°44.

**3.13.1.7. Embalaje.**



distribution	rank	acceptance
<b>Normal(3.78, 0.87)</b>	<b>100</b>	<b>do not reject</b>
Lognormal[-179, 5.21, 0.00476]	99.8	do not reject
Uniform(2.53, 5.1)	66.3	do not reject
Exponential(2.53, 1.25)	22.1	do not reject

*Figura 45.* Distribución embalaje.  
Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: Statfit

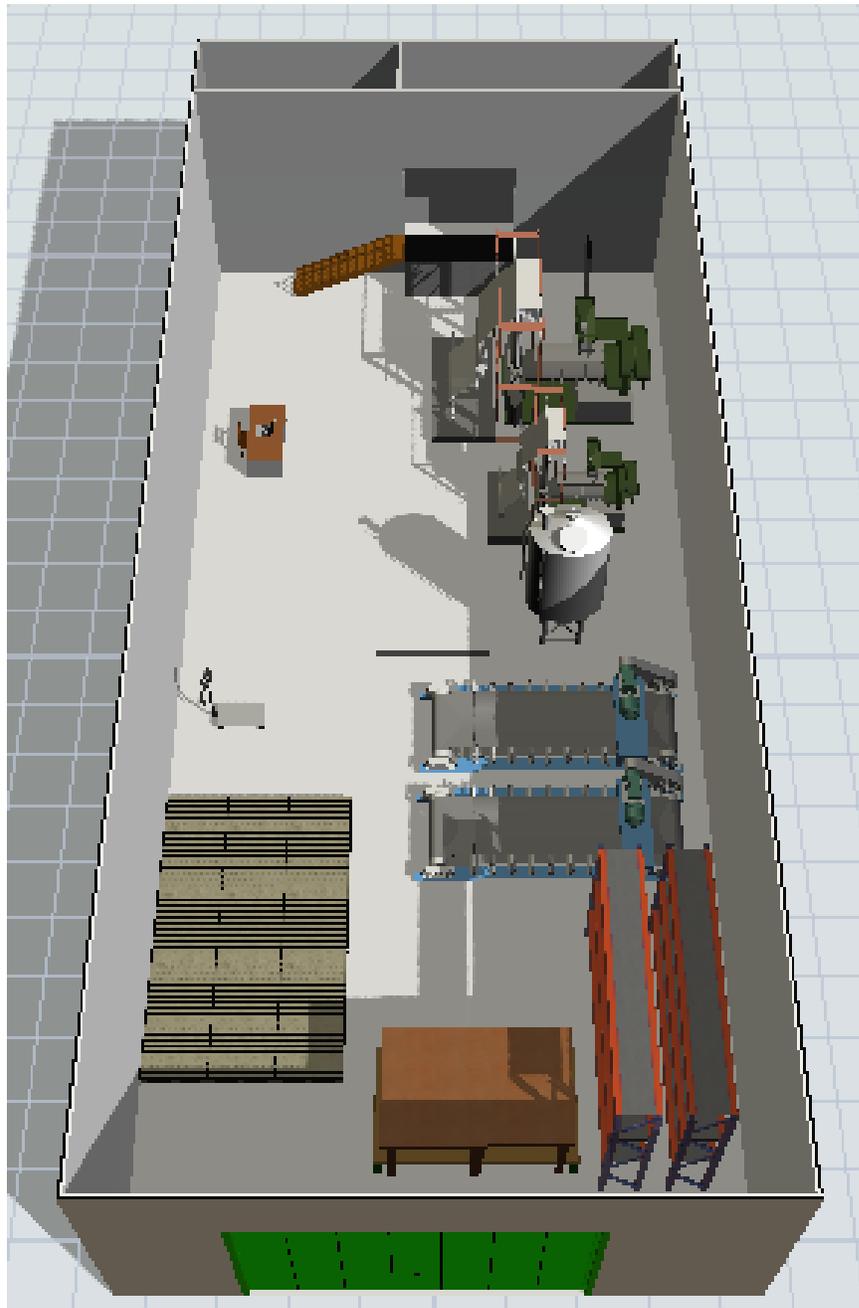
La etapa de embalaje, de acuerdo al programa Statfit, siguió una distribución normal de N (3.78, 0.87) minutos. Ver Figura N°45.

### **3.14. Simulación Software Flexsim**

#### **3.14.1. Distribuciones de la planta en software Flexsim.**

##### ***3.14.1.1. Distribución inicial de la planta.***

En la figura N°46 se puede observar, en vista superior, la distribución actual en la que se encuentra SIPLAST.



*Figura 46.* Vista superior Flexsim distribución actual de SISPLAST.  
Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: (Software de simulación Flexsim, 2019)

### ***3.14.1.1.1. Propuesta de nueva distribución de la planta.***

En la figura N°47 se evidencia, en vista superior, la distribución en planta mejorada gracias a la metodología SLP y CRAFT.



*Figura 47. Layout mejorado SIPLAST.*

Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: (Software de simulación Flexsim, 2019)

### 3.14.2. Resultados de simulación.

SIPLAST es una empresa productora de bolsas plásticas, que cuenta con una producción basada bajo pedido. Cabe resaltar que cuenta con dos turnos de 12 horas que le permiten trabajar 24 horas de forma continua cuando se encuentra en proceso de fabricación.

Para la simulación en Flexsim se empleó un tiempo estimado de 13 días de producción, trabajando 24 horas todos los días. En la distribución original se obtuvo un total de 123 lotes de bolsas plásticas transparentes (utilizadas para el embalaje de bolsas de agua) es decir, 49.200 bolsas plásticas.

Sin embargo, para la simulación de la nueva distribución propuesta Flexsim nos arrojó que la empresa en 13 días es capaz de fabricar 125 lotes de bolsas plásticas. Teniendo un aumento de 2 lotes, lo que sería 800 unidades adicionales de bolsas plásticas con dimensiones de 15 in x 25 in.

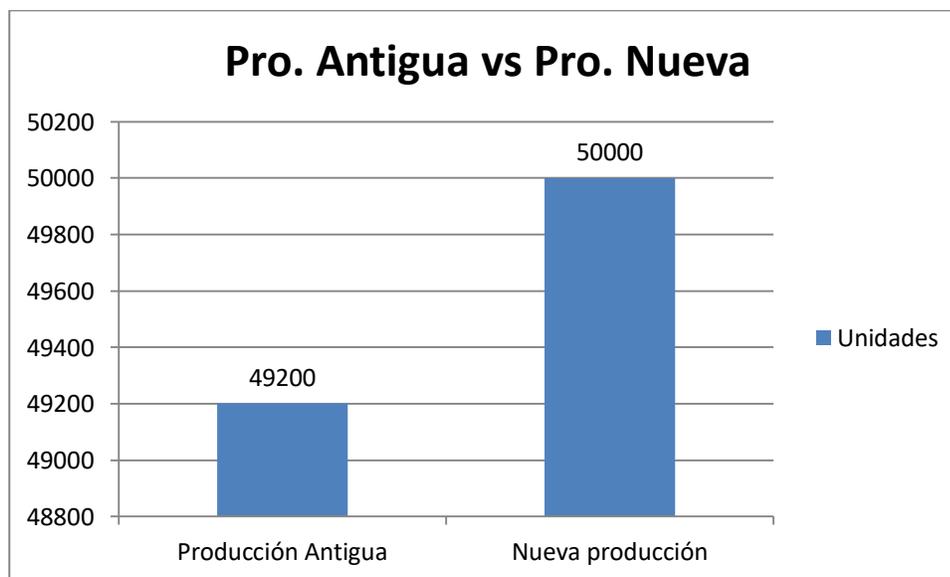


Figura 48. Producción de bolsas antiguas vs Producción de bolsas nuevas  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.14.3. Comparación de resultados.

Al obtener los resultados para ambas distribuciones, se procede a analizar con respecto a la productividad.

Utilizando la ecuación 4 se obtuvo una productividad de:

$$Productividad\ de\ MO = \frac{125\ Lotes}{312\ horas} = 0,401\ \frac{Lote}{hora}$$

La productividad obtenida en la nueva distribución es de 0,401. Teniendo en cuenta que la anterior es de 0,394, se puede deducir que dicho factor tuvo un ligero incremento.

Ecuación 6. Variación porcentual

$$Variación\ porcentual = \frac{|V2 - V1|}{V1} * 100$$

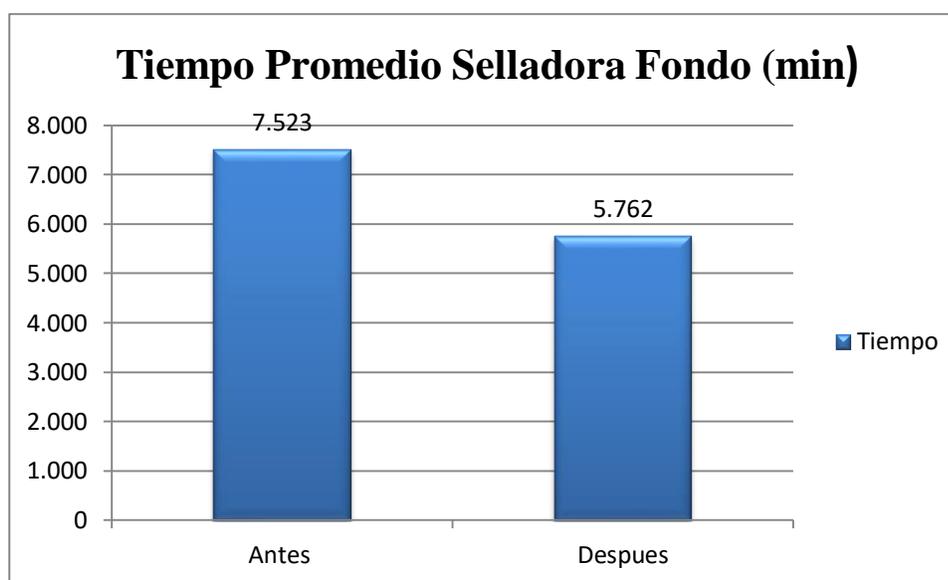
$$Variación = \frac{|125 - 123|}{123} * 100 = 1,6\%$$

En la ecuación N°6 se observa la variación porcentual entre las dos distribuciones, se obtuvo un crecimiento de 1.6% en la productividad.

### 3.14.4. Análisis estadístico.

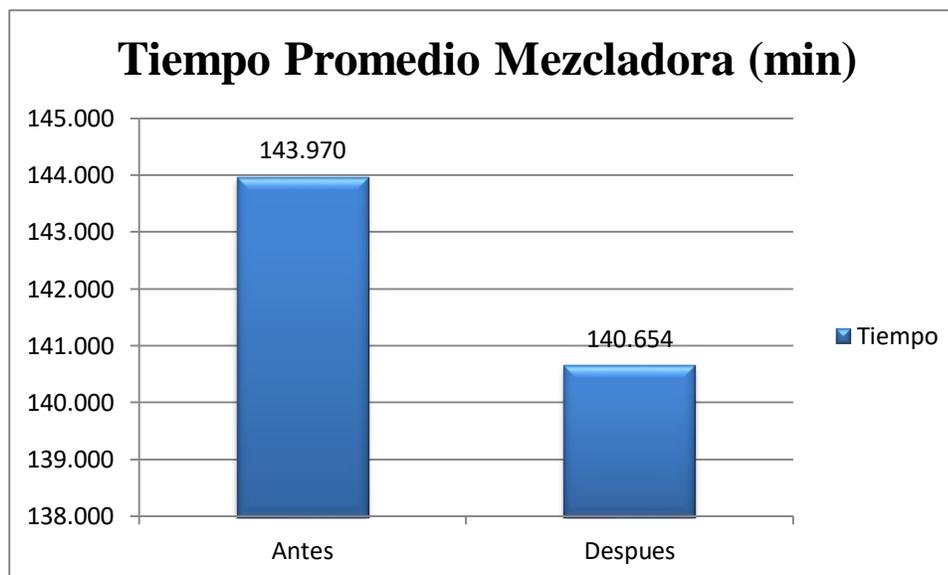
Existen notables diferencias en los tiempos promedios de algunas máquinas, por ejemplo, mientras que el tiempo del sellado de fondo para la distribución actual es de 7.523 min para la

nueva distribución es de 5.762 min, disminuyendo así un 1.761 min el tiempo promedio de esta máquina (Ver figura N°49).



*Figura 49.* Tiempo Promedio Selladora fondo  
Fuente: Elaboración Propia.

Así mismo sucede en el proceso de mezclado que pasa de 140,654 a 143,970 min, disminuyendo 3,315 min (Ver figura N°50).



*Figura 50.* Tiempo Promedio Mezcladora.  
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en el anexo N°6 y N°7, las salidas del proceso de embalaje dan como resultado 123 lotes de bolsas plásticas, mientras que la salida en la nueva distribución es de 125 lotes.

### 3.15. Estrategias de mejora

#### 3.15.1. Implementar un layout más flexible.

Es común que con el pasar del tiempo la empresa crezca y con ello su producción, por lo que requerirá de mayor espacio. Por lo anterior, se recomienda disponer los espacios de tal manera que sea fácil cambiar la disposición de las estaciones cuando se requiera, es decir se planifica la distribución de la planta en caso de futuros cambios.

### **3.15.2. Reducir desplazamientos.**

Siempre es recomendable ajustar la distancia de tal manera que se disminuyan los desplazamientos asociados con el proceso. Al realizar dichas mejoras se logra reducir los tiempos y costos relacionados con el personal y elementos de transporte. Así mismo, el flujo de materiales se optimiza. Se aconseja hacer evaluaciones anuales de los desplazamientos en el proceso y de los costos asociados a estos, acompañado de un indicador que permita hacer los comparativos entre un año y otro.

### **3.15.3. Automatizar el manejo de materiales.**

Para el cargue y descargue de materia prima o productos terminados se recomienda el uso de máquinas que faciliten dicha labor, reduciendo los tiempos en estas operaciones y en el proceso en general. De igual forma para el traslado de materia prima al mezclado.

A través de un indicador se puede evaluar anualmente cuanto porcentaje del proceso se encuentra automatizado y compararlo con la meta anual que disponga la empresa.

### **3.15.4. Evaluar las operaciones del proceso.**

Existen operaciones e incluso procesos que con el tiempo se deben adecuar a los requerimientos de la empresa, en algunos casos se necesitara suprimir algunos de estos, a causa de ser innecesarios, obsoletos o no generan valor agregado.

## Conclusiones

En la realización del diseño de estrategias de mejora para la distribución en planta de SIPLAST, se logró plantear diferentes layout para la distribución de equipos y maquinaria de la organización. Pero en el desarrollo de este se observó los errores en la distribución de SIPLAST, en donde primaba la poca utilidad del espacio, fallas en el desplazamiento del personal y desorganización de materiales.

Las metodologías utilizadas pueden ayudar a distribuir de mejor forma la planta, tener un desplazamiento fluido y aumentar ligeramente la productividad, pero es mejor utilizarlas en conjunto para obtener un mejor resultado.

Es recomendable utilizar los complementos propuestos por Jensen basados en la metodología CRAFT, cuando la mayoría o la totalidad del espacio en la planta es empleado, ya que dicho algoritmo no interactúa con los espacios vacíos y solo realiza intercambios entre las áreas que posean el mismo tamaño, por ende la redistribución es limitada. Por lo anterior se utilizó la metodología SLP antes de emplear este algoritmo.

Una de las estrategias para la mejora del layout es la flexibilidad de este, una distribución en forma de U tiende a asemejar un proceso continuo entre operaciones, donde las salidas de unos se convierten en las entradas de otro. Este tipo de distribución permite un mejor flujo de materiales, sin embargo, para este proyecto las variaciones no fueron tan notorias debido a que el layout inicial posee una forma similar.

Con la metodología cuantitativa CRAFT, se concluyó que la mejor alternativa propuesta fue la primera, puesto que esta nos arrojaba un costo de 1.049 que era mucho menor que las otras dos alternativas y 27.5% menos que el costo asociado a la distribución inicial.

Al evaluar ambas simulaciones (distribución inicial y propuesta) se mostró que para un periodo de 13 días la empresa pasa de hacer 123 lotes a 125 lotes. Obteniendo consigo una productividad de 0.401, es decir, una variación porcentual de 1.6%.

Para finalizar se estableció que la nueva propuesta de rediseño de distribución, además de incrementar significativamente la producción y productividad, permite realizar cambios y mejoras en las estaciones del proceso, logrando consigo una mayor utilización del área de trabajo y viabilidad económica, reduciendo costos y generando beneficios para SIPLAST. Por lo que, se puede decir que la distribución de la planta puede impactar la productividad de la empresa, puesto que a menor distancia recorrida menor tiempo de proceso y mayor producción.

### Recomendaciones

Se le recomienda a la empresa tener en cuenta los siguientes puntos:

- Se recomienda modificar el diseño del layout actual de SIPLAST, por el resultado obtenido en esta investigación ya que aumenta la producción y reduce el tiempo de procesamiento.
- Para evitar contaminaciones, desperdicios de materiales o confusiones es necesario separar la bodega de materias primas de la bodega de productos terminados.
- Considerar el área de descanso tal como se plantea para la nueva distribución, así como delimitar el área de oficina y distribuir las áreas de acuerdo a lo recomendado en esta investigación.
- Es importante que la ubicación del área de descanso u oficina se encuentren cerca del baño, ya que el resto de las estaciones no deberían estar cerca por posible contaminación del producto o materia prima.
- Adicionar una nueva balanza o peso eléctrico que sea utilizada para el pesado del rollo y que sea ubicado en una posición estratégica que ayude a reducir el manejo de transporte y cruce entre personal. Así mismo, reducirá el desplazamiento y tiempo entre las operaciones de pesado del rollo y corte.
- Es de suma importancia ubicar las operaciones de tal manera que formen una U, empezando con la bodega de materias primas del lado izquierdo, siguiendo por la mezcladora y el peso que se encuentran uno en frente del otro, le sigue las máquinas de extrusión, diagonal a

estás se encuentra el corte y sellado, justo a un lado la estación de empaque y embalaje para finalizar con la bodega de productos terminado.

- Emplear la estrategia de las 5's: Seiri (separar), Seiton (ordenar), Seiso (limpiar), Seiketsu (sistematizar) y Shitsuke (estandarizar). Esto permitirá organizar de manera funcional la empresa.
- Se debe señalar las áreas que lo requieran, como es la bodega de productos terminados, materia prima, área de descanso, uso de epp, entre otros.
- Separar la oficina empleando paredes y adecuar su ventilación. De igual manera, las bodegas de materia prima.
- Mejorar la ventilación del área productiva.
- Dotar con los elementos necesarios en caso de alguna emergencia y señalar según lo reglamentado.
- Aplicar las estrategias de mejoras aquí consignada y medirlas cada cierto periodo de tiempo de acuerdo a la pertinencia que establezca la empresa.
- Realizar seguimiento a los procesos y sus flujos que permitan detectar retrasos, fallas o actividades que requieran su exclusión.

### Referencias Bibliográficas

- Acerpack. (2008). SVN Series: Universal Bag Making Machine [Imagen]. China: *Acerpack Machine CO.,LTD*. Recuperado de <https://www.acerpack.com/acer-pro-19.htm>
- Arciniegas, W., y Sánchez, V. (2012). *Propuesta de rediseño de layout y mejoramiento en el flujo de materiales en el área de producción de la empresa de calzado Fame S.A.* (Tesis de pregrado). Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador.
- ARL SURA. (s.f.). Ficha Técnica Bisturí. Colombia: *ARL SURA*. Recuperado de <https://www.arlsura.com/images/herramientas/pdfBisturi.pdf>
- ARL SURA. (2018). Elementos de protección personal EPP. Colombia: *ARL SURA*. Recuperado de <https://www.arlsura.com/index.php/75-centro-de-documentacion-anterior/equipos-de-proteccion-individual-/1194--sp-3393>
- Basculas Revueltas. (2018). México: *Basculas Revueltas*. Recuperado de <http://www.revuelta.com.mx/basculas-y-soluciones-de-pesaje/centro-de-informacion/basculas-electronicas>
- Baque, E. (2014). *Elaborar un sistema de prevención de riesgos para minimizar los accidentes laborales en la envasadora G.L.P., GASGUAYAS S.A., ubicada en el cantón santa Elena.* Universidad Estatal Península de Santa Elena, Libertad, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/1968/1/UPSE-TII-2015-028.pdf>
- Capote-Luna, V. (2011). Instrumentos de medición y verificación. *Revista digital para profesionales de la enseñanza, Vol.1 (12), pp.1-19.*
- Cardinal weighing Colombia. (2005). Básculas de banco. Colombia: *Cardinal Weighing Colombia*. Recuperado de: <https://cardinalscale.com.co/basculas-de-banco/>
- Carpio-Tirado, L. (2016). *Propuesta de redistribución de planta para una empresa de confección textil* (Tesis de pregrado). Universidad Católica San Pablo, Arequipa, Perú.

Recuperado de

[http://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/UCSP/15437/2/CARPIO\\_TIRADO\\_LUI\\_PRO.pdf](http://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/UCSP/15437/2/CARPIO_TIRADO_LUI_PRO.pdf)

Castillo, J. (2016). *Propuesta de redistribución de planta para la reducción de costos operacionales y aumento en la tasa de cumplimiento de órdenes de entrega en una empresa metalúrgica* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia. Recuperado de [http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/7983/Propuesta\\_redistribucion\\_planta.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/7983/Propuesta_redistribucion_planta.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

CEEI. (2008). *Manual de distribución en plantas* (1ra Ed.9). Valencia, España: Centro Europeos de Empresas Innovadoras de la Comunidad Valenciana.

Cemausa. (2008-2018). Mezclador vertical 1000 litros: ACERO. Barcelona, España: *Cemausa*. Recuperado de [https://www.cemausa.com/asp/101\\_4615\\_im\\_mezclador-vertical-1000-litros--acero.asp](https://www.cemausa.com/asp/101_4615_im_mezclador-vertical-1000-litros--acero.asp)

Distribución en planta. (2010). Distribución en planta. *Wordpress*. Recuperado de [https://unavdocs.files.wordpress.com/2010/10/diego\\_mas\\_distribucion\\_en\\_planta.pdf](https://unavdocs.files.wordpress.com/2010/10/diego_mas_distribucion_en_planta.pdf)

El Congreso de Colombia. (24, Enero 1919). Ley 9: Medidas Sanitarias. *Diario Oficial Año CXV*, 35193.5. pp. 373-457. Recuperado de [http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img\\_upload/03d591f205ab80e521292987c313699c/ley-9-de-1979\\_1.pdf](http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img_upload/03d591f205ab80e521292987c313699c/ley-9-de-1979_1.pdf)

El Corte Ingles S.A. (1940-2018). Rack Manual, Marca: ESNOVA. España: *El Corte Ingles*. Recuperado de [http://sgfm.elcorteingles.es/SGFM/dctm/CONTENIDOS/201502/06/serie-mc\\_1\\_.pdf](http://sgfm.elcorteingles.es/SGFM/dctm/CONTENIDOS/201502/06/serie-mc_1_.pdf)

FlexSim. (1993-2019). Software de Simulación. Holanda: *FlexSim*. Recuperado de <https://www.flexsim.com/es/simulation-software/>

- Freepik. (2010-2018). Saco fondo blanco. España: *freepik.es*. Recuperado de [https://www.freepik.es/fotos-premium/saco-arroz-producto-agricola-aislado-sobre-fondo-blanco\\_4315973.htm](https://www.freepik.es/fotos-premium/saco-arroz-producto-agricola-aislado-sobre-fondo-blanco_4315973.htm)
- Heizer, J., y Render, B. (2007). *Dirección de la producción y de operaciones* (8va Ed.). Madrid, España: Pearson-Prentice Hall.
- Jensen, P. (2004). Facility Layout: Evaluation. EE.UU.: *me.utexas.edu*. Recuperado de <http://www.me.utexas.edu/~jensen/ORMM/omie/design/unit/layout/evaluation.html>
- Kuzu. (2019). Principios de la distribución en planta (layout). Beriáin, España: *kuzu S.L.* Recuperado de: <http://kuzudecoletaje.es/principios-de-la-distribucion-en-planta-layout/>
- Lucidchart. (2019). Qué es un diagrama de flujo de procesos. EE.UU.: Lucidchart. Recuperado de <https://www.lucidchart.com/pages/es/que-es-un-diagrama-de-flujo-de-procesos>
- OfiTienda. (2018). Bisturí Industrial. *OfiTienda* Recuperado de <http://www.ofitienda.com.co/oficina-y-papeleria/90-bisturi-industrial.html>
- Maquíz. (2014). Troqueladora Manuales y neumáticos. Perú: *Maquíz Eiri*. Recuperado de <http://www.maquíz.com/Troqueladora.htm>
- Mejía, H., Wilches, M., Galofre, M., y Montenegro, Y. (2011) Aplicación de metodologías de distribución de plantas para la configuración de un centro de distribución, *Scientia et Technica Año XVI*, No. 49, 63-68.
- Menjivar, E. (20 de Julio de 2016). *Diagrama de relaciones de actividades* [Vídeo]. You Tube. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=ZGvfkOOBqkg>
- Mercado Libre. (1999-2018). Selladora Para Bolsas De 50cm Industrial De Pedestal. *Mercado Libre*. Recuperado de [https://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-499772152-selladora-para-bolsas-de-50cm-industrial-de-pedestal-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-499772152-selladora-para-bolsas-de-50cm-industrial-de-pedestal-_JM)

- MetalMarchile. (2016). CASCO V-GARD MSA. Chile: *MetalMar Ferreteria Industrial*. Recuperado de <http://www.metalmarchile.cl/epp-elementos-de-proteccion/253-casco-msa-v-gard.html>
- Moldex. (s.f.). Mellows® Tapones Auditivos de Espuma. EE.UU. *Moldex® Ideas that wear well*. Recuperado de <https://www.moldex.com/es/hearing-protection/foam-earplugs/mellows.php>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (1994). NTP 434: Superficies de Trabajos seguras. España: *insst.es*. Recuperado de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp\\_434.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_434.pdf)
- Proin Pinilla. (2018). Guantes protección desechables tegera 84501. España: *EquiposProteccion.com*. Recuperado de <https://equiposproteccion.com/guantes-proteccion-tegera/>
- Salazar-Lopez, Bryan. (2016). Paletización. Colombia: *Ingeniero Industrial Online*. Recuperado de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/log%C3%ADstica/paletizaci%C3%B3n/>
- Suministros Industriales RyM. (s.f.). Anteojos, Monogafas y Lentes de Seguridad. Colombia: *Suministros Industriales RyM*. Recuperado de <http://suministrosindustrialesrym.com/hello-world/>
- Tugó Muebles. (2019). Muebles. Colombia: *tugo.co*. Recuperado de <https://www.tugo.co/muebles>
- Velasco, J. (2014). *Organización de la Producción* (3ra ed.). Madrid, España: Ediciones Pirámide

**Anexos**

**Anexo 1. Estudio de Tiempos Iniciales**

HOJA DE OBSERVACIÓN ESTUDIO DE TIEMPOS																				
IDENTIFICACION DE LA OPERACIÓN		PROCESO DE ELABORACION DEL DIABOLIN															FECHA		Marzo - Octubre 2018	
TIEMPO INICIAL 8:00 AM		Operario																	Jorge Cárdenas B	
TIEMPO FINAL 6:00 PM																			Luisa Shuanez J	
DESCRIPCION DE ELEMENTOS Y PUNTO DE QUIEBRE		CICLOS															RESUMEN			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Σ Tiempo	Tiempo promedio	ID	TN
1	Peso	1,71666667	1,85	1,8	1,63333333	2,05	1,96666667	2,21666667	1,2	1,81666667	1,65						17,9000	1,790	1	1,790
2	Mezclado	12,717	13,900	13,467	13,650	12,900	14,183	13,183	13,683	15,133	14,617						137,4333	13,743	1	13,743
3	Extrusora	143	133	137	148	151	140	139	141	137	139						1408,559	140,856	1	140,856
4	Peso	1,2	1,35	1,15	1,46666667	1,3	1,11666667	0,96666667	1,51666667	1,46666667	1,23333333						12,7667	1,277	1	1,277
5	Sellado Fondo	1,717	2,033	2,317	2,350	2+7/60	2,300	2,133	2,217	2,117	2,050						19,2333	2,137	1	2,137
6	Sellado Lateral	1,600	1,617	1,600	1,600	1,617	1,617	1,617	1,567	1,583	1,583						16,0000	1,600	1	1,600
7	Empaque	1,25	1,92	1,58	1,93	1,52	1,90	2,48	2,77	3,00	2,32	1,57	2,10	8,10	3,70	4,40	40,5333	2,702	1	2,702
8	Embalaje	3,750	2,283	2,317	2,517	3,200	4,133	2,350	2,933	5,033	3,217						31,7333	3,173	1	3,173

Fuente: Elaboración Propia



Anexo 2. Estándares de Tiempo

HOJA DE OBSERVACIÓN ESTUDIO DE TIEMPOS

PROCESO	PROCESO DE ELABORACION DE BOLSAS PLASTICAS																														FECHA	Marzo - Octubre 2018			
T. Inicial 8 AM																															Operario	Jorge Cárdenas B			
T. Final 6 PM																																Luisa Sehuanes J			
DESCRIPCION DE ELEMENTOS Y	CICLOS																														RESUMEN				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Σ Tiempo	Tiempo promedio	ID	TN	
1 Peso	1,97	2,18	1,98	1,78	1,80	1,92	2,05	1,98	2,02	1,78	1,87	1,88	2,15	1,87	1,95	1,63	1,68	1,88	2,35	1,88	1,65	1,75	1,77	1,88	1,53	1,97	2,12	1,75	1,70	1,18	55,92	1,86	1,00	1,86	
2 Mezclado	13,28	15,25	13,78	14,07	13,56	15,00	12,04	14,65																								111,64	13,95	1,00	13,95
3 Extrusora	152,98	131,18	132,63																													416,80	138,93	1,00	138,93
4 Peso	0,90	1,22	1,32	1,20	1,13	1,35	1,52	1,07	1,53	1,10	1,47	0,95	1,35	1,12	1,18	1,02	1,28	1,67	1,30	1,38	0,93	1,45	1,38	1,98	1,62	1,42	1,43	1,40	0,98	1,43	39,08	1,30	1,00	1,30	
5 Sellado Fondo	1,98	2,12	2,23	2,20	2,56	2,03	1,98	2,10	2,27	2,03	2,00	2,17	2,22	2,07	2,28	1,98	2,12	2,23	2,20	2,56	2,03	1,98	2,10	2,27	2,03	2,00	2,17	2,22	2,07	2,28	64,49	2,15	1,00	2,15	
6 Sellado Lateral	1,60	1,67	1,57	1,57	1,62	1,57	1,57	1,60	1,60	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	1,60	1,57	1,57	1,57	1,35	1,63	1,53	1,68	1,62	1,57	1,60	1,62	1,57	1,58	1,57	47,67	1,59	1,00	1,59	
7 Empaque	1,92	1,92	1,52	2,48	3,00	2,32	2,10	3,70	1,57	2,38	1,22	1,35	1,70	1,97	1,82																30,95	2,06	1,00	2,06	
8 Embalaje	2,53	2,58	4,17	4,77	5,10	5,10	3,05	3,43	4,58	2,77	4,11	3,72	3,78	2,74	4,30																56,72	3,78	1,00	3,78	
TIEMPO NORMAL DE CICLO																			165,638			Tolerancia 9%		Tiempo Estandar 180,5459226											

Fuente: Elaboración Propia

### Anexo 3. Propuesta 1

#### Layout Data

Problem Name:	Tesis
Number Depts.:	10
Fixed Points:	0
Dimension:	m



#### Facility Information

Scale-m/unit	1	Cells
Length-m	21	21
Width-m	9	9
Area-sq.m	189	189

#### Department Information

	Name	F/V	Area	Cells
Dept. 1	Bodega	V	12	12
Dept. 2	Pesado	V	2	2
Dept. 3	Mezcla	V	4	4
Dept. 4	Extrusi	V	25	25
Dept. 5	Corte y	V	25	25
Dept. 6	Empaq	V	6	6
Dept. 7	Bodega	V	20	20
Dept. 8	Baños	F	4	4
Dept. 9	Oficina	V	15	15
Dept. 10	Area de	V	12	12

#### Flow Matrix

	TO								
FROM	Bodega MP	Pesado	Mezclado	Extrusión	Corte y sellado	Empaque y embalaje	Bodega de PT	Baños	Oficina de descanso
Bodega MP		3,8	5,8	10,2				0,75	
Pesado			4,15	5,8	5,6	9,4			
Mezclado				6,12		10,8			
Extrusión					10,5	14	13,5		
Corte y sellado						3,8	2,5		
Empaque y embalaje							3		
Bodega de PT								10,2	
Baños									4
Oficina									0,5
Area de descanso									

#### Cost Matrix

	TO								
FROM	Bodega MP	Pesado	Mezclado	Extrusión	Corte y sellado	Empaque y embalaje	Bodega de PT	Baños	Oficina de descanso
Bodega MP	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pesado	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mezclado	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Extrusión	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Corte y sellado	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Empaque y embalaje	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bodega de PT	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baños	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Oficina	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Area de descanso	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: Jensen (2004)

## Anexo 4. Propuesta 2

### Layout Data

Problem Name:	Tesis
Number Depts.:	10
Fixed Points:	0
Dimension:	m



### Facility Information

Scale-m/unit	1	Cells
Length-m	21	21
Width-m	9	9
Area-sq.m	189	189

### Department Information

	Name	F/V	Area	Cells
Dept. 1	Bodega	V	12	12
Dept. 2	Pesado	V	2	2
Dept. 3	Mezcla	V	4	4
Dept. 4	Extrusión	V	25	25
Dept. 5	Corte y	V	25	25
Dept. 6	Empaq	V	6	6
Dept. 7	Bodega	V	20	20
Dept. 8	Baños	F	4	4
Dept. 9	Oficina	V	15	15
Dept. 10	Area de	V	12	12

### Flow Matrix

	TO									
FROM	Bodega MP	Pesado	Mezclado	Extrusión	Corte y sellado	Empaque y embalaje	Bodega de PT	Baños	Oficina	Area de descanso
Bodega MP		3,8	5,8	10,2				0,75		
Pesado			4,15	5,8	5,6	9,4				
Mezclado				6,12			10,8			
Extrusión					10,5	14	13,5			
Corte y sellado						3,8	2,5			
Empaque y embalaje							3			
Bodega de PT								10,2		
Baños									4	0,5
Oficina										
Area de descanso										

### Cost Matrix

	TO									
FROM	Bodega MP	Pesado	Mezclado	Extrusión	Corte y sellado	Empaque y embalaje	Bodega de PT	Baños	Oficina	Area de descanso
Bodega MP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pesado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mezclado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Extrusión	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Corte y sellado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Empaque y embalaje	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bodega de PT	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baños	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Oficina	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Area de descanso	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: Jensen (2004)

## Anexo 5. Propuesta 3

### Layout Data

Problem Name:	Tesis
Number Depts.:	10
Fixed Points:	0
Dimension:	m



### Facility Information

Scale-m/unit	1	Cells
Length-m	21	21
Width-m	9	9
Area-sq.m	189	189

### Department Information

	Name	F/V	Area	Cells
Dept. 1	Bodega	V	12	12
Dept. 2	Pesado	V	2	2
Dept. 3	Mezcla	V	4	4
Dept. 4	Extrusi	V	25	25
Dept. 5	Corte y	V	25	25
Dept. 6	Empaq	V	6	6
Dept. 7	Bodega	V	20	20
Dept. 8	Baños	F	4	4
Dept. 9	Oficina	V	15	15
Dept. 10	Area de	V	12	12

### Flow Matrix

TO

FROM Bodega MP Pesado Mezclado Extrusión Corte y sellado Empaque y embalaje Bodega de PT Baños Oficina Area de descanso

	Bodega MP	Pesado	Mezclado	Extrusión	Corte y sellado	Empaque y embalaje	Bodega de PT	Baños	Oficina	Area de descanso
Bodega MP		3,8	5,8	10,2						0,75
Pesado			4,15	5,8	5,6	9,4				
Mezclado				6,12	10,8					
Extrusión					10,5	14	13,5			
Corte y sellado						3,8	2,5			
Empaque y embalaje							3			
Bodega de PT								10,2		
Baños									4	0,5
Oficina										
Area de descanso										

### Cost Matrix

TO

FROM Bodega MP Pesado Mezclado Extrusión Corte y sellado Empaque y embalaje Bodega de PT Baños Oficina Area de descanso

	Bodega MP	Pesado	Mezclado	Extrusión	Corte y sellado	Empaque y embalaje	Bodega de PT	Baños	Oficina	Area de descanso
Bodega MP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pesado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mezclado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Extrusión	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Corte y sellado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Empaque y embalaje	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bodega de PT	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baños	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Oficina	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Area de descanso	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: Jensen (2004)

## Anexo 6. Datos estadísticos distribución inicial

**Flexsim Summary Report**  
**Time: 18720**

Object	Class	tats	content	contentmin	contentmax	contentavg	stats_input	stats_output	staytimemin	staytimemax	staytimeavg	tate_current
Rack5	Rack	55	0	55	30,059	55	0	0	0	0	0	1
Queue1	Queue	28	0	41	32,324	153	125	0	6126,380	4324,133	8	8
Sell_Lateral	Processor	0	0	1	0,047	123	123	6,092	27,861	7,217	1	1
Peso	Processor	0	0	1	0,012	123	123	1,371	2,397	1,861	1	1
Sell_Fondo	Processor	0	0	1	0,049	123	123	7,019	11,590	7,523	1	1
Queue5	Queue	50	0	50	47,390	175	125	0	7523,279	5570,213	8	8
Queue6	Queue	18	0	40	24,686	268	250	0	2953,243	1806,997	8	8
Queue7	Queue	44	0	50	45,770	294	250	0	3796,889	3092,376	8	8
Queue8	Queue	21	0	36	19,689	396	375	0	1722,038	941,794	8	8
Queue9	Queue	42	0	50	40,683	417	375	0	2541,817	1900,770	8	8
Queue10	Queue	24	0	37	13,897	524	500	0	1358,691	494,896	8	8
Queue12	Queue	50	0	50	40,539	425	375	4,569	2572,405	1854,590	8	8
Queue13	Queue	33	0	50	32,098	533	500	0	1922,134	1146,195	8	8
Queue15	Queue	50	0	50	36,283	550	500	4,577	1950,531	1265,688	8	8
Queue16	Queue	50	0	50	40,536	300	250	9,276	3790,723	2657,038	8	8
Queue17	Queue	45	0	47	38,647	170	125	4,606	6845,180	4821,536	8	8
Mezcladora	Combiner	30	0	30	27,158	3750	124	130,753	157,926	140,655	4	4
Ext_Grande	Processor	1	0	1	0,961	124	123	136,195	162,457	145,007	10	10
Ext_Pequeña	Processor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Empaque	Processor	0	0	1	0,204	123	123	7,595	32,432	31,094	1	1
Embalaje	Processor	0	0	1	0,055	123	123	5,902	18,505	8,317	1	1
P_Alta	Source	0	0	0	0	0	1607	0	5265,723	116,934	5	5
Carbonato	Source	0	0	0	0	0	1238	0	5261,140	121,303	4	4
Aditivo	Source	0	0	0	0	0	862	0	5140,989	135,076	4	4
Colorante	Source	0	0	0	0	0	498	0	5143,000	143,525	4	4
Operator1	Operator	0	0	1	0,004	1119	1119	0	0,083	0,059	1	1
Operator2	Operator	0	0	1	0,003	870	870	0,023	0,092	0,060	18	18
Rack17	Rack	68	0	68	30,620	68	0	0	0	0	1	1

Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: (Software de simulación Flexsim, 2019)

## Anexo 7. Datos estadísticos nueva distribución

Flexsim Summary Report  
 Time: 18720

Object	Class	tats	content	contentmin	contentmax	contentavg	stats_input	stats_output	staytimemin	staytimemax	staytimeavg	tate	current
Rack5	Rack	55	0	55	30,468	55	0	0	0	0	0	1	
Queue1	Queue	26	0	37	13,458	534	508	0	1328,902	475,386		8	
Sell_Lateral	Processor	0	0	1	0,092	125	125	10,543	14,306	13,813		1	
Peso	Processor	0	0	1	0,012	125	125	1,371	2,425	1,863		1	
Sell_Fondo	Processor	0	0	1	0,038	125	125	5,598	6,803	5,762		1	
Queue5	Queue	35	0	50	31,427	543	508	0	1853,290	1110,503		8	
Queue6	Queue	22	0	34	19,482	403	381	0	1650,248	923,091		8	
Queue7	Queue	40	0	50	40,454	421	381	0	2506,097	1863,665		8	
Queue8	Queue	19	0	40	24,512	273	254	0	2911,199	1766,103		8	
Queue9	Queue	43	0	50	45,633	297	254	0	3744,335	3050,760		8	
Queue10	Queue	30	0	41	32,238	157	127	0	6039,806	4253,241		8	
Queue12	Queue	50	0	50	40,555	304	254	7,270	3738,223	2623,176		8	
Queue13	Queue	50	0	50	47,378	177	127	0	7418,190	5513,085		8	
Queue15	Queue	44	0	47	38,690	171	127	3,606	6748,488	4761,170		8	
Queue16	Queue	50	0	50	40,415	431	381	3,537	2537,726	1824,573		8	
Queue17	Queue	50	0	50	35,658	558	508	3,528	1925,469	1224,769		8	
Mezcladora	Combiner	30	0	30	28,405	3810	126	129,658	162,789	143,971		4	
Ext_Grande	Processor	1	0	1	0,968	126	125	135,179	162,795	144,092		2	
Ext_Pequeña	Processor	0	0	0	0	0	0	0	0	0		1	
Empaque	Processor	0	0	1	0,037	125	125	4,668	8,325	5,572		1	
Embalaje	Processor	0	0	1	0,048	125	125	4,883	9,496	7,219		1	
P_Alta	Source	0	0	0	0	0	505	0	4760,410	134,641		4	
Carbonato	Source	0	0	0	0	0	874	0	5065,895	128,399		4	
Aditivo	Source	0	0	0	0	0	1255	0	5068,030	104,498		4	
Colorante	Source	0	0	0	0	0	1635	0	5193,415	106,021		5	
Operator1	Operator	0	0	1	0,002	883	883	0,027	0,093	0,045		1	
Operator2	Operator	0	0	1	0,002	1138	1138	0,010	0,049	0,033		1	
Rack17	Rack	70	0	70	31,233	70	0	0	0	0		1	

Fuente: Elaboración propia – Adaptado de: (Software de simulación Flexsim, 2019)

Anexo 8. Fotografía #1 Extrusoras.



Fuente: Foto real de la planta tomada por Luisa Sehuanes

Anexo 9. Fotografía #2 planta física Siplast.



Fuente: Foto real de la planta tomada por Jorge Cárdenas.

Anexo 10. Fotografía #3 Selladoras.



Fuente: Foto real de la planta tomada por Luisa Shuanez

Anexo 11. Fotografía #4 planta física Siplast.



Fuente: Foto real de la planta tomada por Luisa Sehuanes.

Anexo 12. Fotografía #5 Rack de almacenamiento.



Fuente: Foto real de la planta tomada por Luisa Shuanez

Anexo 13. Fotografía #6 planta física Siplast.



Fuente: Foto real de la planta tomada por Luisa Sehuanes

Anexo 14. Fotografía #7 planta física Siplast.



Fuente: Foto real de la planta tomada por Jorge Cárdenas.

Anexo 15. Fotografía #8 planta física Siplast.



Fuente: Foto real de la planta tomada por Luisa Sehuanes

Anexo 16. Fotografía #9 planta física Siplast.



Fuente: Foto real de la planta tomada por Luisa Sehuanes

Anexo 17. Fotografía #10 planta física Siplast.



Fuente: Foto real de la planta tomada por Luisa Sehuanes

Anexo 18. Fotografía #11 Extrusora.



Fuente: Foto real de la planta tomada por Luisa Shuanez