

1-1-2017

Propuesta de mejora del flujo de material para la empresa Creaciones Medellín Ltda

Briggith Alejandra Briceño Bermúdez
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_industrial

Citación recomendada

Briceño Bermúdez, B. A. (2017). Propuesta de mejora del flujo de material para la empresa Creaciones Medellín Ltda. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_industrial/10

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Industrial by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

**Propuesta de mejora del flujo de material para la empresa Creaciones
Medellín LTDA**

Briggith Alejandra Briceño Bermúdez

Febrero 2017

Universidad de la Salle

Ingeniería Industrial

Trabajo de Grado

Este proyecto se desarrolló con el fin establecer un diseño y distribución de planta adecuado para cumplir con las proyecciones de la empresa Creaciones Medellín LTDA, en su planta de fabricación ubicada en Mosquera (Cundinamarca), componente que ha sido considerado por la planeación estratégica de la compañía como una mejora a realizarse actualmente.

Para ello se consideró la situación actual de los procesos productivos de la empresa, por medio de la toma de datos de todos los factores que afectan la distribución de planta. Luego a partir de la proyección de ventas que la empresa Creaciones Medellín LTDA quiere alcanzar, se estimaron los recursos necesarios en la planta de producción para el cumplimiento de ésta en términos de maquinaria, recurso humano, materiales, áreas y otros influyentes en la nueva distribución en planta.

Entonces, se consolidaron tres alternativas de distribución física de espacios para la planta de producción de la empresa Creaciones Medellín LTDA, y se seleccionó un modelo de distribución que satisfizo con el objetivo de mejorar de flujo de material y las distancias a recorrer en los procesos, aplicando los principios de diseño y distribución de planta.

Finalmente, a partir de la alternativa seleccionada se realizó una estimación del flujo de caja con el cual puede ser evaluado el nivel de capital requerido para inversión en la implementación del modelo de distribución de planta y se verificó la viabilidad del proyecto.

Palabras Claves.

Flujo de material, Manejo de material, Almacenamiento de material, Proceso de fabricación de compuestos de caucho, Diseño y distribución de planta, Planeación sistemática de la distribución.

This project was developed to establish an adequate design and distribution of plants to achieve the objectives of Creaciones Medellín, in its manufacturing plant located in Mosquera (Cundinamarca).

For this, the actual situation of the productive processes was considered through surveys of data on each event that may affect the distribution of the plant. Then, using the projection of sales that Creaciones Medellín wanted to achieve, the resources in the production plant for the achievement was estimated in machinery, human resources, materials, areas and others that affect the distribution of the plant.

Then, three alternatives was consolidated for the physical distribution of spaces for the Creaciones Medellín production plant and a distribution model was selected trying to improve the flow of material and distance in the processes, so I used the principles of design and distribution of the plant.

Finally, based on the alternative selected, the cash flow was estimated. Based on that estimate and assessed the amount of money needed to invest in the implementation of the plant distribution model and the viability of the project was verified.

Keywords

Material Flow, Material Handling, Rubber Composites Manufacturing Process, Material Storage, Plant Design and Distribution, Systematic Planning of Distribution.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN DE PROYECTO	13
1. Planteamiento Del Problema	14
1.1. Almacenamiento.	15
1.2. Materiales.	16
1.3. Medio ambiente.	16
1.4. Flujos de material.	17
2. Justificación Del Trabajo	17
3. Hipótesis del Trabajo	18
4. Objetivos Del Trabajo	18
4.1. Objetivo General.	18
4.2. Objetivos Específicos.	19
5. Metodología Seguida Durante La Elaboración Del Proyecto	19
5.1. Fase 1: Diagnóstico de la situación actual de la planta de producción en la empresa Creaciones Medellín Ltda.	19
5.2. Fase 2: Determinación de los recursos proyectados para el nuevo diseño y distribución de la planta de producción de la empresa Creaciones Medellín Ltda.	20
5.3. Fase 3: Presentación de alternativas de diseño y distribución física de espacios productivos en la planta de producción de la empresa Creaciones Medellín Ltda.	20
5.4. Fase 4: Evaluación del proyecto.	20
6. Conclusiones.	20
CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE	22
1. Marco Teórico Y Conceptual	23
1.1. Diseño y distribución de planta.	23
1.1.1. Principios del diseño y distribución de planta.	23
1.1.2. Tipos de distribución en planta.	23
1.1.3. Factores que influyen en la selección de la distribución en planta.	24
1.1.4. Resultados del diseño y distribución de planta.	25
1.2. Manejo de materiales.	25
1.2.1. Flujo de materiales.	25
1.2.2. Principios del manejo de materiales.	25
1.3. El caucho.	26
1.3.1. Composición de los componentes de Caucho.	27
1.3.2. Transformación y vulcanización de las mezclas.	29
2. Estado Del Arte	30
2.1. Tipos de organización y distribución de planta.	30
2.2. Planeamiento Sistemático de la Distribución.	31
2.3. Heurísticas y algoritmos de distribución.	31
2.4. Flujo y manejo de materiales.	34
3. Conclusiones	35
CAPÍTULO 3. ESTADO ACTUAL DE LA EMPRESA CREACIONES MEDELLÍN LTDA	36

1. Producto	37
1.1. Descripción.	37
1.2. Presentación.	37
1.3. Especificaciones.	37
2. Procesos	38
2.1. Identificación del plan de producción.	38
2.2. Descripción del proceso de fabricación.	38
2.2.1. Secuencia de pasos.	38
2.2.1.1. Preparación de las materias primas.	38
2.2.1.2. Mezclado de las materias primas para obtener el compuesto.	38
2.2.1.3. Proceso de vulcanizado.	39
2.2.2. Estaciones de trabajo.	40
2.2.3. Medición de tiempos y movimientos en el proceso de producción.	41
3. Recursos	44
3.1. Maquinaria.	44
3.2. Descripción de capacidades.	45
3.2.1. Banbury.	45
3.2.2. Prensa Hidráulica.	46
3.3. Mano de obra.	46
3.4. Materias primas.	46
3.4.1. Flujo de materiales.	47
3.5. Descripción de áreas actuales.	49
3.5.1. Área disponible de infraestructura en la empresa.	50
3.5.2. Área utilizada.	51
3.5.3. Área de maquinaria y estaciones de trabajo.	52
3.5.4. Áreas complementarias del proceso productivo.	53
3.5.5. Áreas complementarias de la empresa.	54
4. Conclusiones	54
CAPÍTULO 4. DETERMINACIÓN DE LOS RECURSOS NECESARIOS PARA LA	
EMPRESA CREACIONES MEDELLÍN LTDA	55
1. Proyección De La Demanda	56
1.1. Históricos de la demanda.	56
1.2. Pronósticos de la demanda.	56
1.2.1. Análisis de la muestra.	56
1.2.2. Aplicación del método de pronóstico.	58
1.2.3. Verificación de los pronósticos.	60
2. Calculo De La Capacidad Necesaria Para La Proyección De La Demanda	62
2.1. Capacidades por estación.	63
3. Calculo De Recursos	63
3.1. Maquinaria.	63
3.1.1. Maquinaria de producción.	64
3.1.2. Maquinaria para el manejo de materiales.	64

3.1.2.1. Equipos para el transporte de materiales.	64
3.1.2.2. Equipos para el almacenamiento de materiales.	65
3.2. Operarios.	66
3.3. Materias primas.	66
3.3.1. Flujo de materiales.	67
3.4. Áreas.	68
3.4.1. Áreas de proceso.	68
3.4.2. Áreas complementarias al proceso.	69
3.4.2.1. Áreas con maquinaria.	69
3.4.2.2. Áreas de almacenamiento.	69
3.4.2.3. Áreas complementarias del almacén.	72
3.4.2.4. Resumen de áreas.	72
3.4.3. Áreas administrativas y complementarias.	72
3.4.4. Total de áreas.	73
4. Conclusiones	73
CAPÍTULO 5. ALTERNATIVAS DE DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE ESPACIOS PRODUCTIVOS	75
1. Estimación De Modelos De Distribución Física	76
1.1. Estimación de la estructura tecnología.	76
1.2. Determinación de la organización de la producción.	78
1.3. Determinación de relaciones entre áreas.	80
2. Alternativas De Distribución Física	83
2.1. Alternativa 1.	83
2.2. Alternativa 2.	84
2.3. Alternativa 3.	85
3. Selección De Alternativa De Distribución Física	86
3.1. Jerarquización de elementos interrelacionados.	86
3.2. Comparación de los criterios.	86
3.3. Comparación de las alternativas.	88
3.4. Evaluación de alternativas.	89
4. Presentación Detallada Del Diseño Y Distribución De Planta De La Empresa Creaciones Medellín Ltda.	89
5. Conclusiones	89
CAPÍTULO 6. EVALUACIÓN DEL PROYECTO	91
1. Actividades	92
1.1. Cronograma de actividades.	93
2. Presupuesto	93
3. Flujo de efectivo	94
4. Evaluación financiera del proyecto	95
4.1. Valor Presente Neto VPN (i).	95
4.2. Tasa Interna de Retorno TIR (i).	96
5. Conclusiones	97

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	98
1. Conclusiones	99
2. Recomendaciones	88
BIBLIOGRAFÍA	89

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Lista de zonas en la planta de producción de Creaciones Medellín LTDA.	15
Tabla 2. Trabajos referenciados para tipos de organización y distribución de planta	30
Tabla 3. Trabajos referenciados de Planeación Sistemática de distribución.	31
Tabla 4. Trabajos referenciados sobre Heurísticas de distribución.	31
Tabla 5. Trabajos referenciados sobre Software y algoritmos de distribución.	33
Tabla 6. Trabajos referenciados sobre manejo de materiales.	34
Tabla 7. Especificaciones de la lámina negra de caucho.	37
Tabla 8. Flujograma para la elaboración de láminas de caucho.	43
Tabla 9. Requerimientos de materias primas por carga.	47
Tabla 10. Lista de áreas en la planta de producción de Creaciones Medellín LTDA.	49
Tabla 11. Área de las estaciones de trabajo.	52
Tabla 12. Área de las máquinas.	53
Tabla 13. Áreas de apoyo al proceso productivo.	53
Tabla 14. Áreas complementares de la empresa.	54
Tabla 15. Resumen de áreas de la empresa.	54
Tabla 16. Datos históricos de la demanda de la lámina de caucho.	56
Tabla 17. Datos pronosticados.	60
Tabla 18. Cálculos de la Señal de Rastreo.	61
Tabla 19. Calculo de la capacidad disponible.	62
Tabla 20. Calculo de capacidad utilizada y requerida	62
Tabla 21. Tiempos por estaciones de trabajo.	63
Tabla 22. Capacidad utilizada por estaciones de trabajo	63
Tabla 23. Porcentaje de utilización de la capacidad por estación de trabajo	63
Tabla 24. Número de máquinas necesarias por estaciones de trabajo.	64
Tabla 25. Operarios por estaciones de trabajo.	66
Tabla 26. Requerimiento de materias primas para el año 2017.	67
Tabla 27. Suplementario de las diferentes áreas parciales.	68
Tabla 28. Áreas complementarias para cada área de trabajo de la empresa.	68
Tabla 29. Área total de los puestos de trabajo	69
Tabla 30. Áreas complementarias a otras áreas de apoyo al proceso productivo.	69
Tabla 31. Análisis de capacidad para área de almacenamiento de materias primas.	71
Tabla 32. Análisis de capacidad para área de almacenamiento de productos terminados.	71
Tabla 33. Área total de las zonas complementarias al proceso.	72
Tabla 34. Área total de las zonas administrativas y complementarias.	73
Tabla 35. Áreas administrativas y complementarias de la planta.	73
Tabla 36. Intensidad del flujo de material entre estaciones	76
Tabla 37. Matriz de relaciones no orientada del proceso.	76
Tabla 38. Matriz no orientada de las relaciones totales	78
Tabla 39. Proceso para determinar el orden de asignación.	79

Tabla 40. Proceso para determinar el orden de asignación.....	80
Tabla 41. Criterios de la Tabla de relaciones de áreas.....	81
Tabla 42. Hoja de trabajo de relación de áreas.	82
Tabla 43. Tabla de relaciones de áreas.	87
Tabla 44. Rating de importancia relativa.	87
Tabla 45. Matriz de comparación por pares de los criterios	88
Tabla 46. Matriz normalizada (MCN) y Vector de prioridad de los criterios (W).	88
Tabla 47. Matriz de comparación por pares de las alternativas para el criterio de Cercanía.	88
Tabla 48. Matriz de comparación por pares de las alternativas para el criterio de Flujo.....	88
Tabla 49. Matriz de comparación por pares de las alternativas para el criterio de Razonabilidad.	88
Tabla 50. Matriz de comparación por pares de las alternativas para el criterio de Aprovechamiento. .	89
Tabla 51. Vector de prioridad Global	89
Tabla 52. Tabla de actividades relacionadas al proyecto.....	92
Tabla 53. Presupuesto del proyecto de diseño y distribución de planta.....	93
Tabla 54. Cálculos del VPN para el proyecto.....	96
Tabla 55. Cálculos de la TIR para el proyecto.....	96

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Productos fabricados en la planta de producción de Creaciones Medellín LTDA	14
Figura 2. Plano de la empresa	15
Figura 3. Zonas de almacenamiento.	16
Figura 4. Almacenamiento de materias primas.....	16
Figura 5. Descripción de la distribución en planta de posición fija	24
Figura 6. Descripción de la distribución en planta en talleres	24
Figura 7. Descripción de la distribución en planta en células de trabajo.	24
Figura 8. Mapa conceptual de procedimientos de transformación y vulcanización	29
Figura 9. Diseños de las láminas de caucho.....	37
Figura 10. Diagrama de operaciones para la elaboración de láminas de caucho.	39
Figura 11. Diagrama de recorrido para la elaboración de láminas de caucho	42
Figura 12. Fórmulas de compuesto de caucho	46
Figura 13. Eficiencia de las estaciones productivas en el proceso.....	47
Figura 14. Áreas de la empresa Creaciones Medellín Ltda	49
Figura 15. Plano de la planta con medida de exteriores.....	51
Figura 16. Plano de la planta con medidas interiores.....	52
Figura 17. Resultados de la Prueba de rachas.	57
Figura 18. Gráfica de autocorrelación para los datos de la Demanda.....	57
Figura 19. Gráfica de autocorrelación parcial para los datos de la Demanda.....	58
Figura 20. Resultados del Modelo ARIMA (3, 1, 2).	59
Figura 21. Resultados del Modelo ARIMA (3, 1, 2) (1, 0, 0) 12.....	59
Figura 22. Gráfica de los datos históricos y los datos pronosticados.....	60
Figura 23. Contraste entre los datos históricos de la demanda y los datos pronosticados por el modelo ...	61
Figura 24. Representación gráfica de la Señal de Rastreo.	62
Figura 25. Eficiencia de las estaciones productivas en el proceso para cantidades anuales estimadas	67
Figura 26. Diagrama x-Z para la selección de la estructura tipo espacial.....	77
Figura 27. Esquema de ordenamiento (parcial) sobre una red triangular	80
Figura 28. Esquema de ordenamiento triangular para las estaciones de trabajo.....	80
Figura 29. Bloque que representa el área de corte y dosificado.....	83
Figura 30. Diagrama adimensional de bloques para la primera alternativa	83
Figura 31. Diagrama dimensional de bloques de la alternativa 1, espaciado en el plano de la empresa. ...	84
Figura 32. Diagrama adimensional de bloques para la segunda alternativa	84
Figura 33. Diagrama dimensional de bloques de la alternativa 2, espaciado en el plano de la empresa. ...	85
Figura 34. Diagrama adimensional de bloques para la tercera alternativa.....	85
Figura 35. Diagrama dimensional de bloques de la alternativa 3, espaciado en el plano de la empresa. ...	86
Figura 36. Red o grafo del proyecto	92
Figura 37. Cronograma de actividades del proyecto.....	93
Figura 38. Diagrama de flujo de efectivo	95
Figura 39. Diagrama de flujo de efectivo neto.....	95

En este primer capítulo, se presenta el contexto del proyecto que se desarrolló y las generalidades del mismo, mediante la descripción de la problemática, la justificación de su pertinencia, los objetivos y la metodología que se siguió para llevar a cabo el proyecto.

- El planteamiento del problema consta de una descripción de los antecedentes que han generado la problemática tratada, sus características y factores más relevantes.
- La justificación del trabajo, expondrá la pertinencia de llevar a cabo el proyecto y los beneficios que se obtendrían tras su aplicación.
- Tras el contexto y la pertinencia del trabajo, se describe la hipótesis planteada que tiene como objetivo ser la línea base del proyecto, buscando tras su desarrollo responder a la problemática.
- En lo referente a los objetivos, se describen aquellos de carácter general y específico que se pretenden alcanzar a lo largo del proyecto.
- Finalmente, se especificará la metodología desarrollada para alcanzar cada uno de los objetivos planteados.

1. Planteamiento Del Problema

Creaciones Medellín Ltda., es una empresa con más de cuarenta años en el mercado dedicada al diseño, fabricación y suministro de diversos compuestos de caucho bajo pedido y/o licitación, para la fabricación de todo tipo de productos en este material como: suelas para calzado, bandas transportadoras, soportes de motor, empaques, membranas entre otros.



Figura 1. Productos fabricados en la planta de producción de Creaciones Medellín LTDA. Nota: a. Compuesto de caucho b. Tiras de caucho preformadas. Fuente: Tomadas por el Autor.

Creaciones Medellín Ltda., en el año 2010 tuvo una reestructuración administrativa y la compañía fue comprada por ciudadanos alemanes; A partir de esto, la Junta Directiva está radicada en Alemania y en la dirección de la planta en Colombia existe un Gerente General nombrado desde la casa matriz.

La planta de producción en sus inicios se encontraba en la ciudad de Bogotá, más tarde, dados sus procesos de fabricación, productos y sistemas de producción, se vio obligada a trasladarse a Mosquera para cumplir con los parámetros estipulados en el plan de ordenamiento territorial de la ciudad de Bogotá, en términos de contaminación, tránsito de mercancías y por viabilidad económica en la sostenibilidad de la planta de producción.

Durante los últimos años esta compañía no ha contado con el reconocimiento necesario en el mercado para ser contratada en la elaboración de compuestos de caucho de manera constante, fenómeno atribuible a las condiciones administrativas ocasionadas por su dirección realizada desde Alemania, la nueva ubicación de planta, y la provisionalidad e inexistente distribución de planta en su nueva factoría.

Como resultado, la empresa analizó el mercado, vislumbrando que en el mercado de fabricación y utilización de compuestos de caucho se está utilizando láminas de caucho vulcanizado de diferentes grosores y texturas listos para ser troquelados y no productos terminados como suelas o plantillas y/o simplemente compuestos de caucho, con lo cual se evidencia una colocación de productos en el mercado errónea, al ofrecer productos con baja demanda en el mercado, dejando de lado el potencial y grueso del mercado.

A partir de los factores descritos anteriormente, la empresa ha establecido de manera provisional una organización para el nuevo proceso, en su distribución actual de planta, el cual se describe en el plano de planta mostrado en la Figura 2. Esta distribución actual presenta una serie de inconvenientes, que influyen en el proceso, los cuales pueden ser resumidos de acuerdo a los siguientes factores:

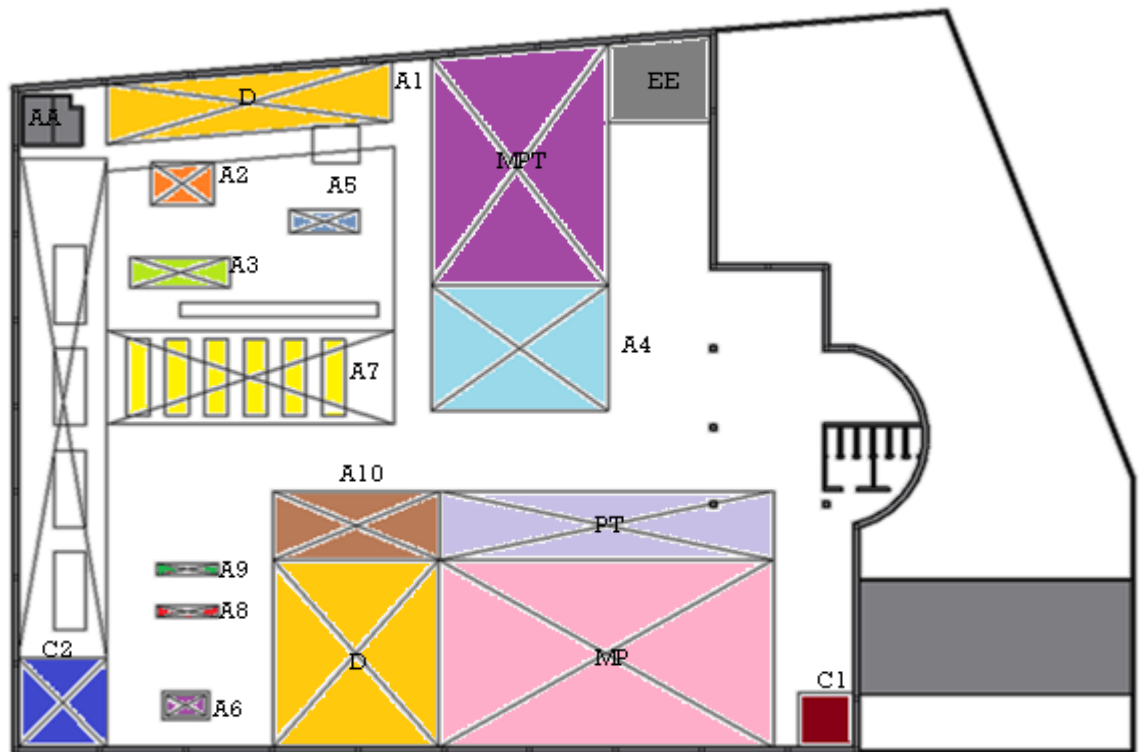


Figura 2. Plano de la empresa. Nota: Escala: 1:486. Fuente: El Autor.

Tabla 1

Lista de zonas en la planta de producción de Creaciones Medellín LTDA.

	Nombre del área
	Corte y dosificado
A1	Mesa de dosificación de sólidos Mesa de dosificación de polvos Mesa de dosificación de aceites
A2	Mezclado
A3	Enfriamiento
A4	Secado
A5	Muestreo
A6	Vulcanización
A7	Secado de láminas
A8	División de láminas
A9	Lijado de láminas
A10	Empaque
MP	Área de materias primas
D	Área de desperdicios
MPT	Área de materias primas temporal
PT	Área de producto terminado
C1	Área del compresor
C2	Área de la caldera
AA	Área de tratamiento de agua
EE	Área de la estación eléctrica

Fuente: El Autor.

1.1. Almacenamiento.

La empresa cuenta con dos zonas de almacenamiento, una permanente y una temporal; donde la zona de almacenamiento permanente es ubicada para el acopio de las materias primas, luego de ser recibidas a

los proveedores, mientras en la zona de almacenamiento temporal, se ubican las materias primas que van a ser usadas durante la semana según los trabajos que la empresa esté realizando a 10 o 12 metros de la zona permanente, un poco más cerca del proceso. Seguido de esto, día a día los operarios deben transportar manualmente las materias primas necesarias desde esta zona hasta un mezzanine a 4 m de distancia por una escalera.

Adicionalmente, las zonas de almacenamiento en la planta no se encuentran delimitadas, definidas y separadas de forma adecuada provocando mezcla de materias primas, productos en proceso, producto terminado y desperdicios, disminuyendo la seguridad industrial y mermando los tiempos de operación, tal como se presenta en la Figura 3.



Figura 3. Zonas de almacenamiento. Fuente: Tomadas por el Autor.

Además, el almacenamiento de los residuos no es el adecuado, éstos no tienen un lugar apropiado y/o específico, sino que se almacena en distintos sectores de la planta, hasta su reutilización o hasta que son llevados por recicladores o por la basura. Esto genera zonas que obstaculizan flujo normal del proceso, haciendo que los transportes lleven más tiempo.

1.2. Materiales.

Dado que la empresa no cuenta con una delimitación precisa de las zonas de almacenamiento y una distribución del almacén por material, algunos productos por su naturaleza o color termina contaminando a otras materias primas, tal como se muestra en la Figura 4, lo que en el proceso se debe corregir por medio de la realización de reprocesos en el mezclado del compuesto de caucho.



Figura 4. Almacenamiento de materias primas. Fuente: Tomada por el Autor.

1.3. Medio ambiente.

La planta no cuenta con un proceso de ventilación adecuado, para mantener una temperatura ambiente adecuada cuando se está realizando el mezclado del caucho o la vulcanización del mismo. Además, las

maquinas utilizadas en el proceso expelen un olor y ruido bastante fuerte que afectan la óptima labor de los operarios.

1.4. Flujos de material.

En la distribución actual, como se puede identificar de los factores anteriormente descritos, existen una serie de inconvenientes que influyen en el flujo del material (Ver Figura 2), siendo la distancia total a recorrer en la planta de aproximadamente 220 metros por cada carga de compuesto de caucho que se fabrique.

De acuerdo a los anteriores factores es posible afirmar que la planta de producción actual de Creaciones Medellín Ltda., posee disminución de la eficiencia en el uso de recursos, retrasos y reprocesos en las operaciones, contaminación y desgaste de materias primas, estrés en los empleados, tiempos de transporte y manejo de materiales excesivos, manipulación excesiva de los materiales, entre otros; que pueden ser causados por una ineficiente distribución en planta y almacenamiento de las materias primas, haciendo que la empresa se quede rezagada a la hora de afrontar los cambios del mercado y al querer incursionar en nuevas categorías de la fabricación de compuestos de caucho.

2. Justificación Del Trabajo

En el panorama empresarial colombiano se está evidenciando una tendencia de los empresarios a crear, formalizar, desarrollar y mantener empresas PYMES, según la Encuesta Anual Manufacturera reveló que las MIPYMES actualmente representan el 96,4% de los establecimientos, aproximadamente el 63% del empleo; el 45% de la producción manufacturera, el 40% de los salarios y el 37% del valor agregado (Galvis Hurtado, 2008). A partir de esto, se evidencia la necesidad de que las empresas estén en constante cambio para competir en el mercado, de lo contrario dejarán de ser competitivas, rentables y muchas de ellas terminan desapareciendo como lo muestra el Global Entrepreneurship Monitor, donde se indica que Colombia está en el 8° puesto a nivel mundial de creación de empresas y en el 10° puesto en discontinuidad empresarial durante el año 2015 (GEM (Global Entrepreneurship Monitor), 2015).

Por otro lado, si tenemos en cuenta el sector de caucho, que representa el 1,1% de los establecimientos en Colombia y el sector de plásticos, que representa el 7,2% de los establecimientos en Colombia en el 2014 (DANE, 2014), durante el año 2015 y 2016 tuvieron un crecimiento de aproximadamente del 30% (Aktiva Servicios Financieros, 2016); la empresa Creaciones Medellín LTDA., no está creciendo en concordancia con el sector, con un crecimiento de aproximadamente el 15% durante el año 2015 y 2016, haciendo necesario la búsqueda de estrategias que representen nuevas oportunidades para potencializar el uso de los recursos con el fin de lograr un mayor crecimiento y aumentar la participación en el mercado, lo que originará una organización más sólida y rentable.

De esta manera, el diseño e implementación de una nueva distribución de planta en la empresa Creaciones Medellín LTDA, podría representar un incremento de la productividad, disminución de retrasos en el proceso, optimización del espacio, reducción del material en proceso, reducción de riesgos de enfermedades profesionales y accidentes de trabajo y una mayor satisfacción del trabajador. Además, representa una oportunidad de mercado que requiere la selección tecnológica e implementación de otro tipo de máquinas adicionales a los procesos actualmente disponibles, con su correspondiente planeación y estructuración en términos de distribución en planta, flujo de materiales y reducción de tiempos de ciclo, estableciendo de esta manera un estudio al respecto.

Desde la parte ambiental, el diseño e implementación de una nueva distribución de planta en la empresa Creaciones Medellín LTDA, representará una oportunidad de contribuir con los esfuerzos públicos y privados en materia ambiental, realizando procesos y ofreciendo productos de acuerdo a las leyes vigentes del país, normas y convenios internacionales, y guías ambientales de organizaciones de financiamiento nacionales e internacionales.

Es importante resaltar que “la responsabilidad del ingeniero industrial es la de diseñar una instalación de producción que elabore el producto específico a la tasa estipulada a la producción a un costo mínimo” (Hicks Philip, 1999).

De esta manera, el estudiante tomará esta oportunidad para aplicar todos sus conocimientos adquiridos en la carrera de ingeniería industrial para apoyar los procesos de la empresa Creaciones Medellín LTDA, en el diseño y planeación de una nueva distribución de planta y de esta manera optar para el Título de Ingeniero Industrial.

3. Hipótesis del Trabajo

¿Cuál debería ser la distribución de la planta y el manejo de las materias primas durante el proceso de fabricación de la empresa Creaciones Medellín Ltda., que permita mejorar los flujos de material y disminuir las distancias entre procesos, para que más tarde la empresa pueda desarrollar una estrategia de producción, acorde a la hora de afrontar los cambios del mercado y querer incursionar en nuevas categorías de la fabricación de productos de caucho?

4. Objetivos Del Trabajo

El estudio realizado presenta los siguientes objetivos, que enmarcaron las actividades realizadas para el logro de la distribución en planta en Creaciones Medellín Ltda.:

4.1. Objetivo General.

Proponer un esquema de distribución física de espacios productivos en la planta de fabricación de la empresa Creaciones Medellín LTDA., para la mejora del flujo de material y las distancias a recorrer en

los procesos, aplicando metodologías de diseño, distribución y estructuración de plantas y almacenes industriales.

4.2. Objetivos Específicos.

1) Elaborar un diagnóstico empresarial enfocado a en los procesos productivos internos de la planta de fabricación de compuestos de caucho en la empresa Creaciones Medellín LTDA, por medio de diagramas y esquemas, que permitan obtener una caracterización detallada del proceso.

2) Determinar los requerimientos de recursos necesarios para la elaboración de compuesto de caucho que cumpla con la meta de ventas establecida por medio de pronósticos de la demanda de la empresa.

3) Presentar modelos de distribución física de la planta de producción por medio de planos, que cumplan con la mejora de los flujos de material y disminuyan las distancias que se deben recorrer durante los procesos, para que la empresa seleccione la mejor propuesta según sus requerimientos.

4) Realizar una propuesta económica y de proyecto para mostrar la inversión necesaria en la futura implementación de la alternativa propuesta en distribución en planta y flujo de materiales, por medio de flujos de caja y diversos indicadores que demuestren la viabilidad del proyecto.

5. Metodología Seguida Durante La Elaboración Del Proyecto

El proyecto se desarrolló por etapas, una en consecuencia de la otra de tal forma que el trabajo sea continuo y efectivo para lograr solucionar la problemática planteada.

5.1. Fase 1: Diagnóstico de la situación actual de la planta de producción en la empresa Creaciones Medellín Ltda.

En esta fase del proyecto se pretendió lograr y consolidar un mecanismo de búsqueda de antecedentes de distribución de planta y selección de técnicas desde el marco conceptual aplicable al proyecto.

Luego, se realizó la medición de la situación actual de los procesos productivos de la empresa, por medio de la toma de datos de todos los factores que afectan la distribución de planta, y se plasmaron en las siguientes actividades: descripción de los productos; descripción del proceso de fabricación; medición de tiempos y movimientos en el proceso de producción; caracterización de la maquinaria actual; cálculo de capacidades actuales; identificación de mano de obra y materias primas; y descripción de las áreas actuales de la planta de producción.

Por último, se generó un análisis y presentación del estado actual de la empresa e integración actual de todos los factores que afectan la distribución de planta, por medio de diagramas y tablas que especifican sus características.

5.2. Fase 2: Determinación de los recursos proyectados para el nuevo diseño y distribución de la planta de producción de la empresa Creaciones Medellín Ltda.

Primero, se realizó un análisis producto – cantidad, que estableció qué se va a producir y en qué cantidades, según las proyecciones de ventas generales que fueron estimadas por medio de pronósticos de la demanda para la empresa Creaciones Medellín LTDA.

Por último, se realizó la estimación de recursos necesarios en la planta de producción para el cumplimiento de la proyección de ventas en términos de maquinaria, recurso humano, materiales, áreas y otros factores influyentes en la nueva distribución en planta.

5.3. Fase 3: Presentación de alternativas de diseño y distribución física de espacios productivos en la planta de producción de la empresa Creaciones Medellín Ltda.

En esta etapa, se realizó la estimación y presentación de modelos de distribución física para la planta de producción de la empresa Creaciones Medellín LTDA, de acuerdo a las necesidades de la planeación de la planta, por medio de heurísticas aplicables al proyecto.

Luego, se conformaron y presentaron diversas alternativas de distribución física de espacios para la planta de producción de la empresa Creaciones Medellín Ltda., por medio de planos, que satisficieran con el objetivo propuesto, aplicando los principios de diseño y distribución de planta.

Por último, se seleccionó el modelo de distribución en planta que satisfizo las necesidades de la empresa a partir de una técnicas de decisión multi – criterio, teniendo en cuenta las observaciones y la experticia de los encargados de la planta de producción de la empresa Creaciones Medellín LTDA.

5.4. Fase 4: Evaluación del proyecto.

Durante esta fase, primero se determinaron las actividades necesarias para llevar a cabo la modificación de la distribución física de la planta a partir del modelo de distribución de planta seleccionado por la empresa Creaciones Medellín LTDA.

Luego se, elaboro un presupuesto de gastos para la ejecución del proyecto de diseño y distribución de planta en la empresa Creaciones Medellín LTDA.

Se presentó una estimación de un flujo de caja con el cual puede ser evaluado el nivel de capital requerido para inversión en la implementación del modelo de distribución de planta seleccionado en el proyecto.

Por último se realizó la evaluación económica del proyecto desde la aplicación de indicadores financieros.

6. Conclusiones.

La empresa Creaciones Medellín, actualmente cuenta con una distribución planta provisional, la cual presenta una serie de inconvenientes a nivel de almacenamiento de materias primas, manejo de materiales, flujo de materiales y medio ambiente, en la cual, las materias primas se contaminan por su mal

manejo y provocan reprosesos, además, se tienen que recorrer 220 metros por cada carga de compuesto de caucho que se fabrique.

Es importante generar una nueva distribución de la planta y el manejo de las materias primas durante el proceso de fabricación de la empresa Creaciones Medellín Ltda., que permita mejorar los flujos de material y disminuir las distancias entre procesos, para que más tarde la empresa pueda desarrollar una estrategia de producción, acorde a la hora de afrontar los cambios del mercado y querer incursionar en nuevas categorías de la fabricación de compuestos de caucho.

En este capítulo, se presenta el marco teórico y el estado de arte que fundamenta este proyecto, de manera que el lector pueda establecer una idea más clara del trabajo que se desarrolló. Se encontrarán los conceptos claves y complementarios necesarios para el entendimiento de las metodologías empleadas y el contexto del proyecto.

- Primero se describirá el diseño y distribución de planta, con el objetivo de comprender la importancia de la disposición espacial de los centros productivos, como una problemática ineludible de cualquier instalación física.
- Luego, siendo la producción de caucho, la actividad principal de la empresa donde se desarrolla el proyecto, se quiere dar a conocer los conceptos claves de la importancia y proceso de fabricación de este material.
- Por último, teniendo en cuenta la temática abordada se presentan casos relacionados con el diseño de flujo de material en empresas, diseño de plantas de producción, metodologías para el diseño y la distribución de planta, y algoritmos computacionales aplicables para diseños de distribución en planta, entre otros trabajos relacionados.

1. Marco Teórico Y Conceptual

1.1. Diseño y distribución de planta.

La planificación de la distribución en planta incluye decisiones acerca de la disposición física de los centros de actividad económica dentro de una instalación. La distribución de centros de actividad física, es un problema ineludible para todas las plantas industriales, por lo tanto, no es posible evitarlo, y es que “El objetivo de la planificación de la distribución en planta consiste en permitir que los empleados y el equipo trabajen con mayor eficacia” (Departamento de Organización de empresas, 2005).

1.1.1. Principios del diseño y distribución de planta.

Los principios pretenden obtener beneficios plenos para las partes que se ven afectadas, ya sean accionistas o empleados; y lograr un tratamiento adecuado de los materiales y equipos (Reed, 1971). Estos principios son los siguientes:

1) Principio de la satisfacción y de la seguridad: a igualdad de condiciones, será siempre más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los trabajadores.

2) Principio de la integración de conjunto: la mejor distribución es la que integra a los hombres, materiales, maquinaria, actividades auxiliares y cualquier otro factor, de modo que resulte el compromiso mejor entre todas estas partes.

3) Principio de la mínima distancia recorrida: a igualdad de condiciones, es siempre mejor la distribución que permite que la distancia a recorrer por el material sea la menor posible.

4) Principio de la circulación o flujo de materiales: en igualdad de condiciones, es mejor aquella distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se transformen, tratan o montan los materiales.

5) Principio del espacio cúbico: la economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto en horizontal como en vertical.

6) Principio de la flexibilidad: a igualdad de condiciones, será siempre más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada con menos costo o inconvenientes.

1.1.2. Tipos de distribución en planta.

Es evidente que la forma de organización del proceso productivo resulta determinante para la elección del tipo de distribución en planta. No es extraño, pues, que sea dicho criterio el que tradicionalmente se sigue para la clasificación de las distintas distribuciones en planta, siendo éste el que adoptaremos en la presente obra. De acuerdo con ello, y en función de las configuraciones estudiadas anteriormente suelen identificarse tres formas básicas de distribución en planta: las orientadas al producto y asociadas a configuraciones continuas o repetitivas, las orientadas al proceso y asociadas a configuraciones por lotes, y las distribuciones por posición fija, correspondientes a las configuraciones por proyecto (Departamento de Organización de empresas, 2005), las cuales se describen a continuación:

- Distribución en planta por posición fija: el material permanece en situación fija y son los hombres y la maquinaria los que confluyen hacia él.

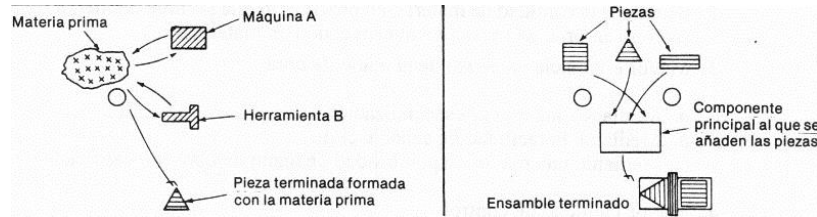


Figura 5. Descripción de la distribución en planta de posición fija. Fuente: (Muther R. , 1996).

- Distribución en planta por proceso: las operaciones del mismo tipo se realizan dentro del mismo sector.

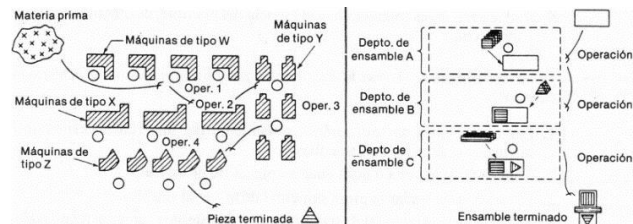


Figura 6. Descripción de la distribución en planta en talleres. Fuente: (Muther R. , 1996).

- Distribución en planta por producto: el material se desplaza de una operación a la siguiente sin solución de continuidad. (Líneas de producción, producción en cadena).

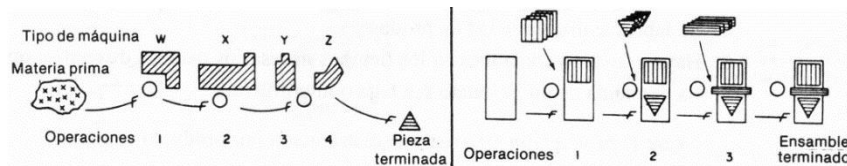


Figura 7. Descripción de la distribución en planta en células de trabajo. Fuente: (Muther R. , 1996).

1.1.3. Factores que influyen en la selección de la distribución en planta.

Al realizar una buena distribución, es necesario conocer la totalidad de los factores implicados en la misma, así como sus interrelaciones. La influencia e importancia relativa de los mismos puede variar con cada organización y situación concreta; en cualquier caso, la solución adoptada para la distribución en planta debe conseguir un equilibrio entre las características y consideraciones de todos los factores, de forma que se obtengan las máximas ventajas (Departamento de Organización de empresas, 2005). De manera agregada, los factores que tienen influencia sobre cualquier distribución pueden encuadrarse en ocho grupos: los materiales; la maquinaria; la mano de obra; el movimiento; las esperas; los servicios auxiliares que apoyan las actividades principales; la infraestructura y el espacio dispuesto para la nueva distribución; y los cambios o posibles variaciones futuras.

1.1.4. Resultados del diseño y distribución de planta.

Tras una buena aplicación de los principios de la distribución en planta, los resultados deben redundar en la reducción de costos de fabricación y los siguientes beneficios: “reducción de riesgos de enfermedades profesionales y accidentes de trabajo; mejora la satisfacción del trabajador; incremento de la productividad; disminuyen los retrasos; optimización del espacio; reducción del material en proceso; y optimización de la vigilancia” (IG Group, 2015).

1.2. Manejo de materiales.

El manejo de materiales es “el arte y la ciencia de mover, guardar, proteger y controlar el material a través de sus procesos de fabricación, distribución, consumo y desecho” (Material Handling Institute of America). Según la anterior definición, al ser el manejo de los materiales un arte y una ciencia, requiere tanto de conceptos técnicos como de la experticia del ingeniero a cargo, para definir qué es lo correcto y que no lo es según sea el caso.

1.2.1. Flujo de materiales.

El término flujo de materiales hace referencia al establecimiento de la secuencia correcta de movimientos de los materiales. Las diferentes combinaciones de pasos y algunas modificaciones de las secuencias de las operaciones producen flujos de materiales más eficientes, del mismo modo, la simplificación de pasos y trabajo permite eliminar operaciones innecesarias mejorar las que permanecen.

La importancia del diseño de una correcta secuencia de materiales radica en el hecho de que constituye una de las bases del diseño de planta, dado que dicho procesos de definición impondrá limitaciones que impedirá la aplicación de un patrón en particular (Universidad Nacional Abierta y a Distancia , 2014).

1.2.2. Principios del manejo de materiales.

Estos principios pretenden dar lineamientos a la hora de tratar del tema, dado que han sido condensados a lo largo de los años, sin embargo, no pretenden ser absolutos dado que en muchas ocasiones prevalece el buen juicio y la experiencia. Los 10 principios adoptados por la College-Industry Council of Material Handling Education (CIC –MHE) (Tompkins J. A., White, Bozer, & Tanchoco, 2011)son:

- El principio de la planificación. El principio de la planificación. Un plan es un curso de acción recomendado que se define antes de la implementación. En su forma más sencilla, un plan de manejo de materiales define el material (qué) y los movimientos (cuándo y dónde); juntos establecen el método (cómo y quién).
- El principio de la estandarización. La estandarización significa menos variedad y personalización en los métodos y el equipo empleados.
- El principio del trabajo. La medida del trabajo es el flujo de materiales (volumen, peso, o cuenta por unidad de tiempo) multiplicado por la distancia que se trasladan.

- El principio ergonómico. La ergonomía es la ciencia que busca adaptar el trabajo o las condiciones laborales a las aptitudes del trabajador.
- El principio de la carga unitaria. Una carga unitaria es aquella que se almacena o traslada como una entidad única cada vez, como una tarima, un contenedor, o una bolsa, sin tomar en cuenta el número de artículos individuales que forman la carga.
- La utilización del espacio. El espacio en el manejo de materiales es tridimensional y, por lo tanto, se cuenta como un espacio cúbico.
- El principio del sistema. Un sistema es un conjunto de entidades interactuantes y/o interdependientes que forman un todo unificado.
- El principio de la automatización. La automatización es una tecnología relacionada con la aplicación de dispositivos electromecánicos, electrónicos y sistemas basados en computadoras para operar y controlar las actividades de producción y servicios. Sugiere la vinculación de varias operaciones mecánicas para crear un sistema que se controle mediante instrucciones programadas.
- El principio ambiental. La conciencia ambiental aparece a partir de la intención de no desperdiciar los recursos naturales y de predecir y eliminar los posibles efectos negativos de nuestras acciones diarias en el ambiente.
- El principio del costo del ciclo de vida. Los costos del ciclo de vida incluyen todos los flujos en efectivo que ocurren a partir del momento en el que se gasta dinero por primera vez para planificar u obtener una nueva pieza del equipo, o para implantar un método nuevo, hasta que ese método y/o equipo se reemplaza por completo.

1.3. El caucho.

Los cauchos o elastómeros son materiales poliméricos cuyas dimensiones pueden variar según el esfuerzo al que sean sometidos, volviendo a su forma cuando el esfuerzo se retira. Es un material originario de Brasil, las semillas fueron llevadas a Inglaterra en 1876 y de allí exportadas a otras zonas bajo dominio británico. Hoy las principales plantaciones (el 90% del mercado mundial) se encuentran en el sudeste asiático, principalmente en Malasia.

Desde su descubrimiento el caucho ha hecho parte de muchos utensilios utilizados en el día a día del ser humano, durante los años 1890s con uso expandido de vehículos de motor, y particularmente de sus neumáticos se creó un aumento en la demanda para el caucho, lo que impulsó que durante la Primera Guerra Mundial como resultado de la escasez de caucho natural se realizaran estudios para sintetizar este material.

En 1909, un equipo liderado por Fritz Hofmann, trabajando en el laboratorio Bayer en Elberfeld, Alemania, tuvo éxito en polimerizar el metilisopreno, el primer caucho sintético. Del mismo modo otros científicos lograron sintetizar a partir de diferentes polímeros el caucho sintético.

Esta temprana forma de caucho sintético fue nuevamente reemplazada con caucho natural después de terminar la guerra, pero las investigaciones del caucho sintético continuaron.

A partir de estos estudios, se desarrolló la vulcanización, proceso descubierto por Charles Goodyear en el año 1844, mediante el cual se somete al caucho crudo al azufre en distintas proporciones que pueden variar de 1 al 30%, este proceso va acompañado del calor a una temperatura de 120°C aproximadamente. A través de éste, el caucho recupera ciertas características como elasticidad y dureza, además de, mejorar o agregar propiedades como fuerza; resistencia a los cambios de temperatura; impermeabilidad a los gases; resistente a la abrasión, acción química, calor y electricidad; aumentar el coeficiente de rozamiento en superficies secas y disminuir el coeficiente de rozamiento en superficies mojadas por agua (Beliczky & Fajen, 1998).

En general, las propiedades combinadas de caucho sintético superan a las de las combinaciones de cauchos naturales. Además, el caucho sintético es ventajoso porque es más fácil de producir. La goma natural es un cultivo capaz de crecer sólo en climas tropicales y no envejece bien, por lo que para muchos países es más fácil usar el sintético. El caucho sintético también puede ser más útil en ciertas aplicaciones debido a su resistencia a temperaturas extremas y ambientes corrosivos.

1.3.1. Composición de los componentes de Caucho.

Un compuesto de caucho es el arte y ciencia de la selección y combinación de elastómeros y aditivos para obtener una mezcla íntima que desarrollará las propiedades físicas y químicas necesarias para un producto terminado.

La formulación práctica de compuestos generalmente consta de 10 o más ingredientes. Cada ingrediente tiene una función específica y cada uno tiene un impacto en las propiedades, procesamiento, y el precio. Los ingredientes de composición pueden ser clasificados en categorías principales:

- **Elastómeros:** son una clase de material de ingeniería que posee algunas características básicas, como que son elásticos, flexibles, resistente y relativamente impermeable al agua y el aire.
- **Agentes Vulcanizantes:** son ingredientes, que debe estar presente para causar la reacción química, produciendo una reticulación de las moléculas del elastómero. Por medio de un reticulado químico, un compuesto elastomérico es convertido de plástico suave, termoplástico adherente a un termoestable fuerte-estable.
- **Aceleradores:** son utilizados para reducir el tiempo de vulcanización. Son polvos de color blanco, no manchante y no decolorante. Son usados como acelerante primario y secundario en múltiples sistemas de mezcla con tiazoles y sulfenamidas. Utilizado principalmente en la

fabricación de neumáticos, correas transportadoras, piezas de minería, cámaras de caucho, cables y otros productos industriales.

- **Actuantes:** son ingredientes que se usan para reforzar las propiedades de los aceleradores, algunos pueden ser usados como plastificantes, o ayudar a la dispersión del negro de humo y otros rellenos, además de reducir la tendencia de adhesión a los rodillos (Mandelbaum, 2016). Los actuantes más usados son el ácido esteárico, el óxido de zinc y el polietilenglicol.
- **Agentes de protección:** son antioxidantes y antiozonantes, que ayudan a resistir los efectos dañinos de la luz solar y del ozono, haciendo que los compuestos de caucho tengan mayor durabilidad.
- **Rellenos o cargas:** son ingredientes que se usan para reforzar las propiedades físicas del material, para impartir ciertas características de procesamiento, y para reducir el coste. Son usados en proporciones muy variables, y existen dos tipos: los reforzantes y los diluyentes. “Las cargas reforzantes se emplean por razones técnicas, para aumentar la resistencia mecánica del vulcanizado, en especial su resistencia a la abrasión y al desgarro, y en muchas ocasiones también la resistencia a la tracción. Por el contrario las cargas diluyentes se usan por razones puramente económicas, para abaratar el material,” (Royo, 1989).
- **Plastificantes:** cuando durante el proceso de fabricación se mezclan materiales visco – elásticos (cauchos) con sólidos pulverulentos (negros de humo, rellenos, etc.), líquidos viscosos y otros productos químicos (azufre, acelerantes, agentes de protección, etc.), es difícil lograr que el caucho se incorpore fácilmente con estos materiales. Para lograrlo se deben “plastificar”, es decir reducir su elasticidad, su “nervio” y que así gradualmente puedan incorporar y luego dispersar el resto de los componentes de la mezcla. Es decir, las funciones de los plastificantes son: facilitar la incorporación de los compuestos; reducir la viscosidad y por lo tanto mejorar la procesabilidad de los compuestos de caucho en extrusoras, calandras, moldes, entre otros; según el tipo, aumentar o reducir la adhesividad en crudo; reducir el consumo de energía durante el mezclado y la temperatura de la mezcla; modificar las propiedades del vulcanizado y en general reducir el costo del producto y el proceso (Mandelbaum, 2016).
- **Agentes de acoplamiento:** los efectos producidos por estos agentes son una mayor facilidad de incorporación y dispersión, aumento en los módulos, una mejora en la resistencia al desgarro y a la abrasión y de las características visco elásticas (Royo, 1989).
- **Pigmentos de color:** son ingredientes necesarios para impartir coloración específica a un compuesto de caucho no negro. Pigmentos de color se pueden dividir en dos grupos, a saber, inorgánicos y orgánicos. La mayoría de los pigmentos inorgánicos ampliamente usados son los de óxido de hierro, óxido de cromo, dióxido de titanio entre otros.

1.3.2. Transformación y vulcanización de las mezclas.

Existen varios métodos para la transformación de las mezclas de caucho en producto terminado, al igual que, dependiendo del procedimiento de transformación, existen diferentes maneras de vulcanizar el producto, tal y como se muestra en la Figura 8.

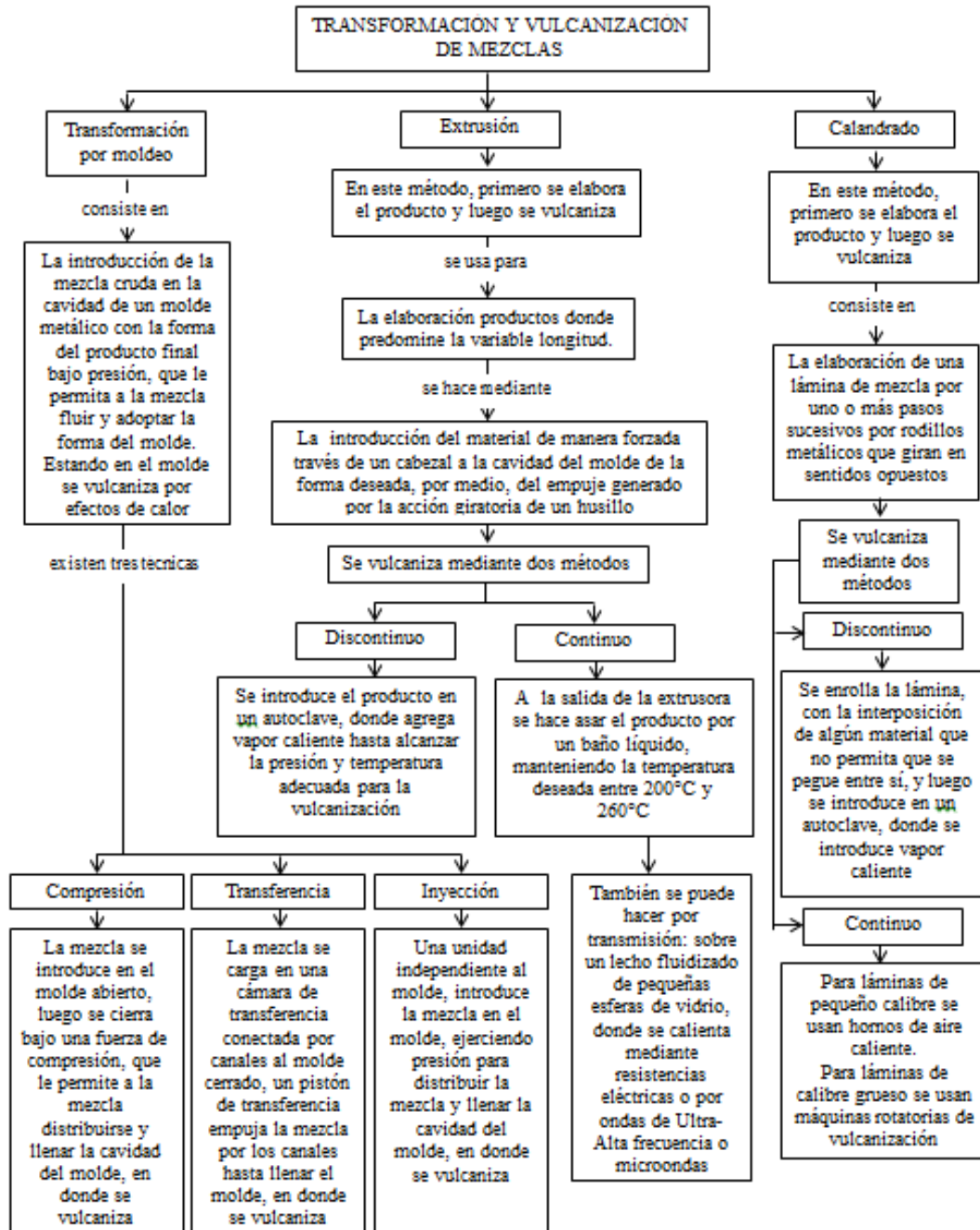


Figura 8. Mapa conceptual de procedimientos de transformación y vulcanización. Fuente: El Autor basado en (Royo, 1989)

2. Estado Del Arte

Teniendo en cuenta la temática abordada a continuación se presentan casos relacionados con el diseño de flujo de material en empresas, diseño de plantas de producción, metodologías para el diseño y la distribución de planta, y algoritmos computacionales aplicables para diseños de distribución en planta, entre otros trabajos relacionados.

2.1. Tipos de organización y distribución de planta.

Tabla 2

Trabajos referenciados para tipos de organización y distribución de planta.

Autor	Título del Trabajo	Año	Tipo de trabajo	Herramientas aplicadas
Darlene Andrea Manrique Ariza	Diseño de un plan de producción y distribución en planta para una empresa del sector de fabricación de productos de plástico Distribución en Planta:	2008	Trabajo de grado	Chequeo de criterios desde la perspectiva de los directivos de las cuatro técnicas de distribución de planta
David C. Bravo S. Carlos H. Sánchez L.	Introducción al diseño de plantas industriales, conceptos y métodos cuantitativos para la toma de decisiones	2011	Libro	Descripción y manera de las cuatro técnicas del diseño y distribución de planta

Fuente: El Autor.

Los planos de diseño generalmente dependen de la variedad de productos y los volúmenes de producción. Cuatro tipos de organización se hacen referencia en los artículos e investigaciones existentes, nombrados distribución por proceso, distribución por producto, distribución con posiciones fijas y distribución por células de trabajo (Bravo S. & Sánchez L., 2011).

Cada una de estas distribuciones presentan unas características propias y se seleccionan como respuesta al problema de diseño y distribución de planta, a partir de, una evaluación de criterios propios de la situación en la que se van a emplear. Algunos de estos criterios según Manrique Ariza (2008) son:

- Movimiento de material: minimizar la distancia de circulación del material entre las diferentes secuencias del proceso.
- Circulación del trabajo: ahorro de espacio y tiempo, mediante la mejor disposición de áreas de trabajo.
- Utilización efectiva del espacio: minimizar el costo por área de trabajo como resultado de una mejor utilización del espacio.
- Flexibilidad: ofrecer la posibilidad de reordenar parte de la integración de la planta con un mínimo costo.

Sin embargo, en algunas líneas de producción es posible que se presenten o que se puedan adaptar más de un tipo de organización de los procesos por sus características de trabajo, el producto que se esté manejando en cada estación de trabajo, la capacidad de la maquinaria, entre otros factores importantes.

2.2. Planeamiento Sistemático de la Distribución.

Tabla 3

Trabajos referenciados de Planeación Sistemática de distribución.

Autor	Título del trabajo	Año	Tipo de trabajo	Herramientas aplicadas
Astrid Granados Suarez	Diseño y distribución de la nueva planta de producción de vidrio templado Vitelsa del Pacifico SA	2006	Trabajo de grado	Planeación sistemática de la distribución y formulación de indicadores que muestren a futuro señales de acciones preventivas y correctivas a implementar
Marco Augusto Viteri Clavijo	Diseño de una planta procesadora de Tilapia Ahumada Aplicando Planeación Sistemática de Distribución en planta	2008	Trabajo de grado	Realización de estudio de mercado, diseño de proceso, selección tecnológica y aplicación de Planeación Sistemática de la distribución para el diseño de la planta

Fuente: El Autor.

El Planeamiento Sistemático de la Distribución es una forma racional y organizada para realizar la Planeación de una distribución (Granados Suarez, 2006). Este método está constituido por cuatro fases o niveles que a la vez constan de una serie de procedimientos o pasos, para identificar, evaluar y visualizar los elementos y áreas involucradas de la mencionada Planeación.

Este método es igualmente aplicable a distribuciones completamente nuevas como a distribuciones de plantas ya existentes. Los proyectos de distribución no siempre empiezan desde la primera fase de este método, que implica el diseño del producto y del proceso, la mayoría de los proyectos como solo abarcan las fases II y III, centradas en el diseño de la distribución, y un pequeño porcentaje de la fase IV, ya sea el montaje de la maquinaria y la disposición de áreas o la formulación de Indicadores para la evaluación de la distribución de planta.

2.3. Heurísticas y algoritmos de distribución.

Tabla 4

Trabajos referenciados sobre Heurísticas de distribución.

Autor	Título del trabajo	Año	Tipo de trabajo	Herramientas aplicadas
Jorge Luis Camargo Ortiz Julián Andrés Arias Martínez	Rediseño de la Planta de Producción de Bornes de Risaralda para el mejoramiento de sus procesos	2010	Trabajo de Grado	Descripción y desarrollo de metodología de SLP
Ana María Galindo Álvarez	Desarrollo de un método de Distribución Física aplicable en las Industrias Ecuatorianas	2011	Tesis de grado	Presenta la metodología CRAFT para determinar los patrones de localización relativa subóptimos para instalaciones físicas
J. Tompkins J. White Y. Boxer J. M. A. Tanchoco	Planeación de instalaciones	2011	Libro	Descripción de las prácticas actuales en temas de planificación de instalaciones, desde una mirada global, sobre economía, la cadena de suministro y puertos de entrada

Heidy Mejia A. María Jimena Pilches A. Marjorie Galofre Yennys Montenegro	Aplicación de metodologías de distribución de plantas para la configuración de un centro de distribución	2011	Artículo científico	Implementación de la metodología SLP y la heurística de CORELAP para definir la distribución más adecuada de acuerdo con las condiciones establecidas en la normatividad.
Germán Noé Reyes Flores	La aplicación de las técnicas Sistematic Layout Planning y Systematic Handling Analysis para mejorar el movimiento de materiales en una empresa textil	2013	Tesis de maestría	Aplicación de los cuatro pasos de la metodología SLP y desarrollo y aplicación de la Técnica de análisis Sistemático de Manejo de los Materiales
Cesar Julio Collazos Valencia	Rediseño del sistema productivo utilizando técnicas de distribución de planta : Caso de estudio planta procesadora de alimentos	2013	Tesis de grado	Búsqueda de los datos y análisis de la información procesados con el Método SLP y generación de alternativas de distribución y selección de la mejor opción con la aplicación de un algoritmo genético.
Leonardo Hernández	Evaluación del flujo de materiales y diseño de la reubicación de una línea de pasta de fideos	2013	Trabajo de grado	Uso y aplicación del método SLP desarrollado por Murther teniendo en cuenta tiempos y movimientos

Fuente: El Autor.

Este problema del diseño y distribución de instalaciones se caracteriza porque las posibles soluciones crecen en forma combinatoria a medida que aumentan el número de áreas o departamentos que se requieren ubicar, por lo cual se hace necesario el uso de heurísticas que proporcionen soluciones de calidad (Mejia A., Wilches A., Galofe V., & Montenegro, 2011).

Por otra parte, aun con diversos métodos heurísticos y/o programas de computadora es necesario llevar un método y consideraciones que indiquen de forma general los ajustes dentro del proyecto de desarrollo de la planta industrial (Vargas Querea, 2010). Por esto, se han desarrollado múltiples metodologías aplicables tanto a diversos casos, como a casos particulares, bajo una consecución de pasos que han llevado los proyectos a desarrollar optimas distribuciones.

Algunos métodos son:

El método SLP se fundamenta en la tabla de relaciones de actividades (Hernández, 2013). Esta tabla es un triángulo horizontal en el cual aparecen las relaciones entre cada actividad y/o departamento con respecto a las demás actividades. Este diagrama permite evaluar la importancia de la proximidad entre las actividades apoyándose en una codificación ya establecida. De esta manera, a partir de la tabla de relaciones de actividades se establece que las relaciones absolutamente necesarias deben ser más próxima que las especialmente importantes y así sucesivamente, en orden descendente de proximidad (Reyes Flores, 2013). Así, estas deducciones se usan como base a la hora de realizar un diseño y distribución de una planta.

Otra técnica tradicional utilizada en la construcción de distribuciones es el “Computerized Relationship Layout Planning” CORELAP, el cual fue desarrollado en 1967, siendo uno de los pioneros

en el campo de la distribución asistida por computador. En ésta metodología se ubican los departamentos de acuerdo con la calificación de cercanía total representada en trayectoria rectilínea, siendo el de mayor relación de cercanía situado en el centro de la disposición y como regla de desempate siempre se selecciona el departamento de área más grande (Thompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006).

También, el modelo de CRAFT, presentado por Armour y Buffa en 1963 (Armour&Buffa, 1963), ha sido ampliamente utilizado y desarrollado para su aplicación en toda clase de empresas. El método inicia básicamente con la determinación de los costos de las instalaciones y la determinación del centroide de cada una de las áreas, luego evalúan todas las posibles ubicaciones de las áreas que pueden ser adyacentes entre sí o ser del mismo departamento. La configuración de las áreas que resulte de menor costo es la elegida. Este procedimiento se repite hasta cuando no existe una combinación de ubicaciones que resulte de menor costo que la actual (Galindo Álvarez, 2011).

Tabla 5

Trabajos referenciados sobre Software y algoritmos de distribución.

Autor	Título del trabajo	Año	Tipo de trabajo	Herramientas aplicadas
F. Azadivar J. Wang	Facility layout optimization using simulation and genetic algorithms	2010	Artículo científico	Presentación de un algoritmo genético que toma en consideración las características dinámicas y las limitaciones operacionales del sistema en su conjunto, teniendo en cuenta las medidas de rendimiento de un sistema, tales como el tiempo de ciclo y la productividad.
Roberto Vargas Querea	Disposición Física de instalaciones: Caso de estudio, centro de Ingeniería Avanzada, Facultad de Ingeniería, UNAM	2010	Tesis de maestría	Descripción del uso y aplicación del software Vip - Planopt
Danny Aurelio Barón Muñoz Lina Mercedes Zapata Álvarez	Propuesta de redistribución de planta en una empresa del Sector Textil	2012	Trabajo de grado	Descripción y aplicación de los Software LayoutVT – Facility Re-Layout para generar propuestas de distribución de la empresa Nexxos Studio
Oscar David Quiceno Orozco Nathaly Zuluaga García	Propuesta de mejoramiento para la distribución de planta en una empresa del Sector lácteo	2012	Trabajo de grado	Presentación de propuestas de diseño y distribución de planta a partir del Software LayoutVT
Cesar Julio Collazos Valencia	Rediseño del sistema productivo utilizando técnicas de distribución de planta	2013	Trabajo de grado	Presentación del método el método CRAFT, y como su desarrollo se complementa con el método SLP

Fuente: El Autor.

El método de soluciones computarizadas llamado CLASS, se ocupa de la colocación relativa de las entidades de fabricación equidimensionales dentro de un espacio de soluciones discreto en un intento de minimizar el flujo de material total (costo) entre estas entidades (Azadivar& Wang, 2010). Es un método

que tiene en cuenta las relaciones y los problemas intercelulares y de la disposición intracelular que se presentan en un entorno de fabricación celular.

Algunos softwares especializados:

El programa VIP-PLANOPT (Visually Interfaced Package of PLANOPT) es un programa de computadora poderoso desarrollado para producir distribuciones de alta calidad para pequeños, medianos y grandes problemas de bloques o módulos de diferentes áreas. El termino Layout Optimization implica la colocación de un número de módulos para su ubicación óptima en el plano Euclidiano sin superposiciones (Vargas Querea, 2010).

Otro software es el LAYOUTVT (Barón Muñoz & Zapata Álvarez, 2012), este software es un programa desarrollado en la Universidad de Virginia Techo (USA), diseñado especialmente para ayudar a los planificadores de instalaciones en la búsqueda de disposiciones rentables, de manera sencilla y práctica. Algunas limitaciones del software son que permite crear máximo 18 departamentos y el número máximo de pisos es 5.

El software Facility Re-Layout, es un software que genera una propuesta de distribución acorde con una evaluación económica, ya que tiene en cuenta los costos de redistribución de cada departamento, lo que determina un costo total de la redistribución más aproximado a la realidad, debido a que no sólo se enfoca en flujo del material sino en el costo de la misma.

La mayoría de algoritmos computacionales se han desarrollado como resultado de investigaciones en universidades, pero no existen versiones completas comerciales de estos. Además, la mayoría están destinados solo para presentaciones, es decir, son herramientas de dibujo que facilitan la presentación de las disposiciones.

2.4. Flujo y manejo de materiales.

Tabla 6

Trabajos referenciados sobre manejo de materiales.

Autor	Título del trabajo	Año	Tipo de trabajo	Herramientas aplicadas
Tahoe Yang Brett A. Peters Mingan Tu	Layout design for flexible manufacturing systems considering single-loop directional flow patterns	2005	Artículo científico	Se propone una heurística, programa entero mixto de dos pasos para resolver el problema de diseño y distribución de una instalación que tiene departamentos con formas fijas y puntos de recogida / entrega.
Yessica Robolledo Johanni Yllas	Propuestas de mejoras al sistema de manejo de materiales de una ensambladora de vehículos Caso: Daimlerchrysler de Venezuela L.L.C	2006	Trabajo de grado	Aplicación de la metodología SHA como método sistemático para el análisis de los problemas referentes al manejo de materiales en la empresa Daimlerchrysler.
Karim A. Djabi P.	Diseño de un sistema de manejo de materiales de Bridgestone Firestone Venezolana	2006	Trabajo de grado	Aplicación de ingeniería de métodos, el método SLP y SHA, para el diseño de un sistema de manejo de materiales que permita aumentar la productividad del departamento

				de inspección final.
Lina Rocío Martínez Flórez	Propuesta de mejoramiento de un centro de distribución de retail, a través de la distribución en planta y el rediseño de los procesos operativos de recepción, almacenamiento, alistamiento y despacho	2009	Trabajo de grado	Aplicación de metodologías de rediseño de procesos fundamentadas en el ciclo de mejoramiento PHVA y generación de propuestas de distribución en planta del CENDI.

Fuente: El Autor.

Dentro del proceso de diseño y distribución en planta es posible tener en cuenta los objetivos de la ingeniería de métodos al reducir costos, eliminar actividades innecesarias y no esenciales, aumentar la eficiencia, disminuir fatigas en los operadores, eliminar pérdida de tiempo, energía y materiales. Todo esto para encontrar el diseño de planta que integren todos los factores de una empresa y aumenten la productividad de la misma.

Por otro lado, para lograr una alta productividad en un sistema flexible de fabricación (FMS), “un diseño eficiente y diseño de recorrido de flujo del material son importantes debido al gran porcentaje de coste del producto que está relacionada con la manipulación de materiales” (Djabi P., 2006).

Algunos de los principios para el manejo de materiales, pueden ser usados como parámetros para el diseño efectivo de la planta, estos son:

- Simplificar, esto es, minimizar el movimiento innecesario de materiales y equipos.
- Usar la gravedad en su favor para mover materiales y cosas.
- Optimizar el espacio utilizado.

Existe un método básico, disciplinado y racional que se aplica para resolver problemas de manejo de materiales, el Systematic Handling Analysis (SHA), es una manera estructurada de análisis que permite tener alternativas de manejo de materiales.

3. Conclusiones

Se tomaron como referencia 20 casos relacionados con el diseño de flujo de material en empresas, diseño de plantas de producción, metodologías para el diseño y la distribución de planta, y algoritmos computacionales aplicables para diseños de distribución en planta, de los cuales se tomaron metodologías para llevar a cabo este proyecto, como el desarrollo de la metodología CRAF para verificar los resultados del método triangular para la asignación de espacios productivos, y el uso de SLP como metodología para designar físicamente todos los espacios productivos y complementarios de la empresa.

En este capítulo se presentan las condiciones iniciales de la empresa Creaciones Medellín Ltda., sobre las cuales se basó el proyecto. Se encontrará la situación actual de los procesos, las instalaciones y los recursos de la empresa.

- Primero, se realiza una breve descripción de los productos que fabrica la empresa, y el producto tipo, sobre el cual se basaron los diferentes cálculos a lo largo del desarrollo del proyecto.
- Luego se presenta el proceso de fabricación que utiliza la empresa para la elaboración del producto tipo, por medio de descripciones, un flujograma analítico y un diagrama de operaciones.
- Por último, se describen los recursos necesarios para llevar a cabo el proceso de fabricación: maquinaria, mano de obra, capacidades, materias primas y áreas productivas y complementarias.

1. Producto

La empresa Creaciones Medellín Ltda., fabrica muchos tipos de productos en caucho, como bandas transportadoras, suelas para zapatos, entre otras. Sin embargo, por las características del mercado, se están enfocando en la elaboración de láminas de caucho de diferentes tonalidades, para su posterior troquelado. De esta manera, el producto desarrollado completamente hasta la fecha y bajo el cual se realizaron los cálculos para el proyecto se describe a continuación.

1.1. Descripción.

La lámina negra de caucho está elaborada con una mezcla de caucho sintético, cargas reforzantes, agentes de protección, activadores, acelerantes y vulcanizantes de la más alta calidad. Estas han sido moldeadas bajo estrictas condiciones de presión y temperatura, con el fin de ofrecer un producto de excelentes características técnicas y máxima durabilidad.

1.2. Presentación.

La lámina negra de caucho está disponible en tamaño de 100 x 100 cm. y calibres 3, 4, 5, 6 y 8 mm con tolerancia ± 0.2 mm. También se tienen 3 diferentes diseños por una cara: Crepé, Punta Diamante y Flores, y la otra cara de la lámina viene lijada, con el fin de facilitar su trabajo de pegue.



Figura 9. Diseños de las láminas de caucho. Nota: Tomadas por el autor.

1.3. Especificaciones.

Las siguientes son las propiedades físicas y químicas del producto, que han sido obtenidas por su fórmula de fabricación y determinadas bajo los respectivos estudios y ensayos.

Tabla 7

Especificaciones de la lámina negra de caucho.

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO	MÉTODO DE ENSAYO
Densidad	g/cm ³	Min. 1.15	NTC 456
Dureza	shore A	75/80	NTC 467
Elongación de rotura	%	Min. 520	ASTMD412
Resistencia al rasgado	kN/m	Min. 40	NTC 445
Resistencia a la abrasión	mm ³	Máx. 230	DIN 53516
Resistencia a la flexión a 200.000 ciclos para la propagación del corte inicial	mm	Max. 18	NTC 632

Fuente: Empresa Creaciones Medellín Ltda.

2. Procesos

2.1. Identificación del plan de producción.

La empresa Creaciones Medellín Ltda., utiliza un sistema de producción unitario o individual, en el cual se realizan una gran variedad de productos en bajos volúmenes (Hernandez & Woithe, 1986; Muther R. , 1996), de esta manera, en este tipo de producción un producto a menudo está asociado con un cliente en particular, y en muchos casos, el trabajo no se inicia hasta que un pedido concreto u orden de compra no se haya realizado. Cada producto fabricado en la empresa pasa por exactamente las mismas operaciones, sus variaciones se encuentran en la formula, es decir, tipos de materiales y cantidades usadas de cada uno de ellos en el producto.

2.2. Descripción del proceso de fabricación.

Debido a que hay una alta diversificación de productos finales en términos de propiedades físico – químicas en el caucho fabricado, dado que solamente se procesa este material bajo diferentes formulaciones con pequeñas variaciones de operaciones en algunas estaciones del proceso, para la identificación y descripción del proceso de fabricación del caucho en la empresa, se realizó un diagrama de operaciones (Ver Figura 10) donde se muestra la secuencia de los pasos, los materiales, los tiempos de fabricación en cada proceso y la selección tecnológica (máquinas).

La secuencia de pasos, los materiales y las maquinas involucradas en el proceso se identificaron, realizando una observación detallada de los mismos bajo supervisión y orientación de los expertos en la planta de fabricación. Por otro lado, para los tiempos de fabricación se obtuvieron bajo un estudio de tiempos realizado para cada estación de trabajo el cual se describe en la sección 2.3.

2.2.1. Secuencia de pasos.

2.2.1.1. Preparación de las materias primas.

De la zona de almacenamiento permanente de materias primas, se toman los ingredientes necesarios para la fabricación del compuesto según la fórmula y son llevados a la zona de almacenamiento temporal. A lo largo del día se van seleccionando las cantidades necesarias de los materiales y se llevan a las estaciones de producción.

Las primeras estaciones son las de cortado y dosificación, donde los compuestos sólidos son cortados en una guillotina y pesados para dosificarlos según la fórmula; los demás ingredientes, aceites y materiales en polvo, son pesados y dosificados. Al terminar la dosificación la persona encargada de la planta de producción y del proceso, inspecciona que el pesaje haya sido realizado con éxito y sin errores.

2.2.1.2. Mezclado de las materias primas para obtener el compuesto.

Se toman las dosificaciones de materias primas necesarias para elaborar 34 Kg de compuesto de caucho y se agregan al Banbury, donde son calentados a una temperatura entre los 140°C –150°C y mezclados. Luego la máquina transporta, a través de una banda transportadora, el compuesto a un molino

abierto, el cual comienza a darle vueltas al compuesto de caucho entre sus rodillos, mientras estos son enfriados mediante refrigeración interna, hasta que el material baja su temperatura a más o menos la del ambiente. Durante este proceso de enfriamiento se agregan otros materiales que son importantes para su posterior vulcanización y que posibilite su manejo en las próximas estaciones.

Posteriormente, se ponen los compuestos de caucho sobre unas zorras y se llevan al lugar más fresco de la planta para su enfriamiento y secado, donde se deja enfriar por aproximadamente un día.

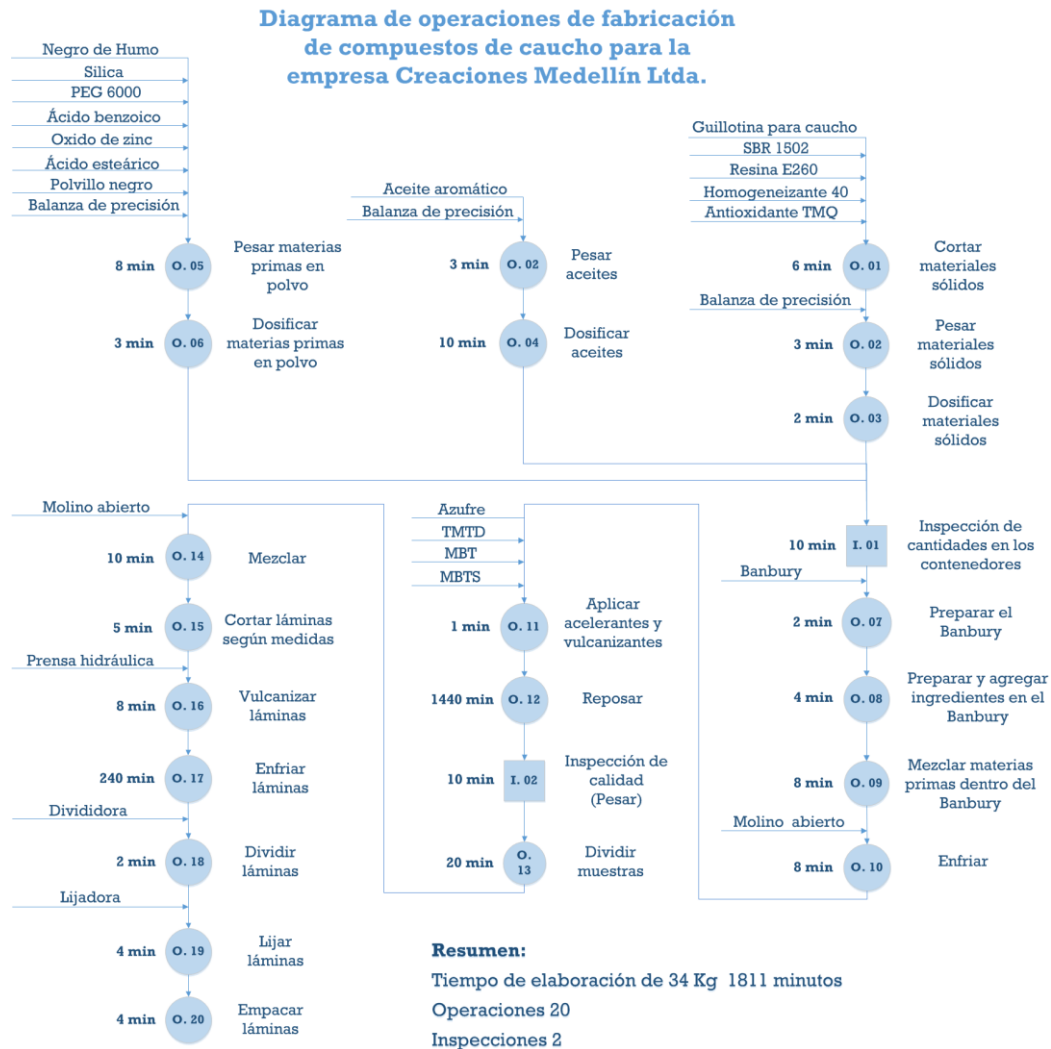


Figura 10. Diagrama de operaciones para la elaboración de láminas de caucho. Fuente: El Autor.

2.2.1.3. Proceso de vulcanizado.

Al siguiente día se inspecciona cada una de las muestras, pesándolas, luego se toma una porción de cuatro muestras de componente de caucho para mezclarlas en un molino abierto y hacer una nueva mezcla para corregir algunos errores en la fórmula, si es que ocurrieron.

Posteriormente, se cortan según un molde, cuatro cuadrados de compuesto de caucho de aproximadamente 8kg cada uno y se llevan a la prensa hidráulica donde se acomodan en unos moldes de

1m x 1m para la vulcanización y obtención de láminas de caucho de calibre 6mm. Esta máquina se debe pre calentar y preparar para el proceso, luego se ponen en los moles las mezclas de caucho y se cierran los moldes, se pone en marcha la prensa, que calienta las muestras a una temperatura de entre 160°C – 170°C y aplica una presión de 2.600 psi por 8 minutos. Después, de un breve enfriamiento se dividen las láminas según especificaciones del cliente y se lijan para un perfecto acabado. Más tarde, son llevadas a la zona de almacenaje de producto terminado donde se empacan, apilan, estiban o se organizan de manera que las láminas puedan ser transportadas hasta los clientes y entregadas según las especificaciones.

2.2.2. Estaciones de trabajo.

En el proceso anteriormente descrito se identificaron diez estaciones de trabajo productivo, teniendo en cuenta las actividades que se desarrollan en cada una y la importancia en el proceso de transformación de las materias primas para la obtención del producto final.

- Primera estación: Corte y dosificación. En esta estación se realiza la preparación de materias primas base del compuesto de caucho, donde los materiales son cortados, pesados y dosificados.
- Segunda estación: Mezclado. En esta estación se realiza el mezclado de las materias primas base del compuesto de caucho a fabricar en el Banbury.
- Tercera estación: Enfriamiento inicial (Molino). Esta estación consiste en el enfriamiento del material en el molino abierto.
- Cuarta estación: Secado. Esta estación consiste en llevarlos compuestos de caucho al lugar más fresco de la planta para su enfriamiento y secado.
- Quinta estación: Muestreo. En esta estación, se realiza una nueva mezcla de compuesto y se cortan los cuatro cuadrados para la posterior vulcanización.
- Sexta estación: Vulcanización de láminas. Esta estación corresponde al proceso realizado en la prensa hidráulica.
- Séptima estación: Secado de láminas. Corresponde al momento cuando se ponen a secar y enfriar las láminas de caucho, luego del proceso de vulcanizado.
- Octava estación: División de láminas. Esta operación consiste en dividir las láminas a diferentes calibres, dependiendo las especificaciones.
- Novena estación: Lijado de láminas. Esta operación se realiza un una lijadora de láminas, que permite mejorar el acabado de las láminas.
- Décima estación: Empaque de láminas. En esta estación se preparan las láminas para su posterior venta.

2.2.3. Medición de tiempos y movimientos en el proceso de producción.

Para la toma de los tiempos y movimientos del proceso de fabricación se realizó un estudio, para el cual se grabaron 10 veces las operaciones realizadas por los operarios en cada una de las estaciones de trabajo, y se cronometraron los tiempos de estas actividades, bajo la metodología de vuelta a cero.

A partir de esto se calcularon los tiempos promedio de las operaciones por estaciones de trabajo. Luego, según observaciones del mismo operario encargado de la estación y la apreciación personal sobre el desempeño de las actividades desarrolladas se asignó una valoración del ritmo, para de esta manera calcular los tiempos base (Ver Anexo A).

Además, a estos tiempos se le agregaron tiempos suplementarios, que se calcularon con ayuda de un aplicativo de estudio de tiempos dispuesto donde se evaluaba la postura, el uso de fuerza, la iluminación, tensión visual, ruido, entre otras (Salazar López, 2016), esta manera se establecieron tiempos estándar para las operaciones realizadas en cada estación de trabajo, por último se obtuvo un promedio de los tiempos del total de actividades desarrolladas en algunas estaciones de trabajo, para establecer un tiempo estándar por estación de trabajo, dado que algunas actividades son llevadas a cabo de manera simultánea por dos o más operarios.

- Primera estación: corte y dosificación se divide en 7 operaciones, se sumaron los tiempos de cada una de esas operaciones (35 minutos) y se dividieron en tres, que corresponde a los tres tipos de materias primas, a las cuales, se les realiza pesado y dosificado de manera simultánea, para sacar un promedio de 12 minutos por carga.
- Segunda estación: el mezclado es una operación que se realiza en el Banbury, para el cual está establecido que son 14 minutos por carga, teniendo en cuenta la preparación del mismo, el agregar los materiales y el mezclado.
- Tercera estación: el enfriamiento inicial en el molino, es una operación se demora en promedio 9 min por carga.
- Cuarta estación: el secado se realiza por un lote de aproximadamente 30 cargas y dura 1440 minutos por lo tanto por carga se distribuye el tiempo para las cargas y corresponde a 48 minutos por mezcla de caucho.
- Quinta estación: el muestro es una operación que demora 20 minutos de pesaje y selección para 4 cargas, 10 minutos de mezcla y 5 minutos de corte en láminas de 1m x 1m que pese 8kg cada una, es decir 20 min por carga.
- Sexta estación: la operación de vulcanizado de las 4 láminas en la prensa hidráulica se demora 8 min por carga.
- Séptima estación: es una operación en la cual se realiza el secado de 1 carga dividida en 4 láminas, lo que corresponde a 240 minutos de operación.

- Octava estación: la división de las láminas en la máquina dividor, tiene una tasa de corte de 120 láminas por hora, por lo que para 4 láminas que corresponde a una carga sería de 2min.
- Novena estación: el lijado de las láminas en la máquina lijadora, tiene una tasa de lijado de 60 láminas por hora, por lo que para 4 láminas que corresponde a una carga sería de 4 min.
- Decima estación: el empaque de las láminas según pedido del cliente, se lleva a cabo en 1 hora para 60 láminas, por lo tanto para una carga que corresponde a 4 láminas sería de 4 min.

A partir de estos tiempos, se estableció el diagrama de operaciones descrito anteriormente. Y para ampliar la comprensión y análisis del proceso de manera espacial dentro de la planta de producción, se generó un diagrama de recorrido y su respectivo flujograma, que describe en más detalle el flujo del proceso (Ver Figura 11 - Tabla 8).

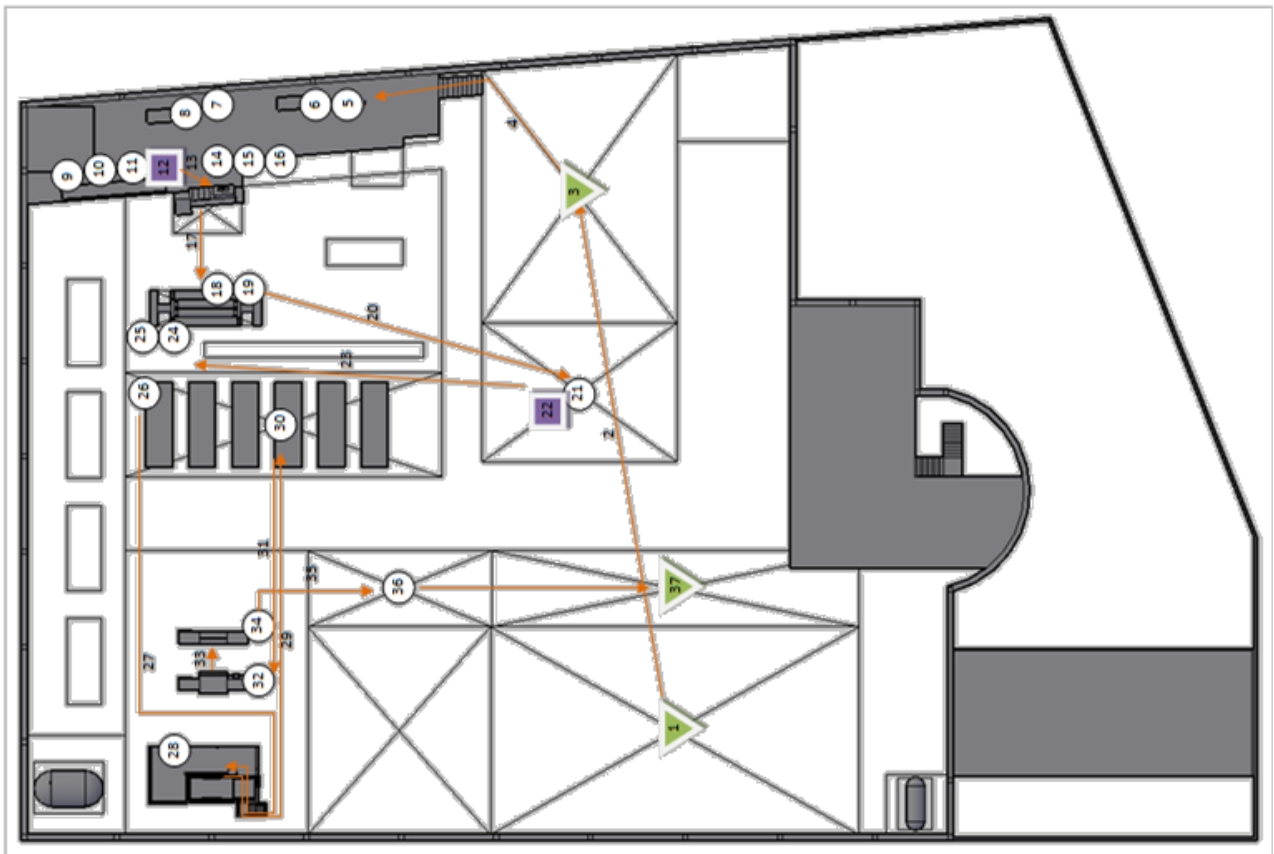


Figura 11. Diagrama de recorrido para la elaboración de láminas de caucho. Nota: Plano de la empresa. Escala 1:480. Fuente: El Autor.

Tabla 8

Flujograma para la elaboración de láminas de caucho.

LUGAR: Empresa Creaciones Medellín LTDA						RESUMEN		
						EVENTO		PRESENTE
PROCESO DE FABRICACIÓN: Lámina de compuesto negro de caucho						OPERACIÓN		21
						TRANSPORTE		11
06-Agosto-2016						ALMACENAMIENTO		3
ANALISTA: Briggith Briceño						RETRASOS		0
MÉTODO: PRESENTE						INSPECCIÓN		2
TIPO: MATERIAL						TIEMPO		1897
						DISTANCIA		220,6
DESCRIPCIÓN DE LOS EVENTOS	SÍMBOLOS					TIEMPO (MINUTOS)	DISTANCIA (METROS)	OBSERVACIONES
	O	→	D	□	Δ			
1 Zona de almacenamiento								
2 Hacia la zona de almacenamiento temporal						15	31,7	Se hace uso de montacargas
3 Almacenamiento temporal								
4 Hacia la zona de corte y dosificación de materiales						20	31,8	Los operarios los llevan hasta el altillo donde están estas estaciones
5 Cortar los materiales sólidos						6		Se hace uso de la guillotina
6 Pesar los materiales sólidos						3		Se hace uso de una balanza grande
7 Dosificar materiales sólidos						2		
8 Pesar las porciones de materiales en polvo						8		Se hace uso de una balanza pequeña
9 Dosificar los materiales en polvo						3		
10 Pesar los aceites						3		Se hace uso de una balanza mediana
11 Dosificar de los aceites						10		
12 Inspeccionar las cantidades						10		Se realiza por muestreo aleatorio
13 Llevar las porciones al Banbury						5	5,2	Los operarios llevan los materiales según el Banbury los requiera
14 Preparar el Banbury						2		
15 Agregar los ingredientes al Banbury						4		Se tiene un orden específico
16 Mezclar las materias primas en el Banbury						8		
17 Transportar desde el Banbury al Molino abierto						2	4,3	Por medio de una banda transportadora el Banbury lo descarga en el molino abierto
18 Mezclar y enfriar en el molino abierto						8		
19 Agregar acelerantes y vulcanizantes						1		Durante el enfriamiento en el molino abierto
20 Llevar hasta la zona de Reposo						5	20,4	Se le agrega antiadherente antes de ser llevada
21 Reposar						1440		El material de cuelga en

								zorras en donde caben 30cargas
22 Inspección de calidad						10		
23 Llevar hasta el molino abierto						5	20,4	En las zorras
24 Tomar 1 porción de 4 muestras						20		
25 Mezclar en el molino						10		
26 Cortar láminas						5		Según moldes de la prensa hidráulica y se le hace una seña para identificar la horizontalidad de las propiedades del caucho
27 Llevar las láminas a la prensa hidráulica						10	32,1	Las transporta un operario
28 Vulcanizar las laminas						8		
29 Llevar a zona de reposo						3	27,3	
30 Reposo y enfriamiento de las láminas						240		Se dejan enfriar sobre mesas
31 Llevar las láminas a la Divididora						8	19,2	Las transporta un operario
32 Dividir las láminas						2		Según especificaciones del cliente
33 Llevar las láminas a la Lijadora						3	2,7	Las transporta un operario
34 Lijar las láminas						4		Según especificaciones del cliente
35 Llevar las láminas a zona de empaque						5	10,5	Las transporta un operario
36 Empacar las láminas						4		
37 Llevar las láminas a zona de producto terminado						5	15	Se transportan con montacargas

Fuente: El Autor.

3. Recursos

3.1. Maquinaria.

En cada una de las estaciones se usan máquinas diferentes, para su caracterización se realizaron las respectivas fichas técnicas de cada una (Ver Anexo B), además a continuación se presenta una breve descripción de las maquinas usadas por estación de trabajo.

- Primera estación: Corte y dosificación. Para esta operación se usa actualmente una guillotina para corte de caucho y tres balanzas de precisión para pesado y dosificación de materias primas.
- Segunda estación: Mezclado. Para esta operación se utiliza un Banbury con capacidad de 32 L y en algunas ocasiones, dependiendo del volumen de producción se hace uso adicional de un Banbury de capacidad para 14 L.
- Tercera estación: Enfriamiento inicial (Molino). Esta operación se realiza en un molino abierto de 150 cm de longitud de sus rodillos, luego de ser trasladada en una banda transportadora desde el Banbury.
- Cuarta estación: Secado. En esta estación las láminas que salen del molino se cuelgan en unas zorras, por lo tanto no hay una máquina que intervenga en esta estación.

- Quinta estación: Muestreo. Para esta operación se tienen dos molinos abiertos donde se puede hacer la mezcla de las cargas, uno de 110 y otro de 150 de longitud de los rodillos.
- Sexta estación: Vulcanización de láminas. En esta estación se tiene una prensa hidráulica Capelli, donde se vulcaniza las láminas de caucho a diferentes temperaturas y presiones, dependiendo de los requerimientos de la mezcla.
- Séptima estación: Secado de láminas. Luego de ser vulcanizadas se dejan sobre unas mesas para el enfriamiento, por lo tanto no hay una máquina que intervenga en el proceso
- Octava estación: División de láminas. Esta estación usa una máquina divididora de láminas Fecken – Kirfel, que tiene una tasa de 120 láminas por hora.
- Novena estación: Lijado de láminas. En esta estación se hace uso de una lijadora de láminas Iplag, que tiene una tasa de 60 láminas por hora.
- Décima estación: Empaque de láminas. Esta operación es llevada a cabo por el personal y no requiere de maquinaria.

3.2. Descripción de capacidades.

Para calcular la capacidad disponible de la empresa se tuvo en cuenta que la empresa Creaciones Medellín Ltda., trabaja en una jornada de 9 horas donde, se tienen 10 minutos de descanso a las 10 de la mañana, 1 hora de almuerzo a la 1 de la tarde y 20 minutos de para realizar el aseo en las zonas productivas al final de la jornada, lo que significa que se trabajan 7,50 horas al día.

3.2.1. Banbury.

El Banbury, es la máquina que marca el ritmo de la producción de compuestos de caucho. Dado que en sí, es la máquina que fabrica los diferentes compuestos de caucho, en ella se mezclan todos los ingredientes de la fórmula a altas temperaturas y sale el compuesto, o la materia prima principal, con la que se fabrican los diferentes productos.

En la empresa actualmente se tienen dos máquinas, que para efecto del producto analizado, la primera tiene una tasa de 15 kilos de compuesto cada 8 segundos y la segunda una tasa de 34 kilos de compuesto cada 8 segundos.

De esta manera, el Banbury de 14 litros, durante una jornada laboral puede procesar 34 mezclas de 15 kilos lo que equivale a 510 kilos de compuesto. Sin embargo, teniendo en cuenta el flujo del material, esta máquina tiene un factor de desperdicio del 2%, que equivale a 10,2 kilos de material, es decir, produce un total de 499,8 kilos diarios.

El Banbury de 32 litros, durante una jornada laboral puede procesar 34 mezclas de 34 kilos lo que equivale a 1156 kilos de compuesto. Sin embargo, teniendo en cuenta el flujo del material, esta máquina tiene un factor de desperdicio del 2%, que equivale a 23,12 kilos de material, es decir, produce un total de 1132,88 kilos diarios.

3.2.2. Prensa Hidráulica.

La prensa hidráulica, es la máquina que marca el ritmo de la producción de láminas de compuesto de caucho. Está máquina durante una jornada laboral puede procesar 56,25 cargas de 32 kilos, menos el factor de rendimiento de la máquina que es del 0,9, es decir, que puede procesar un total de 50 cargas o 200 láminas de caucho diarias.

Sin embargo, si se tiene en cuenta que durante un día, solo se elaboran 1132,88 kilos de compuesto, solo se pueden vulcanizar 35 cargas o 140 láminas de caucho diarias.

3.3. Mano de obra.

La empresa actualmente cuenta con una cantidad de mano de obra variable, que depende del volumen de producción de la empresa, sin embargo, hay 8 empleados que llevan bastante tiempo trabajando en la empresa y se han capacitado como un fuerza de trabajo polivalente y están en la capacidad de desarrollar todas las actividades del proceso de fabricación.

Generalmente, se distribuyen uno por cada estación de trabajo, sin embargo, en ocasiones donde se necesita dejar material listo para otro día o adelantar trabajo atrasado se agrupan dos o más operarios para aumentar la velocidad de las operaciones.

3.4. Materias primas.

Cada uno de los productos finales de caucho está compuesto por ciertos tipos de materiales como se describió anteriormente en la sección 1.2.1. Estos varían dependiendo de las características que se quieran tener en el producto final, para esto, se realizan formulas, diseño de experimentos, pruebas y análisis con el propósito de establecer las cantidades necesarias se cada uno. Como por ejemplo las dos siguientes formulas químicas, la primera es para un compuesto negro para suela de zapato (véase Figura12a), y la segunda para la elaboración de láminas de caucho para el preformado se remontes de suela de zapatos (véase Figura 12b).

a.

Materia Prima	Referencia	Cantidad (g)
SBR 1502		8500
Buna 1280		5000
Estireno 6360		1800
Natural		1700
Colofonia		370
Silica		10200
Silano		100
Nitrógeno		4300
Oxido zinc		320
Acido esteárico		120
Palletilengico I		300
Antioxidante SP		260
Negro Homb		520
TOTAL		33760

b.

Materia Prima	Referencia	Cantidad (g)
Resina 1502		6900
SBR 1502		5100
Natural laminado		1200
Estireno 6360		1900
Buna 1280		2300
Colofonia		1200
Silica		8200
Silano		120
Palletilengico I		340
Oxido zinc		150
Acido esteárico		170
Negro Homb		240
Antioxidante SP		170

Figura 12. Fórmulas de compuesto de caucho. Nota: Tomadas por el autor de los archivos de Empresa Creaciones Medellín Ltda.

Dada la complejidad de los productos que se realizan en la empresa, que es por proyectos, y teniendo en cuenta que muchas de las formulas elaboradas no se vuelven a producir en la empresa, se usó una formula general para la fabricación de 34 kg de compuesto para lámina de caucho.

Tabla 9

Requerimientos de materias primas por carga.

Compuesto	Cantidad (Kg)
Caucho SBR 1502	12,00
Resina E-260	2,00
Homogenizante40MS	0,50
Óxido de Zinc	0,20
Ácido esteárico	0,10
Antioxidante TMQ	0,10
Sílica	8,00
Negro de Humo	0,20
PEG 6000	0,50
Ácido benzoico	0,40
Aceite aromático	3,00
Polvillo de caucho	7,00
MBTS	0,21
MBT	0,08
TMTD	0,04
Azufre	0,35

Fuente: Empresa Creaciones Medellín Ltda.

3.4.1. Flujo de materiales.

El proceso fabricación de compuestos de caucho mezcla en sí mismo los tres procesos de flujo de materiales, dado que se tienen procesos físicos, como cortes de material, dosificado y lijado; procesos de mezcla, en el caso de la unión de los compuestos en el Banbury y procesos químicos, dado que cada compuesto le agrega unas propiedades al compuesto como resistencia, durabilidad, impermeabilidad entre otras.

Sin embargo, la fabricación de caucho se toma desde una perspectiva de receta, en donde solo intervienen procesos de mezcla y físicos; dejando a un lado ese fundamento matemático de identificación por medio de reacciones químicas los resultados que se van a tener en el compuesto, sin embargo si se tiene en cuenta de manera general las propiedades que generan cada uno de estos.



Figura 13. Eficiencia de las estaciones productivas en el proceso. Fuente: El Autor.

- Del área de materias primas a la primera estación, corte y dosificado de materias primas, es transportado todo el material requerido, por lo tanto, al proceso le entra el 100% del material.
- Durante la primera estación, no hay pérdidas de eficiencia de los materiales dado que solo se pesan y dosifican las materias primas, por lo tanto pasa el 100% del material.

- Durante la segunda estación, en el proceso de mezcla en el Banbury, a pesar de ser una mezcla se sabe que el material tiene en total una eficiencia del 98%, donde se pierde humedad, producto en polvo y químicos por su volatilidad. Por lo tanto, para una carga de 34 Kg la cantidad de material que pasa a la siguiente estación es de 33.32 Kg.
- Durante la tercera estación, enfriamiento inicial, se le agregan otros componentes para compensar las pérdidas de la estación anterior, y preparar la mezcla para la vulcanización, por lo que de esta estación pasa a la siguiente 34Kg, nuevamente.
- En la cuarta estación, Secado, y la quinta estación, Muestreo, no se pierde eficiencia del material por lo tanto a la estación 6, Vulcanización, pasan 34 Kg.
- En la sexta estación de Vulcanización, al ejercer la presión y calentar el material, este se dilata y se distribuye en el molde; sin embargo, quedan unas rebabas de material en las láminas que salen de la prensa, las cuales representan un 0,15% del material total, de tal manera, a la estación 7, Secado e enfriamiento, pasa un total de 33.949 Kg en forma de cuatro láminas de 6mm de grosor.
- En la séptima estación, Secado e enfriamiento, y en la octava estación, división de las láminas, la eficiencia del material es del 100% por lo tanto a la novena estación, lijado de láminas, pasan 33.949 Kg.
- En la novena estación, lijado de las láminas, se pierde aproximadamente el 0,46% así que pasa a la décima estación, empaque, solo 33.793 kg de compuesto de caucho.

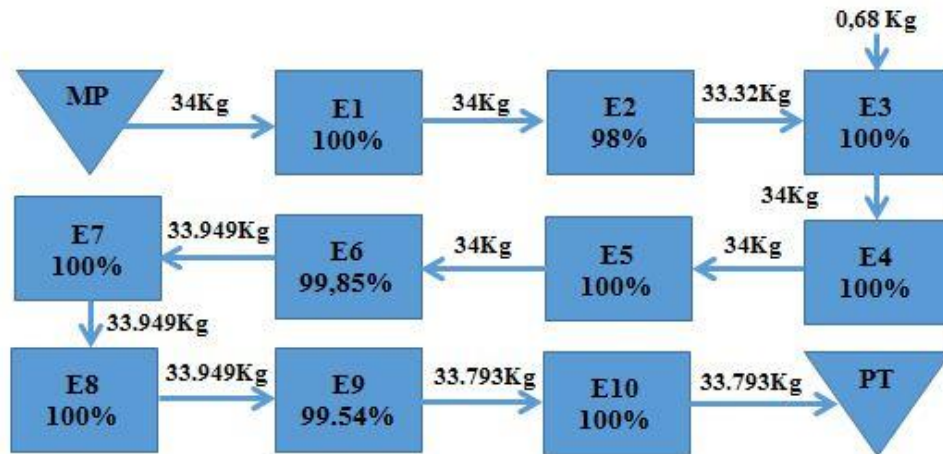


Figura 14. Eficiencia de las materias primas por el proceso. Fuente: El Autor.

A partir de la cantidad inicial que entra al proceso, y la cantidad de material que sale del proceso se dice que el proceso en general trabaja con una eficiencia del 99,39%.

3.5. Descripción de áreas actuales.

Para realizar el cálculo de áreas de la empresa primero se estableció el área total del terreno donde está ubicada la empresa y el área que es utilizada en espacios productivos, es decir, la planta de producción. Luego se midieron las áreas productivas como: las áreas de las maquinas, y las complementarias al proceso como: de almacenamiento, de tratamiento de agua, entre otras; las áreas administrativas, como la oficina del ingeniero supervisor del proceso; y otras áreas complementarias como: el comedor, los baños y los vestidores.

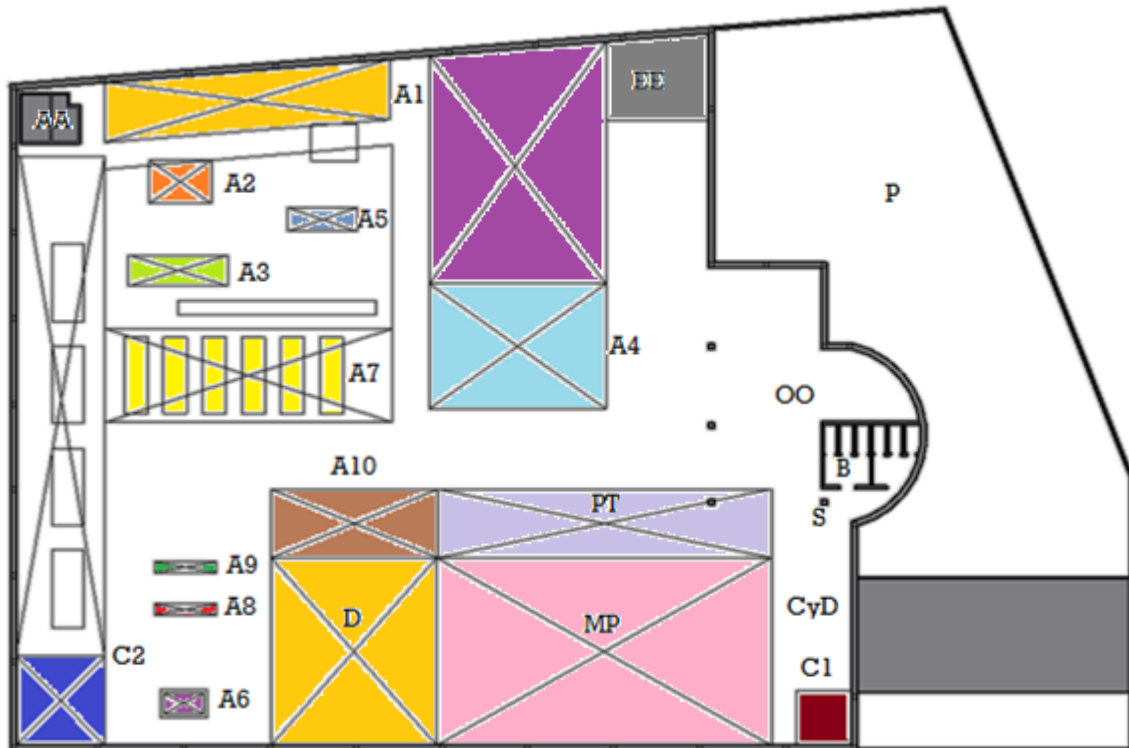


Figura 14. Áreas de la empresa Creaciones Medellín Ltda. Nota: Escala: 1:463. Fuente: El Autor.

Tabla 10

Lista de áreas en la planta de producción de Creaciones Medellín LTDA.

	Nombre del área
	Corte y dosificado
A1	Mesa de dosificación de sólidos Mesa de dosificación de polvos Mesa de dosificación de aceites
A2	Mezclado
A3	Enfriamiento
A4	Secado
A5	Muestreo
A6	Vulcanización
A7	Secado de láminas
A8	División de láminas
A9	Lijado de láminas
A10	Empaque

MP	Área de materias primas
D	Área de desperdicios
MPT	Área de materias primas temporal
PT	Área de producto terminado
C1	Área del compresor
C2	Área de la caldera
AA	Área de tratamiento de agua
EE	Área de la estación eléctrica
CyD	Área de carga y descarga
OO	Área de oficinas
P	Área de parqueadero
B	Área baños y vestier
S	Servicios varios y descanso

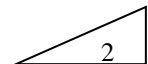
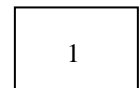
Fuente: El Autor.

3.5.1. Área disponible de infraestructura en la empresa.

El área total de la planta de producción, contiene áreas tanto de producción como de apoyo a la producción y a la empresa, tal y como se muestra en la Figura 15.

La infraestructura de la planta, por su ubicación no es totalmente cuadrada o de una forma rectangular, por el contrario posee un ángulo de apertura mayor a 90° en su costado derecho. De esta manera se establecieron 4 espacios básicos (Ver Figura 16) con los que se puede hallar el área total de la empresa:

- Un rectángulo base de 40,3 m de ancho por 58,2m de largo para un área total de $2345,46 \text{ m}^2$.
- Un triángulo en la parte derecha de la planta de 58,2 m de fondo o altura del triángulo y base 6,7 m para un área total de $194,97\text{m}^2$.
- Un triángulo en la parte frontal de la planta de una altura o largo de 30m y una base de 12m para un área total de 180 m^2 .
- Un rectángulo en la parte frontal de la planta de base 17,3 m por 12m para un área total de $207,6 \text{ m}^2$.



A partir de la sumatoria de las áreas anteriormente calculadas se halló el área total de la planta de producción asciende a 2.928 m^2 .

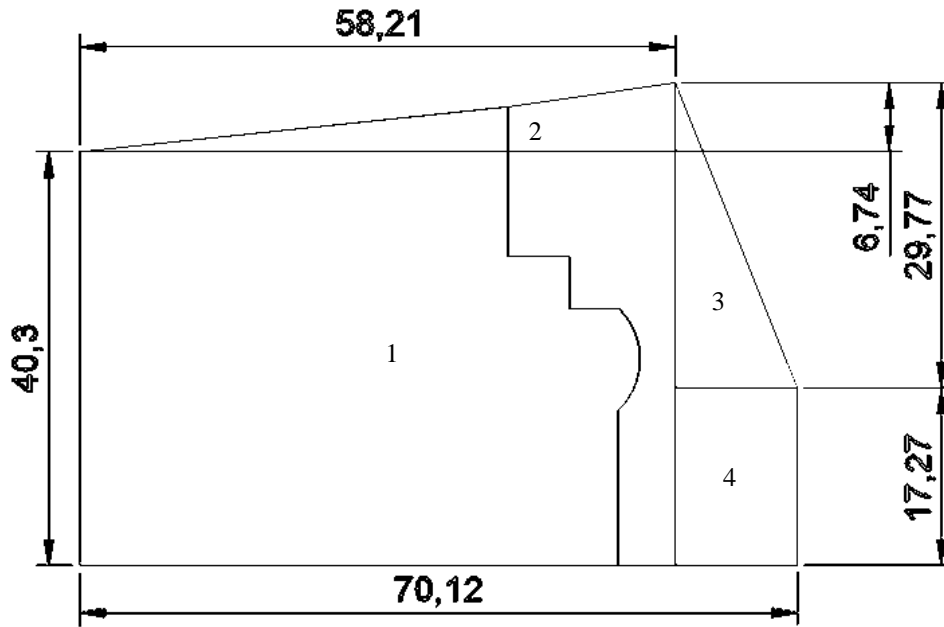


Figura 15. Plano de la planta con medida de exteriores. Nota: Escala: 1:733. Fuente: El Autor.

3.5.2. Área utilizada.

El área utilizada para la línea de producción y oficinas, se encuentra dentro de las instalaciones, por lo que se halló el área interior de la empresa, aunque por la forma de la parte frontal de la misma se debe dividir el área en diferentes espacios para calcularla:

- Un rectángulo en la parte izquierda de la planta con 52,6m de fondo o base y frente o altura de 30,1m para un área total de 1583,26m². 1
- Un rectángulo en la parte izquierda de la planta con 47,8m de fondo o base y frente o altura de 5m para un área total de 239m². 2
- Un rectángulo en la parte izquierda de la planta con 41,8m de fondo o base y frente o altura de 10,2m para un área total de 426,36m². 3
- Un triángulo en la parte derecha de la planta de 41,8m de fondo o altura del triángulo y base 4,4m para un área total de 91,96m². 4
- Una fracción de círculo de radio 7m y de longitud de arco de 11,14m para un área total de 14,48m². 5

A partir de la sumatoria de las áreas anteriormente calculadas se halló el área total utilizada de la empresa de 2355m².

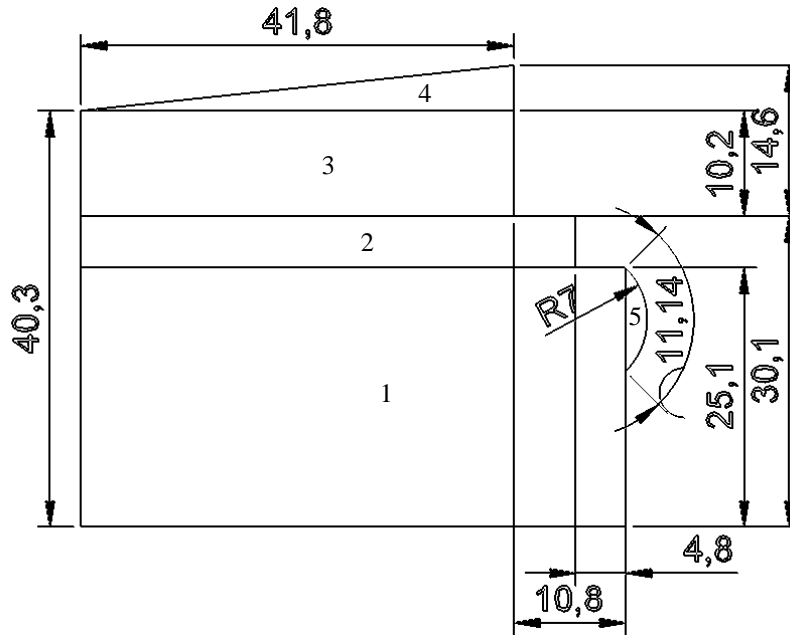


Figura 16. Plano de la planta con medidas interiores. Nota: Escala: 1:733.

Es decir, que el área utilizada por la empresa representa un 80,4% del área total del terreno de la empresa, dentro de esta área se encuentran los espacios productivos y los complementarios al proceso y de la empresa, tal y como se describen a continuación.

3.5.3. Área de maquinaria y estaciones de trabajo.

En las siguientes tablas se muestran las áreas productivas de la empresa, para las cuales se tuvo en cuenta las áreas de las máquinas y el área general que se tiene en cada una de las diez estaciones de trabajo.

Tabla 11

Área de las estaciones de trabajo.

		Área (m ²)
A1	Corte y dosificado (Mezzanine)	100
A2	Mezclado	18,6
A3	Enfriamiento	33
A4	Secado	90,4
A5	Muestreo	22,2
A6	Vulcanización	5,4
A7	Secado de láminas	100
A8	División de láminas	8,6
A9	Lijado de láminas	8,6
A10	Empaque (Área total)	46,84

Fuente: El Autor

Teniendo en cuenta que el área utilizada en la empresa es de 2.355m², el área asignada para las estaciones de trabajo productivas, o las estaciones del proceso de fabricación corresponden al 18,41% del área total utilizada.

Tabla 12
Área de las máquinas.

		Área (m ²)
	Corte y dosificado (Guillotina)	0,6
A1	Mesa de dosificación de sólidos	1,05
	Mesa de dosificación de polvos	2,8
	Mesa de dosificación de aceites	1,75
	Mezclado (Banbury32L)	10,36
A2	Mezclado (Banbury14L)	7,41
	Enfriamiento (Molino 150)	12
A3	Enfriamiento (Molino 150)	12
A5	Muestreo (Molino 110)	6,75
A6	Vulcanización (Prensa hidráulica)	3,25
A7	Secado de láminas (6 mesas)	45
A8	División de láminas (Divididora)	2,1
A9	Lijado de láminas (Lijadora)	2,8

Fuente: El Autor.

Dado que en la estación 4, secado, y en la estación 10, empaque, los procesos se realizan de manera manual y sin ayuda de máquinas o mesas, no se calculó área ocupada. Según la tabla anterior, las máquinas ocupan, actualmente, el 21,08% del área total de las estaciones de trabajo, y el 47,88% restante, corresponde al área de trabajo de los operarios para la manipulación de las máquinas y la disposición de herramientas adicionales al proceso.

3.5.4. Áreas complementarias del proceso productivo.

Además de las 10 áreas mostradas anteriormente que representan el proceso productivo de la empresa por estaciones de trabajo, se tienen 9 áreas adicionales que son necesarias para que el proceso de fabricación se lleve a cabo.

Tabla 13
Áreas de apoyo al proceso productivo.

	Área (m ²)
Área de materias primas MP	323,7
Área de desperdicios D	172,91
Área de materias primas temporal MPT	175,037
Área de producto terminado PT	84,8
Área del compresor C1	3,6
Área de la caldera C2	12
Área de tratamiento de agua AA	16
Área de la estación eléctrica EE	33
Área de carga y descarga CyD	47

Fuente: El Autor.

Según la tabla anterior, el total de las áreas complementarias del proceso productivo corresponde al 36,86% del área total utilizada por la empresa.

3.5.5. Áreas complementarias de la empresa.

En la empresa, se debe tener en cuenta que trabajan personas, con ciertas necesidades, y que deben existir espacios en la planta que suplan las necesidades básicas. En la siguiente tabla se muestran las áreas de tres zonas que están al servicio de los empleados para su bienestar.

Tabla 14

Áreas complementares de la empresa.

	Área (m ²)
Área de parqueadero P	320
Área baños y vestier B	24
Área de oficinas OO	126,8
Servicios varios y descanso S	24

Fuente: El Autor.

Según la tabla anterior, el total de las áreas complementarias de la empresa dedicadas a los empleados, corresponde al 21,01% del área total utilizada por la empresa.

Tabla 15

Resumen de áreas de la empresa.

	Área (m ²)	%
Área de las estaciones de trabajo	433,64	18,41
Áreas de apoyo al proceso productivo	868,05	36,86
Áreas complementares de la empresa	494,80	21,01
Área de pasillos y escaleras	558,51	23,72
Total área utilizada	2.355	100

Fuente: El Autor.

De esta manera, tiene distribuida actualmente el área total utilizada, la empresa Creaciones Medellín Ltda.

4. Conclusiones

La empresa Creaciones Medellín Ltda., utiliza un sistema de producción unitario o individual, fabrica muchos tipos de productos en caucho, como bandas transportadoras, suelas para zapatos, entre otras. Sin embargo, por las características del mercado, se están enfocando en la elaboración de láminas de caucho de diferentes tonalidades, para su posterior troquelado. Cada producto fabricado en la empresa pasa por exactamente las mismas 10 estaciones de trabajo y sus variaciones se encuentran en la fórmula, es decir, tipos de materiales y cantidades usadas de cada uno de ellos en el producto.

La planta de producción de la empresa, cuenta con un área total de 2.345,46 m², de la cual el área asignada al proceso productivo ocupa el 18,41% del área utilizada de la empresa, dicho proceso tiene una eficiencia de materiales del 99,39%, demora 1.897 min, y durante el, se recorren 220,6 m de distancia.

En este capítulo se determinaron la demanda, las capacidades y los recursos necesarios para la empresa Creaciones Medellín Ltda., durante el año 2017, teniendo en cuenta los históricos de las ventas.

- Primero, se realizaron las proyecciones de la demanda para el año 2017, a partir de los datos históricos de las ventas, por medio de modelos de pronósticos de series de tiempos.
- Luego se calcula, a partir de los pronósticos de la demanda, la capacidad requerida de la empresa.
- Por último, se describen los recursos necesarios para llevar a cabo el proceso de fabricación: maquinaria, mano de obra, materias primas y áreas productivas y complementarias.

1. Proyección De La Demanda

Dado que el proyecto se proyectó para los siguientes años, se requiere conocer las proyecciones de ventas que tienen la empresa Creaciones Medellín Ltda., como punto de partida para estimar los recursos necesarios del proyecto.

1.1. Históricos de la demanda.

El producto analizado, lámina de caucho color negro, se comenzó a vender a principios del año 2015, siendo este un producto nuevo en el mercado que está pasando de la etapa de introducción a la etapa de crecimiento, dentro de su ciclo de vida en el mercado.

Tabla 16

Datos históricos de la demanda de la lámina de caucho.

	2015	2016
Enero	-	540
Febrero	-	650
Marzo	620	1250
Abril	870	1650
Mayo	1070	1600
Junio	1050	1510
Julio	760	800
Agosto	720	860
Septiembre	1450	1020
Octubre	1480	-
Noviembre	1220	-
Diciembre	360	-

Fuente: Empresa Creaciones Medellín Ltda.

1.2. Pronósticos de la demanda.

Para el cálculo de los respectivos pronósticos para los últimos tres meses del año 2016 y los del año 2017, fue necesario analizar, en un primer momento, la muestra de 19 datos históricos. A partir de ese análisis se aplicó el modelo de pronóstico más acorde a los datos y se prosiguió a evaluar las predicciones por medio de la señal de rastreo.

1.2.1. Análisis de la muestra.

Dada la poca cantidad de datos para evaluar con un alto grado de certeza, si existe estacionalidad o ciclicidad, se evalúa como primera medida la aleatoriedad de los datos. A partir de los datos históricos de la demanda (Ver Tabla 15), se aplicó una prueba de rachas para determinar si los datos eran o no aleatorios. Donde se establece que:

H_0 : El conjunto de datos es aleatorio.

H_1 : El conjunto de datos no es aleatorio.

Si $\alpha \leq 0,05 \Rightarrow H_0$ se rechaza.

Prueba de rachas

	VAR00001
Valor de prueba ^a	1020,00
Casos < Valor de prueba	9
Casos >= Valor de prueba	10
Casos totales	19
Número de rachas	8
Z	-,935
Sig. asintótica (bilateral)	,350

a. Mediana

Figura 17. Resultados de la Prueba de rachas. Fuente: El Autor.

Dado que el nivel crítico (Significación asintótica bilateral = 0,350) es mayor que el nivel de significancia establecido de $\alpha = 0,05$, se acepta H_0 , lo que significa que el conjunto de datos es aleatorio.

Luego se verifico la correlación de los datos por medio de un análisis de autocorrelación y de autocorrelación parcial. Esto nos permite saber si existen correlaciones entre los datos en el tiempo t y el tiempo $t-1$, $t-2$ hasta $t-k$.

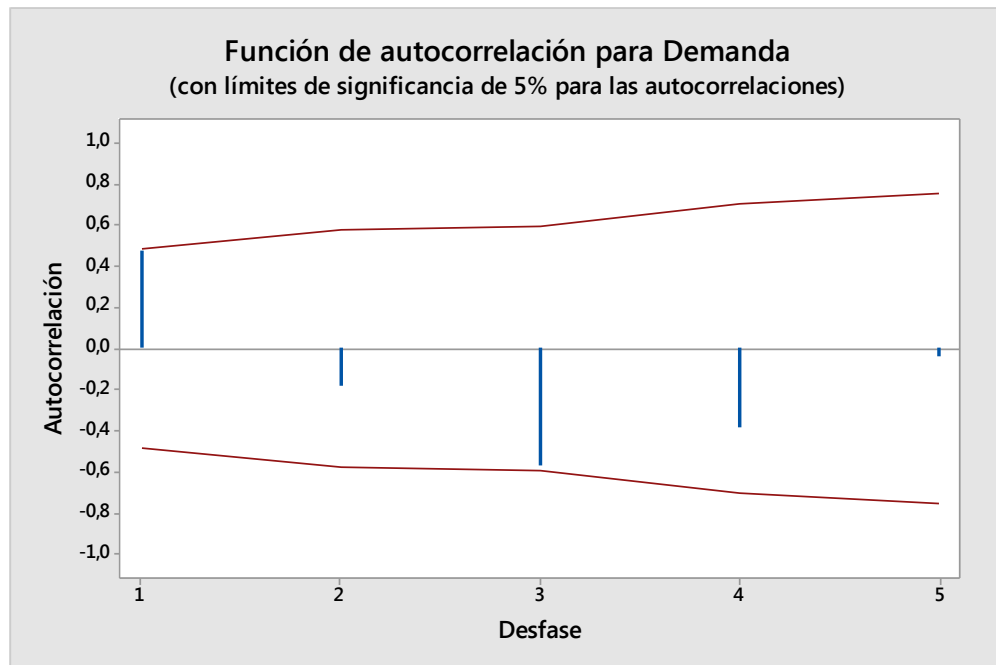


Figura 18. Gráfica de autocorrelación para los datos de la Demanda. Fuente: El Autor.

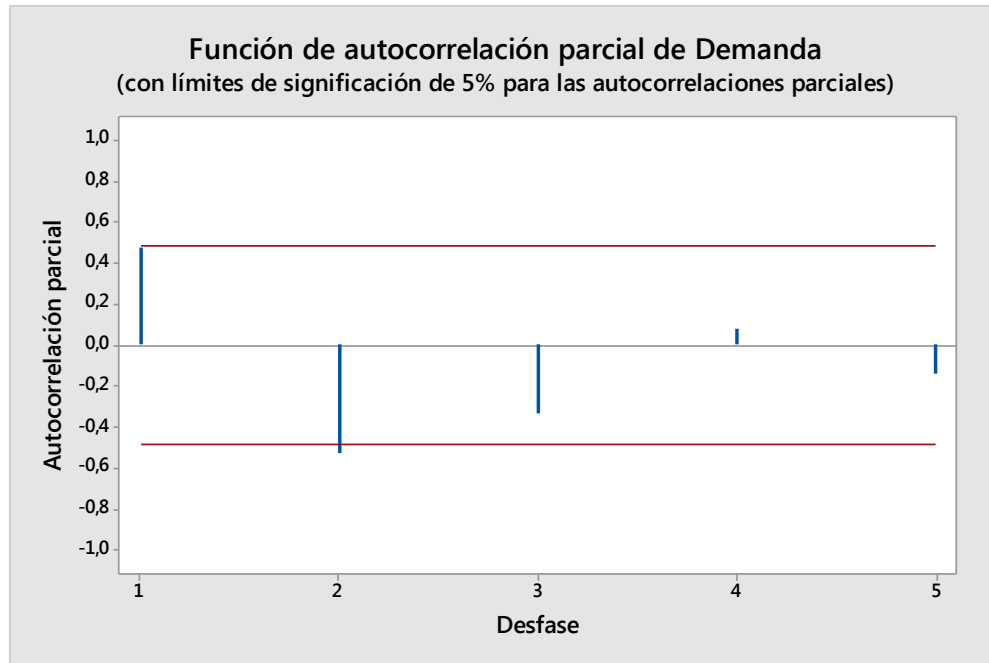


Figura 19. Gráfica de autocorrelación parcial para los datos de la Demanda. Fuente: El autor.

Dado que existen líneas de proyección (líneas verticales) que se extienden más allá de los límites de significancia (líneas rojas) indican que existe una correlación entre los puntos con un desfase de uno y dos períodos en el tiempo.

Dada la poca cantidad de datos históricos, la aleatoriedad y la correlación entre los datos, la mejor opción es usar el modelado de series de tiempo auto regresivo y en particular el enfoque ARIMA (promedio móvil integrado auto regresivo).

1.2.2. Aplicación del método de pronóstico.

El método ARIMA hace uso de los datos del pasado reciente o más distante para modelar los datos existentes, así como para hacer predicciones adecuadas del comportamiento futuro. El objetivo es identificar un modelo subyacente que explique el cambio en el proceso. Cualquier punto que se desvíe de este comportamiento pronosticado podría considerarse una causa especial, puesto que no sigue los movimientos generales de los datos (Thirion & Collis, 2016).

A partir de las gráficas de autocorrelación (Ver Figura 19 y 20), se observa una función de autocorrelación con un patrón sinusoidal (similar a una onda sinusoidal) y picos para los desfases del 1 al 3, lo que sugiere un modelo autor regresivo de orden 3, es decir, un AR(3). El comportamiento sinusoidal en la función de autocorrelación parcial y los picos hasta el desfase 2 sugieren un modelo de promedio móvil de orden 2, es decir, un MA (2). El modelado de series de tiempo puede ser un proceso algo iterativo, o incluso impredecible (Thirion & Collis, 2016), pero estas gráficas sugieren que el modelo ARIMA (3,1,2) es una primera opción para comenzar a evaluar el proceso.

Cada parte del modelo ARIMA cumple una función en las predicciones que hace el modelo. La parte autorregresiva del modelo, predice el valor en el tiempo t teniendo en cuenta los valores previos de la serie en el tiempo $t-1$, $t-2$, etc. El promedio móvil utiliza valores residuales anteriores: las diferencias entre el valor real y el valor pronosticado basadas en el modelo en el tiempo t (Thirion & Collis, 2016).

```

Estimaciones finales de los parámetros

Tipo      Coef  SE Coef   T      P
AR 1      0,2331 0,3935   0,59  0,565
AR 2     -0,0934 0,3388  -0,28  0,788
AR 3     -0,7476 0,3134  -2,39  0,034
MA 1       0,7028 0,4838   1,45  0,172
MA 2       0,2220 0,5140   0,43  0,674
Constante 43,003  6,169   6,97  0,000

Diferenciación: 1 Diferencia regular
Número de observaciones: Serie original 19, después de diferenciar 18
Residuos:   SC = 928409 (se excluyeron pronósticos retrospectivos)
            MC = 77367  GL = 12

Estadística Chi-cuadrada modificada de Box-Pierce (Ljung-Box)

Desfase    12  24  36  48
Chi-cuadrada  9,6 * * *
GL           6 * * *
Valor p     0,141 * * *

```

Figura 20. Resultados del Modelo ARIMA (3, 1, 2). Fuente: El Autor.

Al evaluar el modelo ARIMA (3, 1, 2) el modelo arroja que los valores p sólo son significativos para el coeficiente de tercer orden de la parte autorregresiva del modelo y el coeficiente de primer orden de la parte de promedio móvil del modelo. Además, los estadísticos de chi-cuadrado de Ljung-Box, que evalúan la aleatoriedad general del modelo, sugieren que podría haber un efecto estacional al menos de orden 1.

Por lo tanto, se redefinido el modelo a un ARIMA (3, 1, 1) (1, 0,0)12. Donde el primer conjunto de paréntesis indica que los desfases de las partes autorregresiva (AR) e integrada (I) del modelo serán 3, mientras que el promedio móvil (MA) se basará en el desfase 1. El segundo conjunto de paréntesis indica el efecto estacional, que suponemos que sigue un período de 12, es decir, un ciclo anual, alrededor de AR (1).

```

Estimaciones finales de los parámetros

Tipo      Coef  SE Coef   T      P
AR 1      0,4000 0,2451   1,63  0,127
AR 2     -0,2062 0,2578  -0,80  0,438
AR 3     -0,6373 0,2556  -2,49  0,027
MA 1       0,9134 0,2285   4,00  0,002
Constante 37,511  6,811   5,51  0,000

Diferenciación: 1 Diferencia regular
Número de observaciones: Serie original 19, después de diferenciar 18
Residuos:   SC = 944307 (se excluyeron pronósticos retrospectivos)
            MC = 72639  GL = 13

Estadística Chi-cuadrada modificada de Box-Pierce (Ljung-Box)

Desfase    12  24  36  48
Chi-cuadrada  8,8 * * *
GL           7 * * *
Valor p     0,269 * * *

```

Figura 21. Resultados del Modelo ARIMA (3, 1, 2) (1, 0, 0) 12. Fuente: El Autor.

El coeficiente autorregresivo de tercer orden, el coeficiente estacional y el coeficiente de promedio móvil de primer orden son significativos en el nivel de significancia de 10%, lo que indica que este modelo podría ser eficiente. Por lo tanto los pronósticos para los siguientes 15 meses son los que se muestran en la Tabla 16.

Tabla 17

Datos pronosticados.

	2015	2016	2017
Enero	0	540	1263
Febrero	0	650	1044
Marzo	620	1250	1141
Abril	870	1650	1515
Mayo	1070	1600	1822
Junio	1050	1510	1842
Julio	760	800	1587
Agosto	720	860	1323
Septiembre	1450	1020	1294
Octubre	1480	1574	1537
Noviembre	1220	1762	1846
Diciembre	360	1658	1976
Total	9600	14874	18185

Fuente: El Autor.

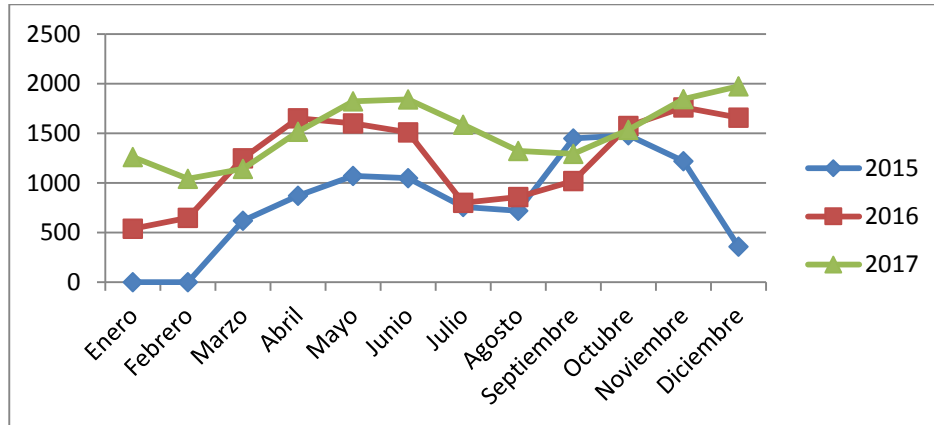


Figura 22. Gráfica de los datos históricos y los datos pronosticados. Fuente: El Autor.

1.2.3. Verificación de los pronósticos.

Es necesario verificar qué tan bien se ajusta el modelo a los valores originales. De manera gráfica se ilustra la serie de tiempo con respecto a los pronósticos del modelo de los mismos periodos.

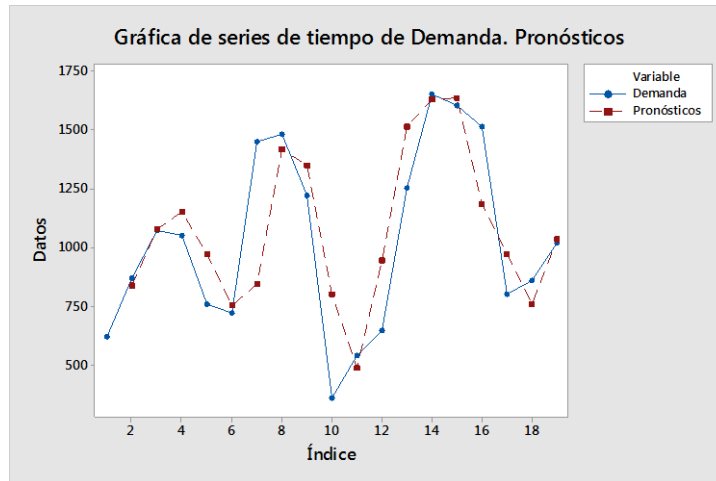


Figura 23 .Contraste entre los datos históricos de la demanda y los datos pronosticados por el modelo. Fuente: El Autor.

Se puede ver que los valores ajustados (en rojo) siguen de cerca los valores de los datos originales en el tiempo. Por último, de manera cuantitativa, se calculó la señal de rastreo para identificar la desviación media absoluta que el pronóstico está sobre o bajo la demanda real, dentro de unos límites de aceptación entre [-3, 3] MAD.

Tabla 18
Cálculos de la Señal de Rastreo.

	At	Ft	At-Ft	At-Ft	$\sum at-ft $	$\frac{(100* at-ft)}{at}$	$\frac{\sum(100* at-ft)}{at}$	at-ft	$\sum at-ft$	TS
	620									
1	870	837	33	33	33	3,793	3,793	33	33	1,000
2	1070	1075	-5	5	38	0,467	4,260	-5	28	0,737
3	1050	1152	-102	102	140	9,714	13,975	-102	-74	-0,529
4	760	972	-212	212	352	27,895	41,869	-212	-286	-0,813
5	720	752	-32	32	384	4,444	46,314	-32	-318	-0,828
6	1450	843	607	607	991	41,862	88,176	607	289	0,292
7	1480	1418	62	62	1053	4,189	92,365	62	351	0,333
8	1220	1348	-128	128	1181	10,492	102,857	-128	223	0,189
9	360	799	-439	439	1620	121,944	224,801	-439	-216	-0,133
10	540	489	51	51	1671	9,444	234,246	51	-165	-0,099
11	650	946	-296	296	1967	45,538	279,784	-296	-461	-0,234
12	1250	1513	-263	263	2230	21,040	300,824	-263	-724	-0,325
13	1650	1630	20	20	2250	1,212	302,036	20	-704	-0,313
14	1600	1635	-35	35	2285	2,188	304,224	-35	-739	-0,323
15	1510	1185	325	325	2610	21,523	325,747	325	-414	-0,159
16	800	970	-170	170	2780	21,250	346,997	-170	-584	-0,210
17	860	759	101	101	2881	11,744	358,741	101	-483	-0,168
18	1020	1033	-13	13	2894	1,275	360,016	-13	-496	-0,171
	Error		-496	MAD	160,778	MAPE	20,001%			

Fuente: El Autor.

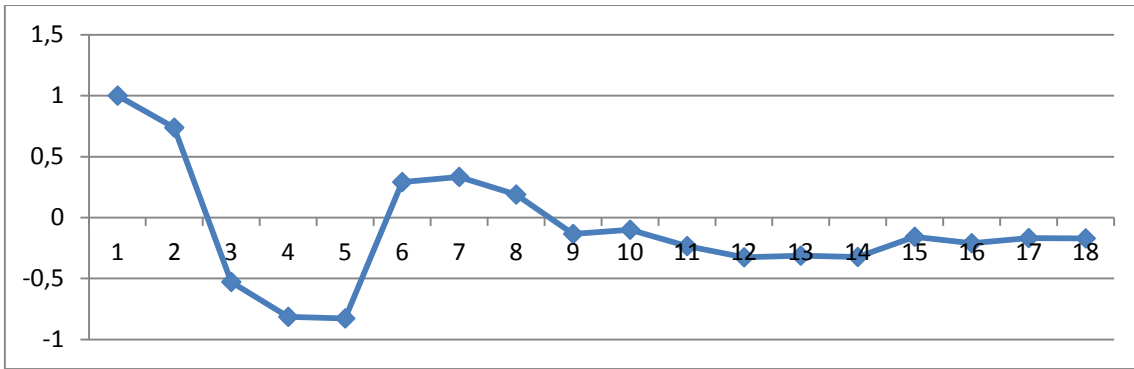


Figura 24. Representación gráfica de la Señal de Rastreo. Fuente: El Autor.

La señal de rastreo se encuentra desde los límites aceptables, por lo tanto se aceptó el modelo ARIMA (3, 1, 1) (1, 0,0)¹² como método de pronóstico para la serie de datos históricos de la demanda.

De esta manera, al aceptar el modelo ARIMA (3, 1, 1) (1, 0,0)¹² como un método confiable, se decidió usar los datos pronosticados (Ver Tabla 17) para realizar las proyecciones de la empresa y el cálculo de los recursos necesarios para el 2017.

2. Calculo De La Capacidad Necesaria Para La Proyección De La Demanda

Teniendo en cuenta los datos de la sección 3.4, del capítulo 3, tenemos las siguientes cifras que describen la capacidad disponible para los años 2015, 2016 y 2017.

Tabla 19

Calculo de la capacidad disponible.

	Días hábiles	Capacidad disponible (horas/año)	Producción disponible (Laminas /año)
2015	242	1.815	34.270
2016	246	1.845	34.837
2017	243	1.822,5	34.412

Fuente: El Autor.

Según los pronósticos de la demanda, la capacidad utilizada para la fabricación de las láminas en el año 2015, fue de 28,33% de la capacidad disponible de la planta; para los años 2016 y 2017 usaría el 43,19% y el 53,45% respectivamente. Esto debido a que se vendería el producto durante todos los meses del año y al darse a conocer en el mercado las ventas podrían aumentar y por tanto la capacidad requerida para su fabricación.

Tabla 20

Calculo de capacidad utilizada y requerida.

	Capacidad disponible (horas/año)	Producción requerida (Laminas/año)	Capacidad requerida (horas/año)	% de utilización
2015	1.815	9.600	514,28	28,33
2016	1.845	14.874	796,82	43,19
2017	1.822,5	18.185	974,20	53,45

Fuente: El Autor.

2.1. Capacidades por estación.

Según los tiempos calculados para cada operación y las estaciones descritas en la sección 2.2.2., del capítulo 3, y la cantidad de láminas de caucho que se deben fabricar, se calculó el porcentaje de utilización de la capacidad por estaciones para cada año.

Tabla 21

Tiempos por estaciones de trabajo.

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
Tiempos (horas)	0,2	0,23	0,15	0,08	0,33	0,13	1	0,033	0,066	0,066

Fuente: El autor.

En la estación 4 y estación 7 no se calcularon capacidades dado que son estaciones que funcionan las 24 horas, y no intervienen ni operarios ni maquinaria.

Tabla 22

Capacidad utilizada por estaciones de trabajo.

Tiempos (horas/año)	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
2015	480	560	360	-	800	320	-	80	160	160
2016	743,7	867,6	557,8	-	1239,5	495,8	-	123,9	247,9	247,9
2017	909,2	1060,8	681,9	-	1515,4	606,2	-	151,5	303,1	303,1

Fuente: El autor.

Teniendo en cuenta la capacidad disponible por año se calcula el porcentaje de utilización de la capacidad por estación, observando que la utilización va aumentando y que aún se podría fabricar más producto dado que no se una la capacidad al 100%.

Tabla 23

Porcentaje de utilización de la capacidad por estación de trabajo.

Porcentaje (%)	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
2015	26,45	30,85	19,83	-	44,08	17,63	-	4,41	8,82	8,82
2016	40,31	47,03	30,23	-	67,18	26,87	-	6,72	13,44	13,44
2017	49,89	58,21	37,42	-	83,15	33,26	-	8,32	16,63	16,63

Fuente: El autor.

3. Calculo De Recursos

Teniendo en cuenta que la producción de compuestos de caucho en el año 2017 va a aumentar en un 89,4 % con respecto al año 2015, se debe evaluar la cantidad de recursos necesarios para la producción de esta cantidad de productos: maquinaria, materias primas, operarios y áreas.

3.1. Maquinaria.

La empresa, quiere como objetivo mejorar el manejo de materiales, implementando un puente grúa que transporte algunas materias primas desde su recepción hasta unos silos donde sean almacenados y dosificados directamente al Banbury, para eliminar las operaciones que tienen que ver con la

manipulación de los materiales. De esta manera, se analizan por aparte las máquinas para el proceso de producción y las del manejo de materiales.

3.1.1. Maquinaria de producción.

En este aspecto se utiliza un método basado en el cálculo de número de máquinas por el método detallado, el cual requiere de la capacidad disponible de la maquinaria o equipo y del tiempo fondo máquina de acuerdo a la literatura en el tema (Hernandez & Woithe, 1986).

Para calcular el número de maquinaria necesaria para el año 2017, se calculó el tiempo fondo máquina, que es la capacidad disponible proyectada de una máquina a laborar en la planta, teniendo en cuenta las horas efectivas que trabajan los operarios y los tiempos de mantenimientos, calibración y limpieza a las máquinas durante el proceso, el cual se estimó que representa el 10% del tiempo total de trabajo.

$$TFM = \left[\left(\frac{243 \text{ días}}{\text{año}} - \frac{15 \text{ días vacaciones}}{\text{año}} \right) * \frac{7,50 \text{ horas}}{\text{día}} \right] - 10\% = 1539 \text{ horas/año}$$

Teniendo en cuenta los tiempos por estación para el año 2017 (Ver tabla 21), se dividió dicho tiempo en el tiempo fondo máquina, para saber el número de máquinas necesarias para hacerse cargo de la operación.

Tabla 24

Numero de máquinas necesarias por estaciones de trabajo.

Máquinas	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
2015	0,312	0,364	0,234	-	0,520	0,208	-	0,052	0,104	-
2016	0,483	0,564	0,362	-	0,805	0,322	-	0,081	0,161	-
2017	0,591	0,689	0,443	-	0,985	0,394	-	0,098	0,197	-

Fuente: El Autor.

Se encontró que la empresa requiere de mínimo una máquina para cada estación de trabajo, excepto la estaciones de secado (4, 7 y 10) debido que en estas no se usan máquinas para llevar a cabo las operaciones.

3.1.2. Maquinaria para el manejo de materiales.

La empresa Creaciones Medellín Ltda., ya tiene estimado para el transporte de materiales la implementación y utilización adicional de una máquina puente grúa para materias primas sólidas y en polvo y de válvulas externas para los aceites; y en cuanto a almacenamiento, el uso de silos para las materias primas en polvo y aceites. Las respectivas fichas técnicas de cada una se pueden verificar en el Anexo C, a continuación se realiza una descripción de cada equipo a utilizarse por medio de la clasificación de equipos de transporte y almacenamiento de materiales.

3.1.2.1. Equipos para el transporte de materiales.

Durante el proceso de recepción de materias primas, se definió que tras la verificación de las entregas se transportará el material desde la zona de cargue y descargue hasta el puente grúa por medio de un montacargas, transpaleta manual o carretillas zorra, dependiendo de la forma en que los materiales sean

entregados. El puente grúa transportaría el material hasta depositarlo en silos, que más tarde teniendo en cuenta la fórmula del material depositarían la cantidad necesaria de cada material al Banbury.

El montacargas, las transpaletas manuales y las carretillas zorra son equipos de transporte terrestre de mercancías, sin embargo, el montacargas tiene la capacidad de soportar peso, que una persona no puede tolerar, lo cual simplifica el movimiento, traslado y orden de las mercancías, además tiene la posibilidad de remolcar, empujar, apilar, subir o bajar distintos objetos y elementos de alturas que un operario generalmente no alcanzaría, gracias a su sistema de funcionamiento con dos pesos que se contraponen entre sí en lados opuestos de un punto de giro: las ruedas delanteras, la carga que transporta se balancea por un centro de gravedad que balancea en todas las direcciones, éste determina su estabilidad (Revoluciones industriales, 2015)(Ver Anexo C).

Por otro lado, la transpaleta está formada por una horquilla de dos brazos paralelos y horizontales unidos a un cabezal donde se sitúan las ruedas, generalmente permiten cargar desde 1 a 3 toneladas de peso y elevar mercancías hasta unos 80 cm del suelo, esto dependiendo del equipo que se tenga (Ver Anexo C). Sin embargo, el equipo utilizado para el transporte de las materias primas depende de la forma en la que sean entregadas, dado que si solo se necesita el transporte de cajas unitarias, se usaría una carretilla zorra para facilitar el trabajo a los operarios (Ver Anexo C).

El puente grúa, como su nombre lo indica, semeja un puente que cubre un área de trabajo. Dicho puente se moviliza sobre unos rieles que le permiten abarcar un área grande, de esta manera, al combinarse con un montacargas proporciona opciones de desplazamiento tridimensional (Tompkins J. A., White, Bozer, & Tanchoco, 2011)(Ver Anexo C).

Para los aceites, se construirá un sistema de tuberías y una válvula externa, que transporte los aceites desde la entrada de la empresa, en la zona de cargue y descargue, hasta los silos respectivos dentro de la empresa.

Luego del Banbury, el material pasaría a una pala, que consiste en una cuchara cuadrada que tiene la capacidad de contener una carga de caucho, instalada sobre rieles que llevaría el material al molino abierto, gracias a la rotación de una cadena impulsada por un motor(Ver Anexo C); de este, los compuestos de caucho, que salen aplanados por el molino, se colgarán sobre carretillas plataforma dotadas con barras dispuestas para colgar el material, de tal manera que el aire pase entre los compuestos, y se transportará para su posterior secado, muestreo y vulcanizado. En las últimas operaciones los transportes serán llevados a cabo por operarios.

3.1.2.2. Equipos para el almacenamiento de materiales.

El almacenamiento en silos sería para todas las materias primas excepto las sólidas como los cauchos dado que estas requieren de una operación de corte para ser dosificada. Dado que las zonas de dosificado

de materias primas en polvo y de aceites se removería, quedaría espacio sobre el mezzanine para realizar el almacenamiento de las materias primas solidas seguidas de la zona de dosificación de las mismas.

Los silos de almacenamiento y dosificación, está formados por un tubo cilíndrico en la parte superior de diámetro que depende de la capacidad del mismo, una parte inferior cónica para facilitar la descarga del producto y una válvula de guillotina o mariposa para la descarga manual o en un futuro posiblemente automática (Maquinaria Pulvex , 2014)(Ver Anexo C).

Las materias primas solidas vienen debidamente paletizadas y serían puestas por el puente grúa sobre el mezzanine, por lo que no requeriría de estanterías para su almacenamiento.

3.2. Operarios.

En este aspecto se utiliza un método basado en el cálculo de la fuerza de trabajo mediante normativas, para el cual se parte de los gastos de tiempo necesarios para llevar a cabo el programa de producción y se analiza según disponibilidad de tiempo de los operarios de acuerdo a la literatura en el tema (Hernandez & Woithe, 1986).

Para calcular el número de operarios a futuro se calculó el tiempo fondo operario, que es el total que el operario está dedicado a las labores productivas del proceso, sin tener en cuenta los domingos, sábados, festivos, vacaciones y demás ausencias en el proceso, las cuales se estimaron como el 8% del tiempo total de trabajo.

$$TFO = \left[\left(\frac{243 \text{ días}}{\text{año}} - \frac{15 \text{ días vacaciones}}{\text{año}} \right) * \frac{7,50 \text{ horas}}{\text{día}} \right] - 8\% = 1573,2 \text{ horas/año}$$

Teniendo en cuenta los tiempos por estación para el año 2017 (Ver tabla 21), se dividió dicho tiempo en el tiempo fondo operario, para saber si un solo operario se puede hacer cargo de la operación o requiere de más.

Tabla 25

Operarios por estaciones de trabajo.

Personas	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
2015	0,305	0,356	0,229	-	0,509	0,203	-	0,051	0,102	0,102
2016	0,473	0,551	0,355	-	0,788	0,315	-	0,079	0,158	0,158
2017	0,578	0,674	0,433	-	0,963	0,385	-	0,096	0,193	0,193

Fuente: El Autor.

Se encontró que la empresa requiere de mínimo un operario para cada estación de trabajo, excepto la estaciones de secado (4 y 7) debido que estas se realizan al aire libre, por lo que, el operario no realizaría ninguna función en la operación.

3.3. Materias primas.

Para lograr alcanzar la proyección de demanda de 18.185 láminas que se fabricarán en el 2017, cada una con un peso de 8 kg, se puede estimar que se requieren 145.480 kg de compuesto de caucho. Además,

como el proceso tiene una eficiencia de 99,39%, se estima que en total se deben fabricar 146.404 kg de compuesto de caucho.

Tabla 26

Requerimiento de materias primas para el año 2017.

Compuesto	Cantidad (kg)
Caucho SBR 1502	51.672
Resina E-260	8.612
Homogenizante40MS	2.153
Óxido de Zinc	861,2
Ácido esteárico	430,6
Antioxidante TMQ	430,6
Sílica	34.448
Negro de Humo	861,2
PEG 6000	2.153
Ácido benzoico	1.722,4
Aceite aromático	12.918
Polvillo de caucho	30.142
MBTS	904,26
MBT	344,48
TMTD	172,24
Azufre	1507,1

Fuente: El Autor.

3.3.1. Flujo de materiales.

Teniendo en cuenta la eficiencia de las estaciones productivas en el proceso y el flujo de materiales ya descrito en la Figura13, el flujo total de materiales entre las estaciones del proceso para el año 2017 sería el descrito en la Figura 26.

Sin embargo dentro del flujo de materiales se debe tener en cuenta que las láminas son de 8 kg cada una y que el Banbury produce 32 kg, por lo tanto al calcular la cantidad de compuesto de caucho que se deben fabricar, con respecto a las láminas, habrá un material sobrante de 31 kg, son los que se pueden fabricar 3 láminas más.

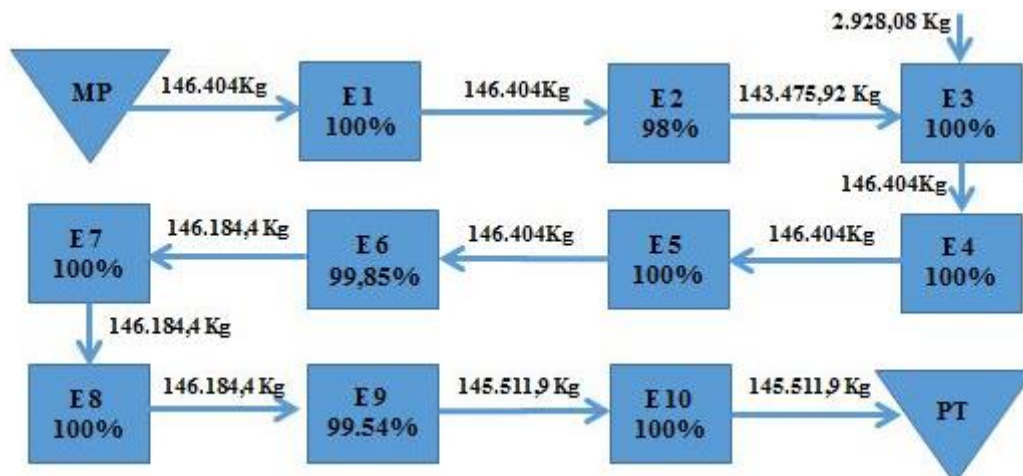


Figura 25. Eficiencia de las estaciones productivas en el proceso para cantidades anuales estimadas Fuente: El Autor.

3.4. Áreas.

Además de las áreas actuales calculadas en las Tablas 11, 12 y 13, se estimó el área de apoyo, áreas administrativas y áreas complementarias al proceso, las cuales hacen parte de la propuesta del proyecto para el cumplimiento de las normas vigentes por la legislación colombiana y el proyecto de infraestructura de la empresa Creaciones Medellín Ltda.

3.4.1. Áreas de proceso.

En este aspecto se utiliza un método basado en el cálculo de áreas por índices de consumo de área, el cual inicia por el cálculo del área de la maquinaria (Ver Tabla 12) más las áreas adicionales a considerar en un puesto de trabajo o estación de acuerdo a la literatura en el tema (Hernandez & Woithe, 1986).

Tabla 27

Suplementario de las diferentes áreas parciales.

A_{MB}	f_o	f_m	f_h	f_{tra}	$f_a^{(*)}$
1-4	3,4-2,4	0,6-0,4	0,7-0,3	2,4-1,8	
4-6	2,4-1,6	0,4-0,3	0,4-0,2	1,6-1,2	
6-8	1,6-1,3	0,4-0,3	0,3-0,2	1,1-0,9	

Nota: (*) El factor suplementario f_a puede considerarse en el ordenamiento según el principio de taller en el intervalo 0,8 – 0,2 en función del tamaño de lote. **Fuente:** (Hernandez & Woithe, 1986).

Para esto, en primera instancia se calculó un área de operario en la cual es posible la manipulación de la máquina (A_o), y posterior a ello, áreas de realización de mantenimiento a la máquina (A_m), disposición de herramientas necesarias para las operaciones (A_h), tránsito de los operarios (A_{tra}) y área de almacenamiento de producción en el puesto de trabajo para cada una de las estaciones dependiendo del área de las máquinas (A_{MB}) que se encuentra en cada una de las áreas así como se ve en la Tabla 28 teniendo en cuenta los factores suplementario de las diferentes áreas parciales que componen un puesto de trabajo (Ver Tabla 27).

Tabla 28

Áreas complementarias para cada área de trabajo de la empresa.

	Áreas en m ²	A_{MB}	A_o	A_m	A_h	A_{tra}	A_a
A1	Corte y dosificado (Guillotina)	0,6	3,6	0,8	0,9	2,6	0,3
	Mesa de dosificación de sólidos	1,05	3,4	-	-	2,4	0,3
A2	Mezclado (Banbury32L)	8,12	1,3	0,3	0,2	1,1	0,8
	Mezclado (Banbury14L)	7,41	1,4	0,32	0,2	1,2	1,72
A3	Enfriamiento (Molino 150)	12	0,65	0,15	0,1	0,45	0,3
A5	Muestreo (Molino 110)	6,75	1,45	0,35	0,25	1	2,25
A6	Vulcanización (Prensa hidráulica)	3,25	2,4	0,4	0,3	1,8	0,3
A7	Secado de láminas (6 mesas)	100	7,8	-	-	6,6	-
A8	División de láminas (Divididora)	2,1	2,9	0,5	0,5	2,1	0,4
A9	Lijado de láminas (Lijadora)	2,8	2,65	0,45	0,4	1,95	0,4

Fuente: El Autor.

En la estación 1, en el caso de las mesas no se tiene en cuenta el área herramental ni las áreas de mantenimiento dado que sobre la mesa el operario dejará de manera ordenada las herramientas para la operación y a esta no es necesario realizarle mantenimiento.

Tabla 29

Área total de los puestos de trabajo.

		Área (m ²)
	Corte y dosificado (Guillotina)	8,8
A1	Mesa de dosificación de sólidos	7,15
	Mezzanine	84,05
A2	Mezclado (Banbury32L)	14,06
	Mezclado (Banbury14L)	12,26
A3	Enfriamiento (Molino 150)	13,65
A4	Secado(Área total)	90,44
A5	Muestreo (Molino 110)	12,5
A6	Vulcanización (Prensa hidráulica)	8,45
A7	Secado de láminas (6 mesas)	100
A8	División de láminas (Divididora)	8,6
A9	Lijado de láminas (Lijadora)	8,65
A10	Empaque (Área total)	46,84

Fuente: El Autor.

Es decir que la suma de todos los puestos de trabajo ocuparían un total de 415,45 m².

3.4.2. Áreas complementarias al proceso.

De las áreas complementarias al proceso enlistadas en la Tabla 13, la zona para desperdicios, no se tendrá en cuenta como un área relevante a ser ubicada dado que depende de la cantidad que se genere, la regularidad con la que se recojan, el tamaño de los mismos; los cuales provienen del embalaje y empaque de las materias primas generalmente; teniendo en cuenta el nuevo sistema de almacenamiento que se propone las cantidades de materias primas se pedirán en mayor cantidad y con menos frecuencia, por lo que, los desechos se disminuirán y será decisión de la empresa en qué lugar libre podrán ser almacenados, mientras son despachados de la empresa.

3.4.2.1. Áreas con maquinaria.

Por otro lado, de las áreas contempladas solo cuatro áreas tienen maquinaria que requieren manipulación, mantenimiento, herramientas adicionales y áreas de tránsito alrededor, el área de almacenamiento no se contempla, dado que, no requieren almacenar producción en estas áreas; dichas áreas se contemplan en la Tabla 30.

Tabla 30

Áreas complementarias a otras áreas de apoyo al proceso productivo.

	Áreas en m ²	A _{MB}	A _o	A _m	A _h	A _{tra}
C1	Compresor	3,6	3,4	0,6	0,7	2,4
C2	Caldera	12	1,3	0,3	0,2	0,9
EE	Estación Eléctrica	33	1,3	0,3	0,2	0,9
AA	Tratamiento de Agua	16	1,3	0,3	0,2	0,9

Fuente: El Autor.

3.4.2.2. Áreas de almacenamiento.

Las dos áreas de almacenamiento de materias primas se modificarán, una de ellas, será el área dispuesta para los silos y otra será un área adicional, teniendo en cuenta que aunque las cantidades

necesarias de materiales estarán almacenadas según el plan de producción dentro de los silos, no se descarta la posibilidad de que dado el efecto látigo de la demanda, promociones de los proveedores o contingencias por precios, la empresa decida a lo largo del año comprar más materias primas de las que se pueden almacenar dentro de los silos.

Por lo tanto, se propone tener silos para las 7 materias primas en polvos y para el aceite aromático, con capacidad de 1 tonelada, cuyas dimensiones serían de 2,5 m de ancho por 7 m de alto, para estos silos se necesita unas bases cuadradas para su posicionamiento sobre un mezzanine que tendrá 1,5 m de más en la parte frontal de los silos para su manipulación, y por lo tanto el área designada a los silos sería de 70 m².

Para el cálculo del área necesaria para el almacenamiento adicional, se tendrán en cuenta las siguientes ecuaciones para el dimensionamiento de almacenes de acuerdo a la literatura en el tema (Ghiani, Laporte, & Musmanno, 2004).

$$nx = \sqrt{\frac{m * \alpha y}{2 * nz * \left(\alpha x + \frac{1}{2} wx\right)}}$$

$$ny = \sqrt{\frac{2m * \left(\alpha x + \frac{1}{2} wx\right)}{\alpha y * nz}}$$

$$Lx = \left(\alpha x + \frac{1}{2} wx\right) * nx \quad \text{para número de slots pares}$$

$$Lx = \left(\left(\alpha x + \frac{1}{2} wx\right) * nx\right) + \frac{1}{2} wx \quad \text{para número de slots impares}$$

$$Ly = (\alpha y * ny) + wy$$

Donde:

$\alpha x, \alpha y$: Ocupación de área de las unidades de carga en el eje respectivo.

nx, ny, nz : Número de espacios de almacenamiento en el eje respectivo.

wx, wy : Anchura de la nave lateral y central respectivamente.

Lx, Ly : Distancia del almacén sobre el eje respectivo (ancho y largo).

m : Flujo de material de almacenaje a lo largo del periodo de planeación.

Por lo tanto, asumiendo que se tengan dos unidades de carga de cada material como máximo, adicionales a los almacenados en las silos, la variable $m = 32$ slots; por otro lado, sabiendo que los isopallets son los más utilizados en la industria, los valores de αx y αy serían las dimensiones de estos, es decir, 1 m y 1,2 m respectivamente; además se propone que no es necesario el uso de estantería para el almacén, es decir, que la variable nz , tomaría el valor de 1 slot; por último, teniendo en cuenta el radio de giro del montacargas con el que cuenta la empresa, que es de 2.277 mm (Ver Anexo C), se asigna a la nave central un ancho de $wy = 3$ m y teniendo en cuenta el ancho promedio de 1.196 mm, se le asigna a

las naves laterales $wx = 2$ m. De esta manera, aplicando las ecuaciones anteriores se obtiene para $nx = 3,3$ slots y para $ny = 10,9$ slots.

Dado que, el número de slots no dio como resultado un número entero, se procede a realizarse un análisis de capacidad que defina un porcentaje de utilización óptimo, tal y como se muestra en la Tabla 31.

Tabla 31

Análisis de capacidad para área de almacenamiento de materias primas.

Combinación	nx	ny	nz	Capacidad disponible	Porcentaje de utilización
++	4	11	1	44	$(36/44) * 100 = 81,82$
+-	4	10	1	40	$(36/40) * 100 = 90$
-+	3	11	1	33	$(36/33) * 100 = 109,1$
--	3	10	1	30	$(36/30) * 100 = 120$

Fuente: El autor.

Teniendo en cuenta la tabla anterior, se descartan los porcentajes de utilización por encima del 100%, y se escoge la combinación con porcentaje de utilización más cercano al 100%, que en este caso es nx de 4 slots y ny de 10 slots. A partir de estos valores, se hallaron las dimensiones del almacén que corresponden a $Lx = 8$ m y $Ly = 15$ m, por lo tanto, esta zona tendría una dimensión total de 120 m^2 .

Siguiendo el mismo procedimiento anterior, para la zona de Productos terminados, dados los pronósticos de la demanda (Ver tabla 17), suponiendo que se entreguen pedidos a final de mes, el mes que más tendrá productos para almacenar dentro de la empresa antes de despachar, es diciembre con 1.976 láminas. Dadas las dimensiones de las láminas: 100×100 cm y calibres 3, 4, 5, 6 y 8 mm, se estima que se apilarán entre 100 y 200 láminas por pallet, de esta manera se calcula un máximo de 20 slots para almacenar dichos pallets, es decir, $m = 20$. El resto de las variables se toman con los mismos valores del anterior cálculo. De esta manera, aplicando las ecuaciones anteriores se obtiene para $nx = 2,2$ slots y para $ny = 8,9$ slots.

Dado que, el número de slots no dio como resultado un número entero, se procede a realizarse un análisis de capacidad que defina un porcentaje de utilización óptimo, tal y como se muestra en la Tabla 32.

Tabla 32

Análisis de capacidad para área de almacenamiento de productos terminados.

Combinación	nx	ny	nz	Capacidad disponible	Porcentaje de utilización
++	3	9	1	27	$(20/27) * 100 = 74,07$
+-	3	8	1	24	$(20/24) * 100 = 83,3$
-+	2	9	1	18	$(20/18) * 100 = 111,1$
--	2	8	1	16	$(20/16) * 100 = 125$

Fuente: El autor.

Teniendo en cuenta la tabla anterior, se descartan los porcentajes de utilización por encima del 100%, y se escoge la combinación con porcentaje de utilización más cercano al 100%, que en este caso es nx de

3 slots y n_y de 8 slots. A partir de estos valores, se hallaron las dimensiones del almacén que corresponden a $L_x = 7$ m y $L_y = 12,6$ m, por lo tanto, esta zona tendría una dimensión total de $88,2$ m².

3.4.2.3. Áreas complementarias del almacén.

Al área de carga y descarga, no se le realizarán modificaciones, dado que la empresa solo cuenta con una compuerta y su respectiva plataforma de carga y descarga, por lo tanto, esta zona tiene una dimensión de 47 m². Sin embargo se agregará una zona de picking en la cual se alistarán los pedidos de los clientes, se verificarán los pedidos de los proveedores, y desde donde se transportarán las materias primas hacia el puente grúa, esta zona tendrá un área de 60 m².

3.4.2.4. Resumen de áreas.

Las áreas complementarias al proceso, calculadas anteriormente, se resumen en la Tabla 33.

Tabla 33

Área total de las zonas complementarias al proceso.

		Área m ²
C1	Compresor	10,7
C2	Caldera	14,7
EE	Estación Eléctrica	18,7
AA	Tratamiento de Agua	35,7
MP	Área de los silos	70
MPA	Área de materias primas adicional	120
PT	Área de producto terminado	88,2
CyD	Área de carga y descarga	47
PK	Área de picking	60

Fuente: El autor.

3.4.3. Áreas administrativas y complementarias.

La planta de la empresa Creaciones Medellín Ltda., cuenta con una fuerza de trabajo variable, sin embargo normalmente se tienen 8 operarios trabajando en la empresa. Además se tiene en algunas ocasiones presente al Gerente de producción presente en la planta. Por último, se cuenta con un celador, quien vela por la seguridad de la planta.

La empresa cuenta con dos oficinas ubicadas en un altílo, una en donde se guardan muestras de todos los trabajos realizados por la empresa y otra para el Gerente de producción, por lo tanto, a estas zonas no se le realizarán modificaciones, es decir, que el área correspondiente a esta zona es de $126,4$ m².

Además la empresa cuenta con dos mezzanines en la zona de producción, por las dimensiones de altura de dos máquinas del proceso, el Banbury y la Prensa hidráulica, es decir, que para las oficinas y para los mezzanines se requieren escaleras, las cuales ocupan un área de 14 m².

Para los operarios se calcula un área de comedor, donde los empleados tengan la oportunidad de sentarse, descansar y charlar con sus compañeros de trabajo durante los horarios de descanso establecidos por la empresa, Teniendo en cuenta la ubicación de los baños, los casilleros y los vestieres, se estima un área de 25 m² para esta zona.

En cuanto a los baños y los parqueaderos, a estas zonas no se les realizará modificaciones dado que son lo bastantes amplias para el número de empleados que se tienen en la empresa, es decir, para parqueaderos 320 m² y para los baños 24 m².

Tabla 34

Área total de las zonas administrativas y complementarias.

		Área m ²
OO	Área de oficinas	126,4
E	Área de escaleras	14
C	Área de comedor	25
P	Área de parqueadero	320
B	Área de baños y vestier	24

Fuente: El autor.

3.4.4. Total de áreas.

Teniendo en cuenta las áreas anteriormente calculadas se presenta a continuación un resumen de estas, en donde se puede evidenciar que las áreas calculadas representan el 59,02% del área total disponible.

Tabla 35

Áreas administrativas y complementarias de la planta.

Áreas	Metros ²
Áreas de proceso	415,45
Áreas complementarias del proceso	465
Áreas administrativas y complementarias	509,4
Área de pasillos, desechos y otros	965,15

Fuente: El autor.

El otro 40.98% representan áreas como la de almacenamiento de desperdicios, pasillos entre estaciones y áreas, almacenamiento de equipos de transporte, y la posibilidad de agregar en un futuro nuevas líneas de producción.

4. Conclusiones

Se realizaron unos pronósticos de la demanda para la empresa Creaciones Medellín Ltda., a partir de los históricos de ventas, en los cuales se estableció que la empresa venderá aproximadamente 18.185 unidades de lámina de caucho, para los cuales utilizará el 53,45% de la capacidad disponible de la planta de producción. Para dichos niveles de producción, se usaran las mismas máquinas y mano de obra que se tiene actualmente en la empresa.

Sin embargo, se estableció que para el transporte de materiales, se implementará una máquina puente grúa para materias primas sólidas y en polvo y de válvulas externas para los aceites; y en cuanto a almacenamiento, el uso de silos para las materias primas en polvo y aceites. Se quiere que el transporte sea desde la entrada de la planta hasta los silos, por medio de tuberías, y que desde los silos sean transportadas y dosificadas sobre el Banbury.

Durante la nueva distribución se plantea que las áreas de producción actuales ocupen el 17,6 % del área utilizada en la empresa, las áreas complementarias a la producción el 19,7%, las áreas complementarias de la empresa el 21,6% y en pasillos, corredores y áreas para próximas líneas de producción el 40,9%.

En este capítulo se determinó la distribución final de la planta basados en la evaluación de la empresa a diversas alternativas generadas y planteadas a partir de los recursos necesarios para cumplir la proyección de la demanda.

- Primero, se estableció el tipo de estructura que tiene la empresa, para escoger el método con el que se realizó la distribución preliminar de las áreas de producción.
- Luego teniendo en cuenta las relaciones de las áreas de producción y el resto de las áreas identificadas en la empresa se determinaron tres diferentes alternativas, las cuales se plasmaron por medio de un diagrama adimensional de bloques, donde se mostró la ubicación de cada una de las áreas, para dar una idea general de las alternativas de distribución.
- Se realizó una evaluación y selección de las alternativas por medio de una técnica de decisión multicriterio AHP, bajo las valoraciones dadas por la empresa de cada una de las alternativas.
- Por último, se presenta un modelo detallado de la alternativa de distribución seleccionada.

1. Estimación De Modelos De Distribución Física

La obtención y evaluación de diversas alternativas de distribuciones es importante, dado que éstas definirán las relaciones entre las actividades que se desarrollen en la empresa y permitirá evaluar las preferencias de la empresa.

1.1. Estimación de la estructura tecnológica.

Para poder identificar los cambios que se deben hacer en la distribución del proceso dentro de la empresa, primero se debe identificar qué tipo de producción es, para esto se aplicó el algoritmo de índice de cooperación de acuerdo a la literatura en el tema (Hernandez & Woithe, 1986).

Primero, se halló la intensidad del flujo de material que pasa por las estaciones I_{ij} , para este se necesitan las cantidades de toneladas al año que van fluyendo por cada estación (Ver Figura 26), dado que, representa la intensidad entre estaciones I_{ij} .

Tabla 36

Intensidad del flujo de material entre estaciones.

DE	HACIA	I_{ij} Ton/Año
MP	1	146,4
1	2	143,5
2	3	146,4
3	4	146,4
4	5	146,2
5	6	146,2
6	7	146,2
7	8	146,2
8	9	145,5
9	10	145,5
10	PT	145,5

Fuente: El Autor.

Para el algoritmo se tienen en cuenta las relaciones que existen entre las estaciones, de esta manera se establece que hay relación del área de materias primas a la primera estación, corte y dosificación de materiales; de la primera estación a la segunda estación, mezclado; de la segunda estación a la tercera estación, enfriamiento; de la tercera estación a la cuarta estación, secado; de la cuarta estación a la quinta estación, muestreo; de la quinta estación a la sexta estación de vulcanización de láminas; de la sexta estación a la séptima estación de secado y enfriamiento de láminas; de la séptima estación a la octava estación de división de láminas; de la octava estación a la novena estación de lijado de láminas; y de la novena estación a la décima estación de empaque de láminas.

Tabla 37

Matriz de relaciones no orientada del proceso.

	MP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PT
MP	-	1										2
1	1	-	1									2
2		1	-	1								2
3			1	-	1							2
4				1	-	1						2

A partir del gráfico, según el número de máquinas en el proceso, que son 8, se ubica el factor de solape (x), que es 5,75, y se identifica que el proceso de fabricación de láminas de caucho de compuesto negro presenta una estructura tecnológica de transición entre tipo línea y tipo taller. Por lo tanto tenemos, una estructura que maneja un flujo de material constante, las secuencias de fabricación son iguales para los productos, también tenemos 10 estaciones de trabajos, en las cuales algunas tienen más de una máquina para las operaciones realizadas en la estación.

1.2. Determinación de la organización de la producción.

Las estructuras espaciales tipo se materializan mediante la determinación de la posición relativa que ocupan los elementos fijos del proceso de producción. La solución de esta tarea se presenta como un problemas objeto – lugar (Hernandez & Woithe, 1986).

En este aspecto se utiliza el método triangular, un método heurístico basado en el flujo de materiales que pasa por las estaciones de acuerdo a la literatura en el tema (Hernandez & Woithe, 1986). Este método se fundamenta en el ordenamiento esquemático de las máquinas o grupos de ellas en los vértices de una red triangular, de forma que tal que el gasto de transporte total del sistema sea el mínimo teniendo en cuenta la intensidad entre las estaciones (Ver tabla 36). A partir de dichas relaciones se establece una matriz cuadrada orientada, de la cual se toma la mitad de la matriz o la matriz triangular, para obtener una matriz no orientada, por medio, de la transposición de la matriz triangular hasta obtener una matriz cuadrada simétrica no orientada.

Tabla 38

Matriz no orientada de las relaciones totales.

	MP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PT
MP	-	146,4										
1	146,4	-	143,5									
2		143,5	-	146,4								
3			146,4	-	146,4							
4				146,4	-	146,2						
5					146,2	-	146,2					
6						146,2	-	146,2				
7							146,2	-	146,2			
8								146,2	-	145,5		
9									145,5	-	145,5	
10										145,5	-	145,5
PT											145,5	-

Fuente: El Autor.

Luego se desarrollan una serie de pasos que constituyen la esencia del algoritmo. Primero se elige el valor de Intensidad más alto por filas que será la primera unidad asignada, en caso de empates, se tiene en cuenta la suma total de la intensidad por fila y el número de relaciones; Se asigna una fila Z_0 , debajo la fija de la unidad asignada, y se suman las dos filas ordenadamente hasta obtener una nueva fila nombrada S_1 , y la columna correspondiente al número de la fila se coloca una x para no volver a asignar la unidad.

De esta manera, la nueva unidad a asignar se busca en la fila S resultante y consecutivamente se realizan las operaciones hasta asignar todas las unidades.

Tabla 39

Proceso para determinar el orden de asignación.

	MP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PT
MP	0	146,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	146,4	0	143,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	143,5	0	146,4	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	146,4	0	146,4	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	146,4	0	146,2	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	146,2	0	146,2	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	146,2	0	146,2	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	146,2	0	146,2	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	146,2	0	145,5	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	145,5	0	145,5	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	145,5	0	145,5
PT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	145,5	0
Z ₀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	146,4	x	143,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S ₁	146,4	x	143,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MP	x	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S ₂	x	x	143,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	x	x	x	146,4	0	0	0	0	0	0	0	0
S ₃	x	x	x	146,4	0	0	0	0	0	0	0	0
3	x	x	x	x	146,4	0	0	0	0	0	0	0
S ₄	x	x	x	x	146,4	0	0	0	0	0	0	0
4	x	x	x	x	x	146,2	0	0	0	0	0	0
S ₅	x	x	x	x	x	146,2	0	0	0	0	0	0
5	x	x	x	x	x	x	146,2	0	0	0	0	0
S ₆	x	x	x	x	x	x	146,2	0	0	0	0	0
6	x	x	x	x	x	x	x	146,2	0	0	0	0
S ₇	x	x	x	x	x	x	x	146,2	0	0	0	0
7	x	x	x	x	x	x	x	x	146,2	0	0	0
S ₈	x	x	x	x	x	x	x	x	146,2	0	0	0
8	x	x	x	x	x	x	x	x	x	145,5	0	0
S ₉	x	x	x	x	x	x	x	x	x	145,5	0	0
9	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	145,5	0
S ₁₀	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	145,5	0
10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	145,5
S ₁₁	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	145,5
PT	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Fuente: El Autor.

Ahora se realiza la representación gráfica del ordenamiento en una red triangular donde se verifique que las distancias entre unidades o estaciones de proceso sean mínimas, se comienza asignando las tres unidades o las tres estaciones de manera aleatoria en las esquinas de un triángulo. Para la siguiente asignación, quedan tres posibles lugares, pero será asignada en la posición que tenga mayor relación con las estaciones ya asignadas, sumando las intensidades de las dos estaciones, ya signadas con la que se va a asignar.

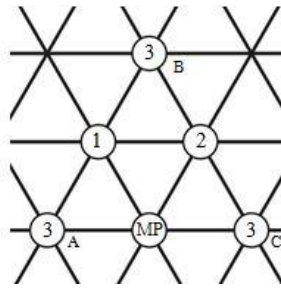


Figura 27. Esquema de ordenamiento (parcial) sobre una red triangular. Fuente: El Autor.

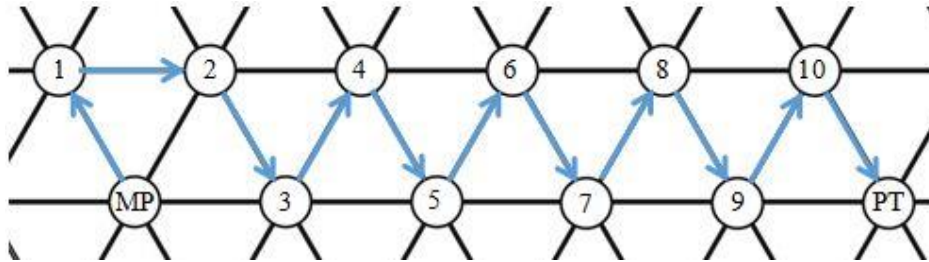


Figura 28. Esquema de ordenamiento triangular para las estaciones de trabajo. Fuente: El Autor.

De esta manera, quedarán organizadas espacialmente las áreas de producción, cuya forma se asimila a una estructura tipo línea.

1.3. Determinación de relaciones entre áreas.

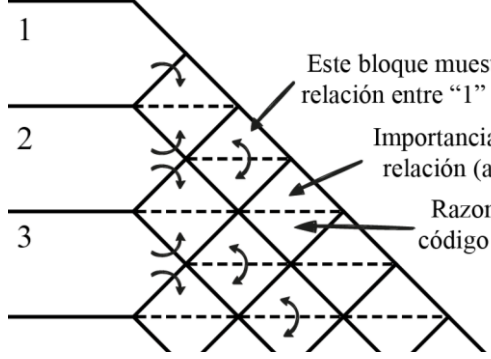
Luego de establecer la posición espacial de las áreas de producción es necesario ubicar el resto de las áreas que aunque no intercambian flujo de materiales con las áreas productivas, sirven de apoyo tanto al proceso como a los empleados, para esto, es necesario conocer las relaciones entre áreas y si deberían estar cerca o alejadas entre ellas. Dichas relaciones se plasmaron con un diagrama de relaciones de actividades descrito por (Muther R. , 1973), en su metodología SLP (Systematic Layout Planing).

Primero se consignan las relaciones entre áreas en una tabla, donde se define la cercanía deseada entre áreas y la razón dicha cercanía, los criterios de evaluación de las diferentes relaciones se definen en las siguiente Tabla.

Tabla 40

Criterios de la Tabla de relaciones de áreas.

Clasificación de "cercanía"		Razones detrás del valor "cercanía"	
Valor	Cercanía	Código	Razón
A	Absolutamente necesario	1	Mismo nivel
E	Especialmente importante	2	Flujo de material
I	Importante	3	Servicio
O	Ordinariamente importante	4	Conveniencia
U	Sin importancia	5	Control de inventario
X	No deseable	6	Comunicación
		7	Mismo personal



Este bloque muestra la relación entre "1" y "3"

Importancia de la relación (arriba)

Razones en código (abajo)

8 Limpieza
9 Flujo de partes

Fuente: El Autor basado en (Tompkins J. A., White, Bozer, & Tanchoco, 2011).

Tabla 41

Hoja de trabajo de relación de áreas.

Actividades	A	E	I	O	U	X
1. Corte y dosificado	2,3,4	18	15	17,23,24	5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,16,19,20,21,22	-
2. Mesa de dosificación de sólidos	1,3,4	18	15	17,23,24	5,6,7,8,9,10,11,12,13,15,16,19,20,21,22	-
3. Mezclado 1	1,2,5,17	16	13,15	7,23,24	6,7,8,9,10,11,12,14,16,18,19,20,21,22	-
4. Mezclado 2	1,2,5,17	16	13,15	7,23,24	3,4,6,8,9,10,11,12,14,18,19,20,21,22	-
5. Enfriamiento	3,4,6	16	13,15	7,23,24	1,2,5,8,9,10,11,12,14,17,18,19,20,21,22	-
6. Secado	5,7	-	-	-	1,2,3,4,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24	-
7. Muestreo	6,8	16	13,15	5,23,24	1,2,3,4,9,10,11,12,14,17,18,19,20,21,22	-
8. Vulcanización	7,9,14	-	15	23,24	1,2,3,4,5,6,10,11,12,13,16,17,18,19,20,21,22	-
9. Secado de láminas	8,10	-	-	-	1,2,3,4,5,6,7,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24	-
10. División de láminas	9,11	-	15	23,24	1,2,3,4,5,6,7,8,12,13,14,16,17,18,19,20,21,22	-
11. Lijado de láminas	10,12	-	13,15	23,24	1,2,3,4,5,6,7,8,9,12,14,16,17,18,19,20,21,22	-
12. Empaque	11,19	20	21	23,24	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,13,14,15,16,17,18,21,22	-
13. Compresor	-	-	3,4,5,7,11,15	-	1,2,6,8,9,10,12,14,16,17,18,19,21,22,23,24	-
14. Caldera	8	16	15	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,17,18,19,20,21,22,23,24	-
15. Estación Eléctrica	-	-	1,2,3,4,5,7,8,10,11,13,14	-	6, 9,12,16,17,18,19,20,21,22,23,24	-
16. Tratamiento de Agua	-	3,4,5,7,14	-	-	1,2,6,8,9,10,11,12,13,15,17,18,19,20,21,22,23,24	-
17. Área de los silos	3,4	-	20,21	1,2	5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,18,19, 22,23,24	-
18. Área de materias primas adicional	20,21	1,2	-	-	3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,19, 22,23,24	-
19. Área de producto terminado	12,20	21	-	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11, 13,14,15,16,17,18,22,23,24	-
20. Área de carga y descarga	18,19,21	12	17	22,23,24	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,	-
21. Área de picking	18,20	19	12,17	22,23,24	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,13,14,15,16	-
22. Área de oficinas	24	23	-	20,21	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19	-
23. Área de comedor	24	22	-	1,2,3,4,5,7,8,10,11,12,20,21	6, 9, 13,14,15,16,17,18,19	-
24. Área de baños y vestier	22,23	-	-	1,2,3,4,5,7,8,10,11,12,20,21	6, 9, 13,14,15,16,17,18,19	-

Fuente: El Autor basado en (Meyers & Stephens, 2006; Meyers & Stephens, 2006).

2. Alternativas De Distribución Física

Para la generación de alternativas, se realizaron cuatro diagramas adimensionales de bloques con diferentes organizaciones, en base a estas distribuciones se escogió la que mejor cumple con las expectativas de la empresa.

El diagrama adimensional de bloques, consiste en plasmar en un bloque cada una de las áreas a ser distribuida y presentar en sus esquinas las relaciones con las diferentes áreas, teniendo en cuenta el esquema dispuesto en la Figura 30. Luego, se juega con los bloques hasta conseguir distribuciones que satisfagan el hecho de que: las relaciones tipo A (Absolutamente necesario) se deben tocar por lo menos en un lado; las relaciones tipo E (Especialmente importante) se deben tocar por lo menos en una esquina; las relaciones tipo I (Importante) deben estar cerca y las relaciones X (No deseable) no deben tocarse por ningún lado.

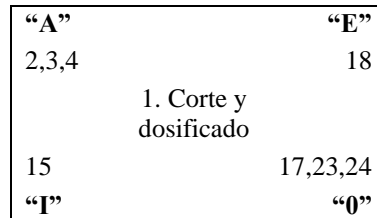


Figura 29. Bloque que representa el área de corte y dosificado. Fuente: El Autor basado en (Meyers & Stephens, 2006).

2.1. Alternativa 1.

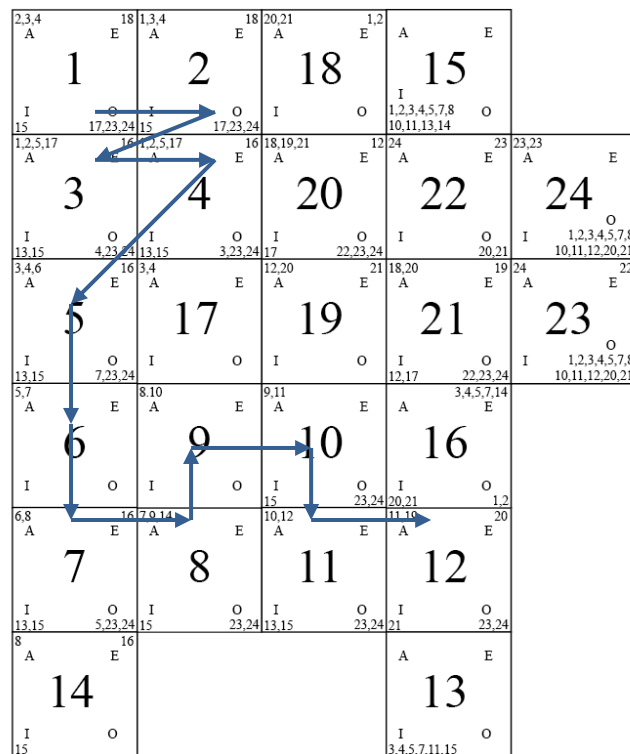


Figura 30. Diagrama adimensional de bloques para la primera alternativa. Fuente: El Autor.



Figura 31. Diagrama dimensional de bloques de la alternativa 1, espaciado en el plano de la empresa. Nota: Escala: 1:576.Fuente: El Autor.

2.2. Alternativa 2.

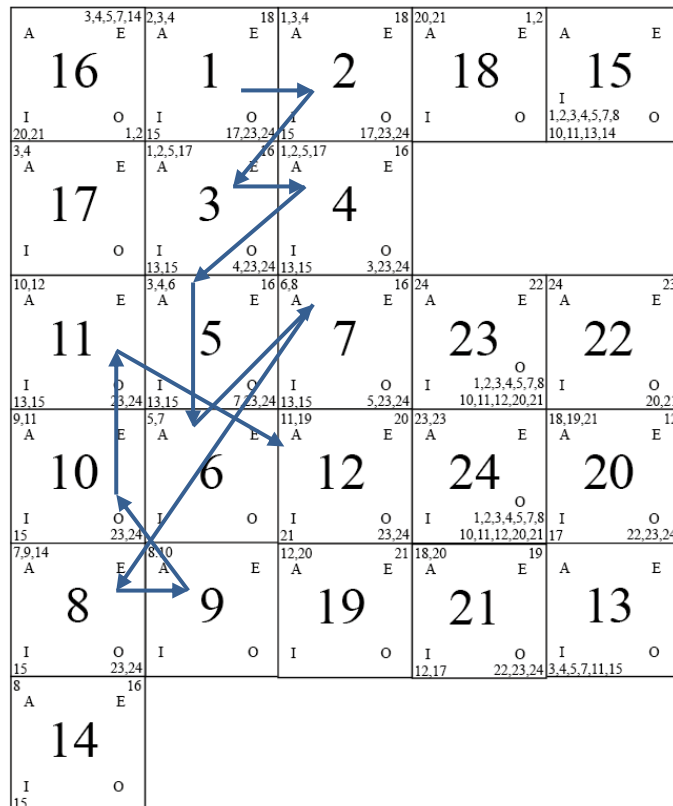


Figura 32. Diagrama adimensional de bloques para la segunda alternativa. Fuente:El Autor.

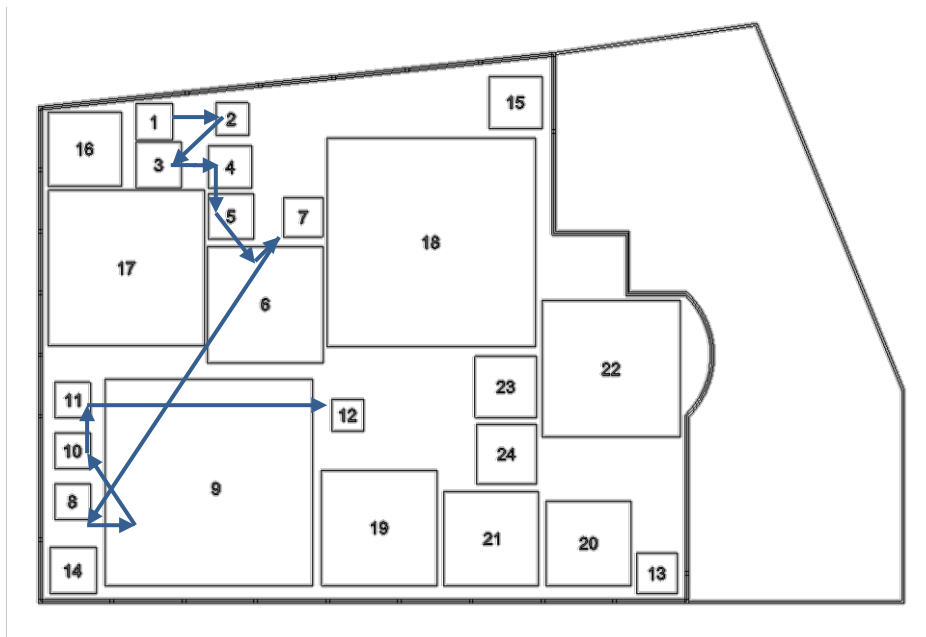


Figura 33. Diagrama dimensional de bloques de la alternativa 2, espaciado en el plano de la empresa. Nota: Escala: 1:576. Fuente: El Autor.

2.3. Alternativa 3.

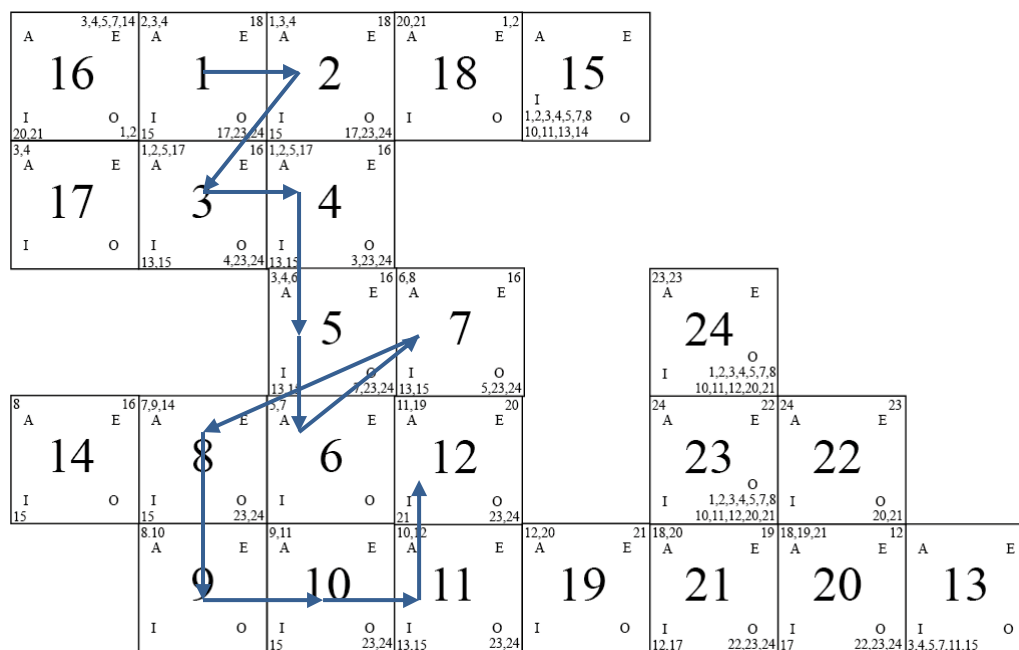


Figura 34. Diagrama adimensional de bloques para la tercera alternativa. Fuente: El Autor.

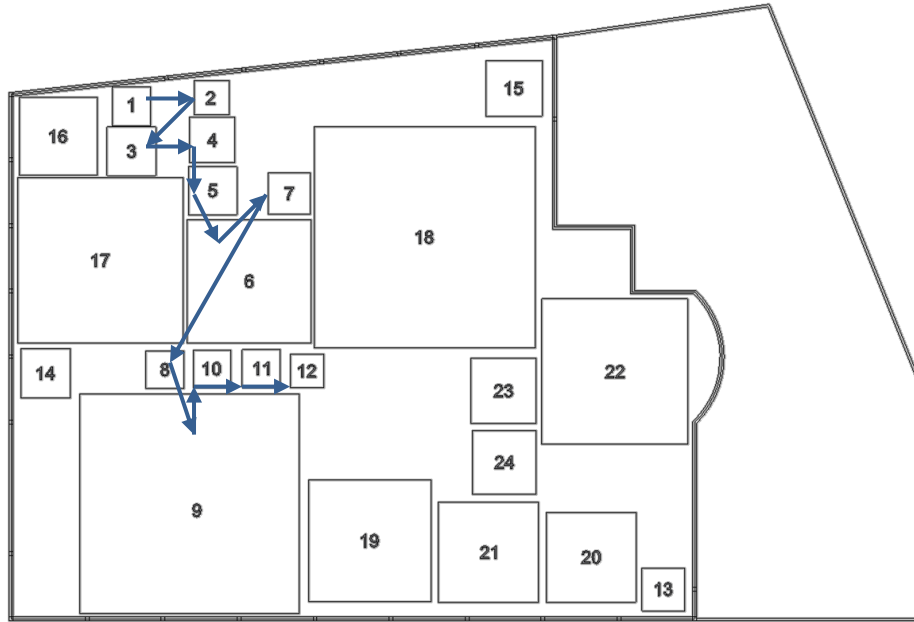


Figura 35. Diagrama dimensional de bloques de la alternativa 3, espaciado en el plano de la empresa. Nota: Escala: 1:576. Fuente: El Autor.

3. Selección De Alternativa De Distribución Física

Para la selección de la alternativa de distribución de la planta de la empresa Creaciones Medellín se usó el método AHP, el cual es un procedimiento para cuantificar juicios u opiniones gerenciales sobre la importancia relativa de cada uno de los criterios en conflicto en el proceso de toma de decisión (Roche & Vejo, 2005).

3.1. Jerarquización de elementos interrelacionados.

Para el desarrollo del método, es importante plantear en primer lugar la meta, los criterios y las alternativas de selección.

- .- La meta, consiste en seleccionar la mejor alternativa de distribución.
- .- En cuanto a criterios se definieron cuatro: la cercanía entre áreas; el flujo de transporte, la razonabilidad de la distribución, y el aprovechamiento de espacio.
- .- Las alternativas son las planteadas en la Sección 2.

3.2. Comparación de los criterios.

Mediante una matriz se establece comparan los criterios establecidos por medio de un rating de importancia relativa entre los criterios considerados (Ver Tabla 43), Un rating recíproco ($1/9$, $1/7$, $1/5$,...) se aplica cuando la segunda alternativa evaluada es preferida a la primer y el valor 1 es siempre asignado a la comparación entre las mismas alternativas.

Tabla 43

Rating de importancia relativa.

Escala de evaluación	
1	Igualmente preferida
3	Moderadamente preferida
5	Fuertemente preferida
7	Muy fuertemente preferida
9	Extremadamente preferida

Fuente: El Autor.

Tabla 44

Matriz de comparación por pares de los criterios.

	Cercanía	Flujo	Razonabilidad	Aprovechamiento
Cercanía	1	1/3	1/5	3
Flujo	3	1	1	7
Razonabilidad	5	1	1	7
Aprovechamiento	1/3	1/7	1/7	1

Fuente: El Autor a partir de la evaluación del personal encargado de la planta de producción de la empresa Creaciones Medellín Ltda.

Es importante verificar la consistencia de las ponderaciones dadas por las personas evaluadoras, esa consistencia de las opiniones es determinada a través del cociente de consistencia (CR). Un CR inferior a 0,10 es considerado aceptable y no requiere que las opiniones y juicios sean reconsiderados.

El CR se calcula con la siguiente fórmula:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Donde: CI, corresponde al índice de consistencia y RI, corresponde al índice aleatorio, que se calculan con las siguientes formulas:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \qquad RI = \frac{1.98 (n - 2)}{n}$$

Donde: λ_{max} , se calcula multiplicando el vector resultado de la suma de las columnas de la matriz original por el vector resultante de los promedios por fila de la matriz normalizada y n , corresponde al tamaño de la matriz.

Con lo anterior, se calculó la consistencia de la matriz de comparación por pares de los criterios y dio 0,03, lo que indica que la matriz es consistente y no es necesario reevaluar los criterios.

Por otro lado, a partir de la matriz comparación se halla el vector de prioridad, que es el que más adelante permitirá evaluar las alternativas y seleccionar una, éste se calcula normalizando la matriz de comparación y calculando el promedio de cada fila de la matriz normalizada, es decir, dividiendo cada número de una columna de la matriz por la suma total de la columna y calculando el promedio por fila.

Tabla 45

Matriz normalizada (MCN) y Vector de prioridad de los criterios (W).

	Cercanía	Flujo	Razonabilidad	Aprovechamiento	W
Cercanía	0,1071	0,1346	0,0854	0,1667	0,1234
Flujo	0,3214	0,4038	0,4268	0,3889	0,3852
Razonabilidad	0,5357	0,4038	0,4268	0,3889	0,4388
Aprovechamiento	0,0357	0,0577	0,0610	0,0556	0,0525

Fuente: El Autor.

3.3. Comparación de las alternativas.

Teniendo en cuenta el mismo rating con el que se evaluaron los criterios (Ver Tabla 43), se evalúan las tres alternativas por cada uno de los criterios.

Tabla 46

Matriz de comparación por pares de las alternativas para el criterio de Cercanía.

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1	1/3	3
Alternativa 2	3	1	7
Alternativa 3	1/3	1/7	1

Fuente: El Autor a partir de la evaluación del personal encargado de la planta de producción de la empresa Creaciones Medellín Ltda.

Para el criterio de comparación Flujo de materiales, se tuvo en cuenta la distancia a recorrer durante el proceso productivo en las tres alternativas propuestas para las cuales, la primer propuesta tiene un flujo total de 156,24 m; la segunda propuesta tiene un flujo total de 149,11 m y la tercera propuesta tiene un flujo total de 134,97 m.

Tabla 47

Matriz de comparación por pares de las alternativas para el criterio de Flujo.

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1	1/7	1/3
Alternativa 2	7	1	5
Alternativa 3	3	1/5	1

Fuente: El Autor a partir de la evaluación del personal encargado de la planta de producción de la empresa Creaciones Medellín Ltda.

Tabla 48

Matriz de comparación por pares de las alternativas para el criterio de Razonabilidad.

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1	1/3	5
Alternativa 2	3	1	7
Alternativa 3	1/5	1/7	1

Fuente: El Autor a partir de la evaluación del personal encargado de la planta de producción de la empresa Creaciones Medellín Ltda.

Tabla 49

Matriz de comparación por pares de las alternativas para el criterio de Aprovechamiento.

Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
---------------	---------------	---------------

Alternativa 1	1	3	9
Alternativa 2	1/3	1	3
Alternativa 3	1/9	1/3	1

Fuente: El Autor a partir de la evaluación del personal encargado de la planta de producción de la empresa Creaciones Medellín Ltda.

Se calculó la consistencia de las matrices, y se encontró que todas eran consistentes con 0,01, 0,08, 0,07 y 0 respectivamente. Luego se prosiguió a normalizar cada matriz y a calcular el vector de prioridad para cada criterio, dichos vectores son resumidos en una Matriz de Prioridad (MP), listando las alternativas por fila y los criterios por columna.

Tabla 50

Matriz de prioridad (MP).

	Cercanía	Flujo	Razonabilidad	Aprovechamiento
Alternativa 1	0,2431	0,0833	0,2828	0,6923
Alternativa 2	0,6687	0,7235	0,6434	0,2308
Alternativa 3	0,0882	0,1932	0,0738	0,0769

Fuente: El Autor

3.4. Evaluación de alternativas.

Por último, se desarrolló el Vector de prioridad Global, multiplicando la Matriz de prioridad de las alternativas por el Vector de prioridad de los criterios, para finalmente establecer que la alternativa con mayor ponderación en el Vector de prioridad Global es la alternativa escogida para llevarse a cabo como nuevo diseño y distribución de la planta de producción de la empresa Creaciones Medellín Ltda.

Tabla 51

Vector de prioridad Global.

Alternativa 1	0,2226
Alternativa 2	0,6557
Alternativa 3	0,1217

Fuente: El Autor

Teniendo en cuenta los valores del Vector de prioridad Global, la alternativa seleccionada es la 2.

4. Presentación Detallada Del Diseño Y Distribución De Planta De La Empresa Creaciones Medellín Ltda.

En el Anexo D, se pueden ver los planos detallados de la alternativa de diseño y distribución de planta propuesto para la empresa Creaciones Medellín Ltda.

5. Conclusiones

Se identificó que el proceso de fabricación de láminas de caucho de compuesto negro presenta una estructura tecnológica de transición entre tipo línea y tipo taller. Por lo tanto tenemos, una estructura que maneja un flujo de material constante, las secuencias de fabricación son iguales para los productos, también tenemos 10 estaciones de trabajos, en las cuales algunas tienen más de una máquina para las operaciones realizadas en la estación.

A partir de las relaciones de las diferentes estaciones y áreas de la empresa, se establecieron tres alternativas que cumplieran con el objetivo de reducir el flujo de material, la primera lo disminuye en un 29,17%, la segunda en un 32,40% y la tercera en un 38,81%. Sin embargo, la empresa evaluó además del flujo de material, la razonabilidad de la distribución, la cercanía entre zonas y el aprovechamiento del espacio. Quedando así como alternativa definitiva la número dos con una reducción del flujo de material del 32,40%.

Durante este capítulo se presenta una propuesta económica y de proyecto para mostrar la inversión necesaria en la futura implementación de la alternativa propuesta en distribución en planta y flujo de materiales:

- Primero, se determinaron las actividades necesarias para llevar a cabo la modificación de la distribución física de la planta a partir del modelo de distribución de planta seleccionado por la empresa Creaciones Medellín LTDA y por medio de la metodología CPM se establecieron los tiempos que requeriría llevar a cabo la propuesta.
- Luego se, elaboro un presupuesto de gastos para la ejecución de dichas actividades.
- Se presentó una estimación de un flujo de caja con el cual puede ser evaluado el nivel de capital requerido para inversión en la implementación del modelo de distribución de planta seleccionado en el proyecto.
- Por último se realizó la evaluación económica del proyecto desde la aplicación de indicadores financieros.

1. Actividades

Se debe tener en cuenta que un proyectos un “conjunto de actividades interrelacionadas, en la que cada actividad consume tiempo y recursos” (Taha, 2004). De esta manera, en la definición de las actividades necesarias para llevar a cabo la propuesta de diseño y los tiempos de estas, se tuvo en cuenta la opinión de un experto en el tema construcción y remodelación de naves industriales y para la programación de dichas actividades se uso el método CPM (Método de la ruta crítica) de acuerdo a la literatura en el tema (Taha, 2004).

Tabla 52

Tabla de actividades relacionadas al proyecto.

Actividad	Descripción	Actividad Precedente	Tiempo (días)
A	Desmontar el techo de la planta	-	15
B	Subir muros externos de la planta	A	20
C	Montar el techo de la planta	B	18
D	Realizar la instalación del puente grúa	C	2
E	Realizar la instalación de los silos para las materias primas	C	1
F	Realizar la instalación de las válvulas para los aceites	C	1
G	Construcción y adecuación de mezzanine para manipulación de los silos	E	2
H	Realización de sistema de tuberías de válvula a silos	E-F	1
I	Realización de sistema de tuberías de silos a Banbury	E	2
J	Limpieza de obra	D-G-H-I	1
K	Reorganización de de estaciones de trabajo	J	2
L	Adecuación de la zona para empleados	J	1
M	Realizar nueva señalización industrial y delimitación de zonas	K-L	1

Fuente: El Autor basado en un experto y en los rendimientos de construcción de obras para una cuadrilla brindados por la base de datos de ConstruPlan – Construdata.com (Legis S.A., 2012).

Luego, de tener establecidas las actividades se procede a representarlas por medio de un grafo, sobre el cual se calcula la ruta más corta para llevar a cabo las actividades, es decir, el menor tiempo en el que se pueden desarrollar, esto mediante el cálculo sobre cada nodo (T_i) de los tiempos de inicio más próximos (TIP) y más lejanos (TIL); los tiempos de terminación más próximos (TTP) y lejanos (TTL); y con esto calcular holguras de tiempos (H_o). De esta manera, se puede identificar posibilidades de adelantar o retrasar algunas actividades.

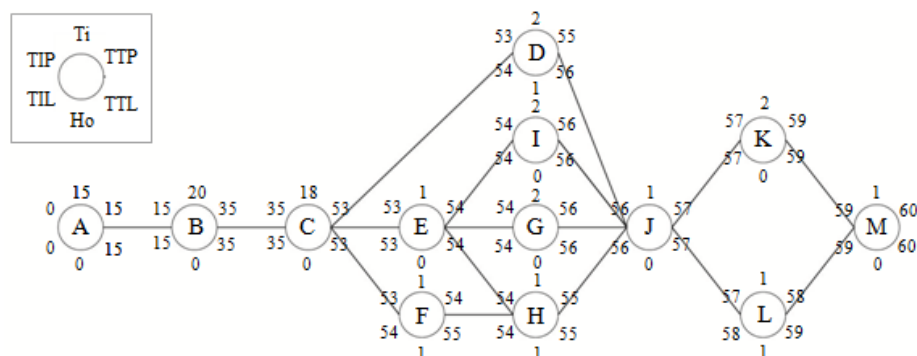


Figura 36. Red o grafo del proyecto. Fuente: El Autor.

1.1. Cronograma de actividades.

Teniendo como base el grafo anterior se puede plasmar un cronograma de actividades del proyecto, de tal manera que se plasmen las actividades críticas, que se deben realizar una seguida de la otra, y las actividades no críticas que permiten holguras en su programación.

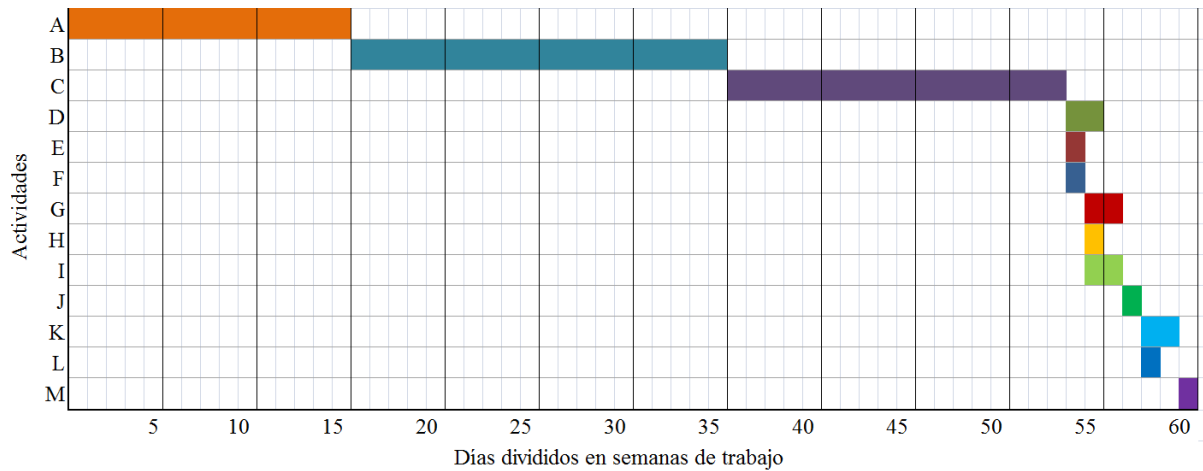


Figura 37. Cronograma de actividades del proyecto. Fuente: El Autor.

A partir del cronograma, se establece que la implementación de la nueva distribución de planta tendrá una duración de 60 días hábiles, es decir 3 meses, para los cuales se trabajaría de lunes a viernes durante 8 horas diarias, se propone que la ejecución de la nueva distribución en planta se lleve a cabo durante los meses de julio, agosto y septiembre que corresponde a los siguientes meses con menores ventas.

2. Presupuesto

Como se dijo anteriormente, las actividades de un proyecto consumen tiempo y recursos, los tiempos ya fueron establecidos anteriormente, ahora, para establecer el costo de llevar a cabo las actividades se tuvo en cuenta la opinión de un experto en el tema construcción y remodelación de naves industriales y se corrobora la información con la base de datos de Construplan – Construdata.com. (Legis S.A., 2012), donde la información de precios ha sido suministrada directamente por distintos proveedores a la fecha de noviembre de 2016.

Tabla 53

Presupuesto del proyecto de diseño y distribución de planta para la empresa Creaciones Medellín Ltda.

PRESUPUESTO EMPRESA CREACIONES MEDELLÍN				
ACTIVIDADES	UN	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
CUBIERTA				
Desmote cubierta - Techo	m2	2.681,33	2355	6.314.532,15
Carga, manejo y retiro de material	m3	48.192,50	20	963.850,00
Montaje cubierta - Techo	m2	3.379,67	2355	7.959.122,85
Teja Eternit	m2	34.000,70	5	170.003,50
Caballetes Eternit	m	82.601,20	5	413.006,00
SUBTOTAL				15.820.514,50

MAMPOSTERIA					
Muro pared sencilla ladrillo macizo	m2	22.175,85	728	16.144.018,80	
				SUBTOTAL	16.144.018,80
ESTRUCTURAS EN CONCRETO					
Columna 40 cm x 30 cm	m	205.928,12	117	24.093.590,04	
Viga 40 cm x 30 cm	m	205.118,74	200	41.023.748,00	
				SUBTOTAL	65.117.338,04
RED DE TUBERÍAS					
Tubería Galvanizada	m	31.652,72	150	4.747.908,00	
				SUBTOTAL	4.747.908,00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE APARATOS					
Silos	un	6.500.000,00	7	45.500.000,00	
Instalación de silos	un	92.014,94	7	644.104,58	
Puente grúa	un	14.758.788,00	1	14.758.788,00	
Instalación de puente grúa	un	2.705.000,00	1	2.705.000,00	
Válvula	un	2.500.000,00	1	2.500.000,00	
Instalación de Válvula	un	541.064,88	1	541.064,88	
Mezzanine	un	8.200.000,00	1	8.200.000,00	
Instalación de mezzanine	un	808.703,97	1	808.703,97	
				SUBTOTAL	75.657.661,43
SEÑALIZACIÓN INDUSTRIAL					
Señalización de seguridad y demarcación	-	7.500.000,00		7.500.000,00	
				SUBTOTAL	7.500.000,00
HONORARIOS					
Cuadrilla albañilería	hc	19.135,00	440	8.419.400,00	
Cuadrilla instalaciones	hc	21.049,00	128	2.694.272,00	
Cuadrilla pinturas	hc	36.027,00	8	288.216,00	
Cuadrilla eléctricas	hc	80.371,00	8	642.968,00	
Cuadrilla metálicas	hc	42.754,00	8	342.032,00	
Cuadrilla aseo	hc	16.427,00	8	131.416,00	
				SUBTOTAL	12.518.304,00
				TOTAL :	190.005.744,77

Fuente: El Autor basado en un experto y en los costos de construcción de obras brindados por la base de datos de ConstrPlan – Construdata.com (Legis S.A., 2012).

A partir del presupuesto para el proyecto, se tiene que, llevar a cabo la alternativa seleccionada de un nuevo diseño y distribución de planta para la empresa Creaciones Medellín Ltda., tendría un costo total de 190'005.744,77 pesos.

3. Flujo de efectivo

Para poder llevar a cabo la evaluación financiera de un proyecto, es necesario definir el flujo de efectivo (Ver Anexo E), mediante el cual se puede visualizar la manera como el dinero fluye hacia la empresa o a la inversa (Arboleda Vélez, 2001).

Para la financiación del proyecto, se propone pedir un préstamo empresarial a Coltefinanciera por la suma de \$ 225'637.000, que corresponde al valor de la propuesta más un 20% de valor de salvamento, a una tasa anual efectiva de 21,12%, para pagar durante tres años (Coltefinanciera, 2017). Al realizar los respectivos cálculos de la tabla de amortización del préstamo (Ver Anexo F), se sabe que mensualmente se debe pagar una cuota de \$ 8'306.929.00.

Además para la elaboración del flujo de caja, tuvo en cuenta las unidades de láminas de compuestos de caucho pronosticadas para el año 2017 (Ver Tabla 17) y los pronósticos, bajo el mismo modelo, de las unidades anuales para los siguientes dos años; también, el valor de venta de cada unidad de lámina, que es de \$ 72.400 c/u; los costos de producción, ya definidos por la empresa, que para cada lámina corresponden a: materias primas \$42.768, mano de obra directa \$3.422 y carga fabril \$6.412; los gastos de la empresa: gasto de ventas \$4.276, gastos administrativos \$4.812 y gastos financieros \$2.138.

El Flujo de efectivo se puede mostrar mediante un diagrama de flujo, para un mayor entendimiento de las entradas y salidas de efectivo, y corresponde a la manera más sencilla de representar un proyecto.

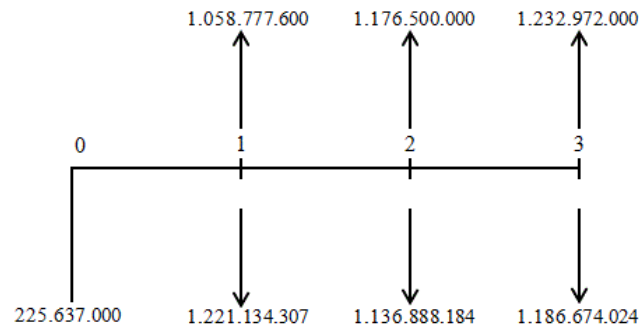


Figura 38. Diagrama de flujo de efectivo. Fuente: El Autor.

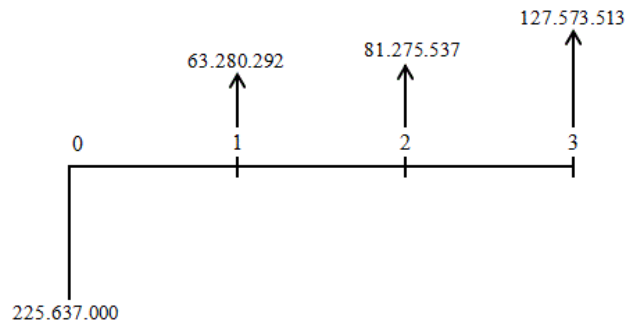


Figura 39. Diagrama de flujo de efectivo neto. Fuente: El Autor.

4. Evaluación financiera del proyecto

El objetivo de la evaluación de un proyecto “es determinar lo atractivo o viable que el proyecto es a la luz de diferentes criterios” (Arboleda Vélez, 2001), como el financiero. Existen métodos para la evaluación financiera que tienen en cuenta el valor del dinero en el tiempo y otros que no, sin embargo, los más usados por su validez y pertinencia son los que tienen en cuenta el dinero en el tiempo, por eso, se usó el VNP y la TIR, para evaluar este proyecto.

4.1. Valor Presente Neto VPN (i).

El valor presente Neto de un proyecto, a una tasa de interés i , es igual a la sumatoria del valor presente de los ingresos netos, a una tasa de interés i , menos la sumatoria del valor presente de los egresos netos, a una tasa de interés i , es decir:

$$VPN(i) = \sum_{j=0}^n VPI_j(i) - \sum_{j=0}^n VPE_j(i)$$

Donde:

$VPI_j(i)$: Valor presente del ingreso neto del período j, a una tasa de interés i.

$VPE_j(i)$: Valor presente del egreso neto del período j, a una tasa de interés i.

N: número de períodos.

Tabla 54.

Cálculos del VPN para el proyecto.

Año	0	1	2	3		
Flujo de Caja	-225.637.000,00	63.280.292,70	81.275.537,70	127.573.513,70	i	0,2112
VPN	-225.637.000,00	58.592.863,61	69.680.463,56	101.271.968,28	VPN	3.908.295,45

Fuente: El Autor.

Según la manera de analizar el VPN, dice que, sí es mayor a 0, el proyecto se justifica desde el punto de vista financiero. Dado que los dineros invertidos en el proyecto rinden más que i. En este caso, según el VPN, se aprueba el proyecto.

4.2. Tasa Interna de Retorno TIR (i).

La TIR, también llamada la tasa interna de rendimiento, es la medida más adecuada de la rentabilidad de un proyecto, dado que mide la totalidad de los beneficios que produce la inversión mientras se encuentran invertidos en el proyecto (Arboleda Vélez, 2001).

Para su cálculo, es necesario calcular primero una tasa de referencia, tasa de mercado o tasa de descuento, con la siguiente formula:

$$i1 = \frac{\left(\frac{\sum \text{Ingresos Netos}}{I_0}\right) - 1}{n}$$

Y se reemplaza i1 en la fórmula del VPN y se obtiene un VPN1 positivo. Luego se asume un interés i2, estimado mayor que i1, y se reemplaza en la fórmula del VPN con el fin de obtener un VPN2 Negativo, con los datos obtenidos se calcula la TIR, según la siguiente formula:

$$TIR = i1 + \left\{ (i2 - i1) * \left(\frac{VPN1}{VPN1 + VPN2} \right) \right\}$$

Tabla 55

Cálculos de la TIR para el proyecto.

Paso 1						
	i1	0,0687				
Paso 2						
Año	0	1	2	3		

Flujo de Caja	-225.637.000,00	63.280.292,70	81.275.292,70	127.573.513,70	i	0,0687
VPN1	-225.637.000,00	59.213.357,35	71.164.099,04	104.523.546,52	VPN1	9.264.002,90
Paso 3						
	i2	0,80				
Año	0	1	2	3		
Flujo de Caja	-225.637.000,00	63.280.292,70	81.275.292,70	127.573.513,70	i	0,80
VPN2	-225.637.000,00	35.155.718,17	25.084.966,88	21.874.745,15	VP2	-143.521.569,80
Paso 4						
	TIR	0,17				

Fuente: El Autor.

Según la manera de analizar la TIR, dice que, si es mayor a i_1 , el proyecto se justifica desde el punto de vista financiero. Dado que el proyecto tiene una rentabilidad asociada mayor que la tasa de mercado. En este caso, según la TIR, se aprueba el proyecto.

5. Conclusiones

La ejecución y puesta en marcha del diseño de distribución en planta escogido por la empresa, se resumió en 13 actividades que tendrían una duración de 60 días hábiles, es decir 3 meses, para los cuales se trabajaría de lunes a viernes durante 8 horas diarias. Dicha ejecución, tendría un costo total aproximado de \$190'005.744,77. Para llevar a cabo el proyecto, es necesario pedir un préstamo, el cual sería a Coltefinanciera a una tasa anual efectiva de 21,12%, el cual se pagaría en tres años.

Según los análisis financieros, el proyecto se justifica dado que la inversión genera una rentabilidad mayor a los dineros invertidos

Capítulo 7

Conclusiones y recomendaciones

Durante este capítulo se presentan conclusiones de cada uno de los capítulos como resumen de los mismos, y a partir de estas, unas recomendaciones para la empresa Creaciones Medellín Ltda.

1. Conclusiones

Se logró realizar la caracterización detallada del proceso de fabricación actual de la empresa Creaciones Medellín Ltda., donde se estableció que la empresa maneja un sistema de producción unitario o individual, donde actualmente, está enfocada en la fabricación de un solo producto, láminas de caucho.

Dado que, el producto que la empresa está ofreciendo en el mercado se encuentra en su etapa de nacimiento, es difícil general pronósticos sobre la demanda histórica confiables; Sin embargo, fue posible establecer un modelo autorregresivo que demostró un buen comportamiento frente a los datos y se logró generar pronósticos de la demanda para los siguientes años.

Frente a dichos pronósticos, se estableció que se requiere únicamente del 53,45% de la capacidad disponible de la planta para la elaboración de 18.185 unidades de lámina en el año 2017; se requiere de la misma cantidad de máquinas y operarios actuales en la línea de producción; y es necesaria la elaboración de 145.480 kg de compuesto de caucho para obtener las unidades pronosticadas.

En cuanto al manejo de los materiales, se estableció como necesario el uso de una máquina puente grúa para el transporte de materias primas sólidas y en polvo, y de válvulas externas y tuberías para los aceites; y en cuanto a almacenamiento, se propuso la implementación de silos para las materias primas en polvo y aceites. Esto para reducir la manipulación de los materias, su posible deterioro y contaminación, al igual que, reducir el esfuerzo físico de los operario al transportar dichos materiales día a día.

A partir de los recursos establecidos y la estructura actual de la planta de producción de la empresa Creaciones Medellín Ltda., se logró la definición de 24 áreas importantes, las cuales fueron organizadas bajo la metodología de SLP, de tal manera que se cumplieran cuatro criterios importantes para la empresa: Razonabilidad de la distribución; Cercanía entre áreas, Aprovechamiento de espacio; y el más importante la reducción del flujo de material. De esta manera, fue posible establecer tres alternativas distintas donde se disminuía el flujo en un 29,17%, 32,40% y 38,81% respectivamente, comparado con el flujo actual.

Gracias a la evaluación de las alternativas, fue posible definir una alternativa que reunía de la mejor manera las características pedidas por la empresa y presentarla por medio de planos a la empresa, de tal manera que plasmaran todas las áreas organizadas y definidas, y las máquinas necesarias para el nuevo diseño de distribución en planta de la empresa Creaciones Medellín Ltda.

Al realizar la evaluación financiera de la propuesta, luego de definida su duración y costo, fue posible establecer que, si es viable la inversión, dado que es rentable frente al mercado de la empresa.

2. Recomendaciones

Se destaca la importancia de mejorar las señalizaciones y delimitaciones de seguridad en la planta, así como de capacitar a los operarios y demás empleados, para el debido uso de los implementos de seguridad, el manejo de materias primas y de materiales de desechos.

Al implementar el nuevo diseño de distribución en planta, la empresa Creaciones Medellín Ltda., mejoraría el flujo de materiales y las distancias a recorrer durante los procesos de fabricación, con lo que se destaca la importancia en un nuevo enfoque de desarrollar e implementar nuevas estrategias a nivel de producción. Dado que, se tendría aproximadamente el 50% de la capacidad actual disponible para seguir creciendo en el mercado del sector de Fabricación de productos de caucho y plásticos, con lo cual se sugiere incursionar en la elaboración de nuevos productos para el mercado, o vender capacidad de producción a otras empresas que lo requieran.

De igual manera, dada la nueva distribución de planta y el manejo de materiales donde la manipulación, contaminación y deterioro de materias primas es mínimo, se puede pensar en implementar líneas de producción tanto de láminas como de otros productos de compuesto de caucho de colores, y en especial de color ámbar o natural, que requiere de un cuidado especial en su fabricación.

También, es importante que la empresa, en un futuro, piense en la elaboración de un nuevo estudio de mercado, para conocer las nuevas tendencias del sector, estudiar a los consumidores, los productos, los precios del mercado, y la comunicación existente entre los diferentes actores. Para de esta manera establecer estrategias de mercadeo y promoción, y poder abarcar un segmento del mercado cada vez mayor. Además, con la implementación del proyecto, la empresa puede mostrar a sus clientes su deseo de utilizar nuevas tecnologías, para brindar productos de calidad y en condiciones cada vez más favorables tanto para los empleados en la empresa, como para los proveedores y los clientes potenciales.

Bibliografía

-
- Aktiva Servicios Financieros. (2016). *La industria de productos de caucho en Colombia*. Medellín.
- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2000). *sdp.gov*. Recuperado el 29 de mayo de 2016, de http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/POT_2020/Que_Es
- Arboleda Vélez, G. (2001). *Proyectos: Formulación, Evaluación y Control*. San Fernando, Cali, Colombia: Cargraphics S.A.
- Armour, G. C., & Buffa, E. S. (1963). A heuristic algorithm and simulation approach to relative allocation of facilities. *Management Science* , 294-300.
- Azadivar, F., & Wang, J. (2010). Facility layout optimization using simulation and genetic algorithms. *International Journal of Production Research* , 4369 - 4383.
- Baron Muñoz, D. A., & Zapata Álvarez, L. M. (2012). *Propuesta de redistribución de planta en una empresa del Sector Textil*. Santiago de Cali: Universidad ICESI.
- Beliczky, L. D., & Fajen, J. (1998). Industria del Caucho. En O. I. Trabajo, *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo* (págs. 80.1- 80.17). Madrid: Ministerio de trabajo y Asuntos Sociales .
- BOM Consulting Group. (30 de junio de 2008). *Business Operations Management*. Recuperado el 29 de mayo de 2016, de www.bomconsulting.com
- Bravo S., D. C., & Sánchez L., C. H. (2011). *Distribución en planta*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Camargo Ortiz, J. L., & Arias Martínez, J. A. (2010). *Rediseño de la Planta de producción de Bornes de Risaralda para el mejoramiento de sus procesos*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Collazos Valencia, C. (2013). *Rediseño del sistema productivo utilizando técnicas de distribución de planta: Caso de estudio planta procesadora de alimentos*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Coltefinanciera. (2017). *Coltefinanciera*. Recuperado el 20 de febrero de 2017, de <http://www.coltefinanciera.com.co/empresas/productos/credito-empresarial/tasas>
- DANE. (2014). *Encuesta Nacional de Manufactura*.
- Departamento de Organización de empresas, E. F. (2005). *Diseño de sistemas productivos y logísticos*. México D.F.: Departamento de Organización de empresas, E. F. y C.
- Dilworth, J. (1996). *Operation management*. McGraw Hill.
- Djabi P., K. A. (2006). *Diseño de un sistema de manejo de materiales de Bridgestone Firestone Venezolana*. Sartenejas: Universidad Simon Bolivar.
- Drira, A., Pierreval, H., & Hajri-Gabouj, S. (2007). Facility Layout Problems: A Survey. *Annual Reviews in Control* , 255-267.

- EANPC. (1959). *Enplanta. Excelesencia y productividad en crecimiento*. Recuperado el 29 de mayo de 2016, de <http://www.enplanta.com/index.php/modules-positions/que-es-productividad.html#>
- Economia.WS. (2015). Recuperado el 29 de mayo de 2016, de <http://www.economia.ws/mercado.php>
- Galindo Álvarez, A. M. (2011). *Desarrollo de un método de Distribución Física aplicable en las Industrias Ecuatorianas*. Guayaquil - Ecuador: Escuela Superior Politecnica del Litoral.
- Galvis Hurtado, R. (2008). El aporte económico de las Pymes en Colombia. *Entramado, vol.4, núm 1*, 64-79.
- GEM (Global Entrepreneurship Monitor). (2015). *2015/16Global Report*.
- Ghiani, G., Laporte, G., & Musmanno, r. (2004). *Introduction to Logistic Systems Planning & control*. Chichester: John Wiley & SonsLtd.
- Granados Suarez, A. (2006). *Diseño y distribución de la nueva planta de producción de vidrio templado Vitelsa del Pacifico SA*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Hernandez, G., & Woithe, G. (1986). *Fundamentos de la Proyección de Fabricas*. La Habana; Cuba: Pueblo y Educacion.
- Hernández, L. (2013). *Evaluación del flujo de materiales y diseño de la ubicación de una línea de pasta de fideos*. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Hicks Philip, E. (1999). *Ingeniería Industrial y Administración: Una nueva perspectiva*. CECSA.
- IG Group. (septiembre de 2015). *IG Group*. Recuperado el 29 de mayo de 2016, de <http://www.ig.com/es/explicacion-materias-primas#>
- Institución Universitaria de Envigado. (2014). *Prospectiva tecnológica*. Institución Universitaria de Envigado.
- Jajodia, S., Minis, I., & Harhalakis, G. (1992). CLASS: Computerized Layout Solutions Using Simulated Annealing. *International Journal of Production Research*, 95-108.
- Legis S.A. (5 de Julio de 2012). *Construdata*. Recuperado el 17 de Febrero de 2017, de <http://www.construdata.com>
- López Carrasquero, F. (2004). *Fundamentos de los polímeros*. Mérida: Escuela Venezolana para la Enseñanza de la Química.
- Mandelbaum, J. (2016). *The rubber expert*. Recuperado el 13 de junio de 2016, de <http://www.jorgemandelbaum.com>
- Manrique Ariza, D. A. (2008). *Diseño de un plan de producción en planta para una empresa del sector de fabricación de productos de plástico*. Bogotá D.C.: Universidad Javeriana.
- Maquinaria Pulvex . (2014). *Pulvex*. Recuperado el 19 de enero de 2017, de <http://maquinariapulvex.com>

Martinez Florez, L. R. (2009). *Propuesta de mejoramiento de un centro de distribución de retail, a través de la distribución en planta y el rediseño de los procesos operativos de recepción, almacenamiento, alistamiento y despacho*. Bogotá D.C.: Universidad Javeriana.

Material Handling Institute of America. (s.f.). *MHI*. Recuperado el 19 de Septiembre de 2016, de <http://www.mhi.org>

Mejía A., H., Wilches A., M. J., Galofe V., M., & Montenegro, Y. (2011). Aplicación de metodologías de distribución de. *Scientia et Technica* , 63-68.

Meyers, F. E., & Stephens, M. P. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. México: Pearson Educación.

Muñiz G., R. *Marketing en el Siglo XXI*. CEF.-.

Muther, R. (1996). Distribución de la planta. En W. Hodson, *Manual del Ingeniero Industrial* (págs. 13.35-13.76). Ciudad de Mexico; Mexico: Mc Graw Hill.

Muther, R. (1973). *Systematic Layout Planning*. Boston: Cahers books.

Niebel, B., & Freivald, A. (2004). *Ingeniería Industrial, Métodos, Estándares y diseño del trabajo*. México: Alfaomega.

Quiceno Orozco, O. D., & Zuluaga García, N. (2012). *Propuesta de mejoramiento para la distribución de planta en una empresa del Sector lácteo*. Santiago de Cali: Universidad ICESI.

Reed, R. (1971). *Localización layout y producción de planta*. México D.F.: Crat.

Revoluciones industriales. (2015). *Revoluciones industriales*. Recuperado el 19 de Enero de 2017, de <http://www.revolucionesindustriales.com/>

Reyes Flores, G. N. (2013). *La aplicación de las técnicas Sistamatic Layout Planning y Systematic Handling Analysis para mejorar el movimiento de materiales en una empresa textil*. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.

Rivera Camino, J., & De Garcillán López - Rua, M. (2007). *Dirección de marketing Fundamentos y aplicaciones*. Madrid: ESIC.

Robolledo, Y., & Yllas, J. (2006). *Propuestas de mejoras al sistema de manejo de materiales de una ensambladora de vehículos Caso: Daimlerchrysler de Venezuela L.L.C*. Carabobo: Universidad de Carabobo.

Roche, H., & Vejo, C. (2005). *Métodos cuantitativos aplicables a la Adminsitación*.

Romagnoli, S. (2007). Herramientas de Gestión: Diagnóstico empresarial. *Fruticultura & Diversificación* , 9.

Royo, J. (1989). *Manual de tecnología del caucho*. Barcelona: Consorcio Nacional de Industriales del Caucho.

Salazar López, B. (2016). *Ingenieriaindustrialonline*. Recuperado el 28 de 09 de 2016, de www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/

Taha, H. A. (2004). *Investigación de operaciones*. México: Pearson Educación.

Thirion, M., & Collis, R. (26 de Octubre de 2016). *Minitab Inc*. Recuperado el 26 de Octubre de 2016, de <https://www.minitab.com/es-mx/Published-Articles/ARIMA--How-to-Avoid-the-Herd-When-Analyzing-Time-Series-Data/>

Thompkins, J., White, J., Bozer, Y., & Tanchoco, J. M. (2006). *Planeación de instalaciones*. México: Thomson Learning.

Tompkins, J. A. (1996). *Facilities Planing*. USA: John Wiley & Sons. Inc.

Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoco, J. (2011). *Planeación de Instalaciones*. México D.F.: Cengage Learning Editores S.A. de C.V.

Tompkins, J., White, J., Bozer, Y., & Tanchoco, J. (2011). *Planeacion de Instalaciones*. Ciudad de Mexico: Cengage Learning.

Universidad Nacional Abierta y a Distancia . (2014). *UNAD*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2016, de http://datateca.unad.edu.co/contenidos/256596/2014II/Leccion_Evaluativa_L3.pdf

Vargas Querea, R. (2010). *Disposición Física de instalaciones: Caso de estudio, centro de Ingeniería Avanzada, Facultad de Ingeniería, UNAM*. México D. F. : UNAM.

Viteri Clavijo, M. (2008). *Diseño de una planta procesadora de Tilapia Ahumada Aplicando Planeación Sistemática de Distribución en planta*. Guayaquil: Escuela Superior Politecnica del Litoral.

Woithe, G., & Hernandez, G. (1986). *Fundamentos de la Proyeccion de Fabricas de Construcccion de Maquinarias*. La Habana; Cuba: Pueblo y Educacion.

Yang, T., Peters, B. A., & Tu, M. (2005). Layout desing for flexible manufacturing systems considering single - lopp directional flow patterns. *European Journal of Operational Reserch* , 440-445.


Yang, T., Peters, B., & Tu, M. (2005). Layout design for flexible manufacturing systems considering single-loop directional flow patterns. *European Journal of Operational Research* , 440 - 455.


Anexo A. Resumen del Estudio de Tiempos.

Estación	Descripción	Tamaño de muestra	Tiempo total promedio	Valoración del ritmo promedio	Tiempo base	Suplementos	Tiempo estándar
Primera estación: Corte y dosificación.	En esta estación se realiza la preparación de materias primas base del compuesto de caucho, donde los materiales son cortados, pesados y dosificados.	22	00:30:09	102	00:30:45	13%	00:35:00
Segunda estación: Mezclado.	En esta estación se realiza el mezclado de las materias primas base del compuesto de caucho a fabricar en el Banbury.	7	00:12:31	102	00:12:46	11%	00:14:00
Tercera estación: Enfriamiento inicial (Molino).	Esta estación consiste en el enfriamiento del material en el molino abierto.	13	00:07:55	105	00:08:19	9%	00:09:00
Cuarta estación: Secado.	Esta estación consiste en llevarlos compuestos de caucho al lugar más fresco de la planta para su enfriamiento y secado.	1	24:00:00	100	24:00:00	0%	24:00:00
Quinta estación: Muestreo.	En esta estación, se realiza una nueva mezcla de compuesto y se cortan los cuatro cuadrados para la posterior vulcanización.	35	00:30:21	98	00:31:42	9%	00:35:00
Sexta estación: Vulcanización de láminas.	Esta estación corresponde al proceso realizado en la prensa hidráulica.	8	00:06:39	105	00:06:59	13%	00:08:00
Séptima estación: Secado de láminas.	Corresponde al momento cuando se ponen a secar y enfriar las láminas de caucho, luego del proceso de vulcanizado.	1	04:00:00	100	04:00:00	0%	04:00:00
Octava estación: División de láminas.	Esta operación consiste en dividir las láminas a diferentes calibres, dependiendo las especificaciones.	5	00:01:46	102	00:01:48	11%	00:02:00
Novena estación: Lijado de láminas.	Esta operación se realiza un una lijadora de láminas, que permite mejorar el acabado de las láminas.	5	00:03:51	102	00:03:56	11%	00:04:00
Décima estación: Empaque de láminas.	En esta estación se preparan las láminas para su posterior venta.	13	00:04:08	98	00:03:56	11%	00:04:00

Anexo B. Fichas técnicas de maquinaria del proceso productivo

Maquinaria para corte y dosificación.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA		CREACIONES MEDELLIN LTDA	
Preparado por: Briggith Briceño		Fecha: 26-10-16	Versión: 01
Nombre	Guillotina para caucho		
Descripción	Maquina utilizada para cortar y refilar materiales blandos. Consta de una hoja de acero afilada en uno de sus lados, llamada cuchilla, una escuadra de apoyo lateral fija y una de apoyo frontal móvil, cuya posición da la distancia de corte.		
Especificaciones técnicas			
Dimensión máxima de corte	50cm		
Mecanismo de acción	Automática. Corta al oprimir o accionar un botón		
Número de hojas	1		
Material	Metálica		
Material hoja	Acero inoxidable		
Fuerza de corte	8 toneladas		
Potencia de motor	3 HP		
Tamaño			
Ancho	0,5 m		
Alto	3 m		
Largo	1,2 m		


FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA		CREACIONES MEDELLIN LTDA	
Preparado por: Briggith Briceño		Fecha: 26-10-16	Versión: 01
Nombre	Balanza de precisión		
Descripción	Es un instrumento cuya finalidad es para medir la masa de los objetos y mostrar su resultado en una pantalla. Tiene capacidad para obtener el peso con una precisión alta.		
Especificaciones técnicas			
Adaptador	9 V		
Batería	40 horas		
Capacidad	6kg		
Precisión	0,5 g		
Conexión eléctrica	110 V		
Temperatura de trabajo	Ambiente		
Material	Acero		
Tamaño			
Ancho	40cm		
Alto	10 cm		
Largo	30cm		

Maquinaria para mezclado

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA		CREACIONES MEDELLIN LTDA	
Preparado por: Briggith Briceño		Fecha: 26-10-16	Versión: 01
Nombre	Banbury		
Descripción	Mezcla y refinación de las materias primas, tales como caucho crudo, caucho sintético, resina, asfalto, celluliese, PVC o EVA en incluso la acción mezclada.		
Especificaciones técnicas			
Capacidad	32 L		
Aire comprimido	20 m3/hora		
Número de giros de la pala	27,5 giros/min		
Consumo de agua	12 m3/hora		
Presión especifica del pistón	2kg/cm2		
Numero de revoluciones	1500 rpm		
Tiempo de cierre	8 segundos		
Potencia	120 hp		
Motor eléctrico	132 kW		
Tiempo de apertura	7 segundos		
Presión de funcionamiento	30-50 atm		
Tamaño			
Ancho	2,8 m		
Alto	4 m		
Largo	3,7 m		



FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA		CREACIONES MEDELLIN LTDA	
Preparado por: Briggith Briceño		Fecha: 26-10-16	Versión: 01
Nombre	Banbury		
Descripción	Mezcla y refinación de las materias primas, tales como caucho crudo, caucho sintético, resina, asfalto, celluliese, PVC o EVA en incluso la acción mezclada.		
Especificaciones técnicas			
Capacidad	14 L		
Aire comprimido	20 m3/hora		
Número de giros de la pala	27,5 giros/min		
Consumo de agua	6 m3/hora		
Presión especifica del pistón	2kg/cm2		
Numero de revoluciones	1500 rpm		
Tiempo de cierre	8 segundos		
Potencia	120 hp		
Motor eléctrico	100 kW		
Tiempo de apertura	7 segundos		
Presión de funcionamiento	30-50 atm		
Tamaño			
Ancho	1,3 m		
Alto	4 m		
Largo	5,7 m		



Maquinaria para el enfriamiento inicial (Molino 150)

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA		CREACIONES MEDELLIN LTDA	
Preparado por: Briggith Briceño		Fecha: 26-10-16	Versión: 01
Nombre	Molino mezclador de caucho 150		
Descripción	Consiste en dos cilindros metálicos dispuestos paralelamente de manera que sus ejes se encuentren en el mismo plano horizontal y que giran en sentidos opuestos. Apto para el mezclado de Polietileno EVA, caucho sintético y caucho natural.		
Especificaciones técnicas			
Sistema de control de temperatura	Refrigeración por agua / Calentamiento por vapor		
Sistema de rotación	Caja de engranajes de reducción de bajo nivel sonoro		
Motor	220 voltios		
	50 HP		
	580 RPM		
Relación de fricción	1,36		
Longitud cilindros	150 cm		
Cilindro lento			
Circunferencia	1,27 m		
Velocidad de rotación	11 RPM		
Cilindro Rápido			
Circunferencia	1,26 m		
Velocidad de rotación	15 RPM		
Tamaño			
Ancho	2 m		
Alto	1,7 m		
Largo	6 m		



Maquinaria para muestreo (Molino 110)

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA		CREACIONES MEDELLIN LTDA	
Preparado por: Briggith Briceño		Fecha: 26-10-16	Versión: 01
Nombre	Molino mezclador de caucho 110		
Descripción	Consiste en dos cilindros metálicos dispuestos paralelamente de manera que sus ejes se encuentren en el mismo plano horizontal y que giran en sentidos opuestos. Apto para el mezclado de Polietileno EVA, caucho sintético y caucho natural.		
Especificaciones técnicas			
Sistema de control de temperatura	Refrigeración por agua / Calentamiento por vapor		
Sistema de rotación	Caja de engranajes de reducción de bajo nivel sonoro		
Motor	220 voltios		
	50 HP		
	580 RPM		
Relación de fricción	1,2		
Longitud cilindros	110 cm		
Cilindro lento			
Circunferencia	1,27 m		
Velocidad de rotación	15 RPM		
Cilindro Rápido			
Circunferencia	1,26 m		
Velocidad de rotación	18 RPM		
Tamaño			



Ancho	1,5 m	
Alto	1,4 m	
Largo	4,2 m	

Maquinaria para vulcanización de láminas

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA		CREACIONES MEDELLIN LTDA	
Preparado por: Briggith Briceño		Fecha: 26-10-16	Versión: 01
Nombre	Prensa Mapelli		
Descripción	Prensa hidráulica para la producción de láminas de caucho por medio de la vulcanización		
Especificaciones técnicas			
Fuerza de cierre	1216 toneladas a una presión de 200 k/ cm ²		
Dimensiones de los platos	120 cm x 120 cm x 7 cm		
Número de platos	5		
Número de espacios para colocar moldes	4		
Capacidad por molde	8 kg		
Dimensiones de los moldes	1m x 1 m calibre 6 mm		
Diámetro del pistón	88 cm		
Presión de trabajo	2600 psi		
Motor eléctrico	30 kW		
Velocidad de cierre	50mm/ segundo		
Velocidad de apertura	100mm/ segundo		
Velocidad de rotación	11 RPM		
Tamaño			
Ancho	1,3 m		
Alto	6 m		
Largo	2,5 m		




Maquinaria para división de láminas

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA		CREACIONES MEDELLIN LTDA	
Preparado por: Briggith Briceño		Fecha: 26-10-16	Versión: 01
Nombre	Divididora		
Descripción	Maquina utilizada para cortar y dividir materiales como el caucho Consta de una hoja de acero afilada		
Especificaciones técnicas			
Capacidad	33 kg		
Ancho de la cuchilla	85mm		
Espesor de corte	0,8 - 20 mm		
Vida de servicio de la cuchilla	150 - 200 hojas		
Gama de ajuste por encima de la cuchilla	25mm		
Numero de revoluciones	1500 rpm		
Diámetro de rodillo superior	40 mm		
Velocidad por motor	15m/min		
Velocidad de avance	7,5 m/min		
Velocidad de retorno	40m/min		
Tamaño			




Ancho	0,6 m	
Alto	1,4 m	
Largo	3 m	

Maquinaria para lijado de láminas

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA		CREACIONES MEDELLIN LTDA		
Preparado por: Briggith Briceño		Fecha: 26-10-16	Versión: 01	
Nombre	Lijadora			
Descripción	Máquina que se usa para un rápido lijado de caucho. Consiste de un motor eléctrico que gira un par de tambores sobre los cuales se monta una pieza de papel de lija continua			
Especificaciones técnicas				
Velocidad de la banda	3,9 Rpm			
Tamaño de la mesa	32*7(L*ang/pul)			
Inclinación de la mesa	90°			
Potencia	1-1/2 HP			
Fase de motor	1			
Voltaje del motor	115V			
Voltaje pre cableado	115V			
Corriente del motor	18,9 A			
Tamaño				
Ancho	0,3 m			
Alto	1,4 m			
Largo	4 m			

Anexo C. Fichas técnicas de maquinaria de manejo de materiales

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA		CREACIONES MEDELLIN LTDA	
Preparado por: Briggith Briceño		Fecha:6-01-2017	Versión: 01
Nombre	Puente grúa		
Descripción	Semeja un puente que cubre un área de trabajo. Dicho puente se moviliza sobre unos rieles que le permiten abarcar un área grande, de esta manera, al combinarse con un montacargas proporciona opciones de desplazamiento tridimensional		
Especificaciones técnicas			
General			
Capacidad elevación principal	5Tn		
Recorrido útil gancho principal	16m		
Velocidad mínima elevación principal	0-8 m.p.m		
Velocidad mínima traslación carro	0-90 m.p.m		
Velocidad mínima traslación puente	0-40 m.p.m		
Mando por radio con limitador de alcance	SI		
Sistemas anticolidión	SI		
Eje Principal			
Gancho pesador	SI		
Gancho con giro motorizado	SI		
Material de las poleas	F-622		
Material del tambor de arrollamiento	A-42b		
Freno electrohidráulico	ANTEC		
Limitador de carga	SI		
Eje Auxiliar		Carro	
Gancho pesador	NO	Número de ruedas con pestaña	4
Gancho con giro motorizado	NO	Material de las ruedas	ASTM-504C
Material de las poleas	F-622	Barandillas en los lados que dan al vacío	SI
Material del tambor de arrollamiento	A-42b	Contratopes en vigas principales	SI
Freno electrohidráulico	ANTEC	Limpiavías	SI
Puente		Eléctrico	
Número de ruedas lisas	2 motrices	Tensión de alimentación	400 V
Material de las ruedas	F-1252	Tensión de mando	220 V
Rodillos horizontales regulables	SI	Tensión de servicios auxiliares	220 V
Distancia entre ganchos	1000mm	Sección mínima cables de mando	1,5 mm ²
Soportes antidescarrilamiento	SI	Sección mínima cables de fuerza	2,5 mm ²

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA		CREACIONES MEDELLIN LTDA	
Preparado por: Briggith Briceño		Fecha:6-01-2017	Versión: 01
Nombre	Montacargas		
Descripción	Es un equipo de transporte terrestre de mercancías que tiene la capacidad de soportar peso, que una persona no puede tolerar, lo cual simplifica el movimiento, traslado y orden de las		

mercancías, además tiene la posibilidad de remolcar, empujar, apilar, subir o bajar distintos objetos y elementos de alturas que un operario generalmente no alcanzaría, gracias a su sistema de funcionamiento con dos pesos que se contraponen entre sí en lados opuestos de un punto de giro: las ruedas delanteras, la carga que transporta se balancea por un centro de gravedad que balancea en todas las direcciones, éste determina su estabilidad.


Especificaciones técnicas

General	
Marca	Hyster
Modelo	H60FT
Capacidad	2.722 Kg
Centro de carga	610 mm
Altura del paso	407 mm
Ruedas, número - delantero / trasero	2x/2
Dimensiones	
Altura de elevación, superior	3292 mm
Altura de elevación, estándar	140 mm
Altura de elevación, opcional	1565 mm
longitud del carro	2486 mm
Ancho del carro	1157 mm
Altura del carro	2170 mm
Radio de giro	2149 mm
Neumáticos y ruedas	
Distancia entre ejes de las ruedas	1623 mm
Tamaño de los neumáticos, Delantero	28 x 9 - 15
Tamaño de los neumáticos, trasero	6.50 x 10
Otros	
Capacidad del tanque de combustible	52,8 L



FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA		CREACIONES MEDELLIN LTDA	
Preparado por: Briggith Briceño		Fecha: 6-01-2017	Versión: 01
Nombre	Transpaleta		
Descripción	La transpaleta es usada para el movimiento de carga, para bodegaje. La carga es fácil de levantar, liviana y de seguro transporte a otras áreas. Están diseñadas para trasladar grandes pesos.		
Especificaciones técnicas			
Capacidad de carga	2.500 Kg		
Altura mínima Uñas	85 mm		
Ruedas de dirección	Ø 200 mm		
Ruedas delanteras	Ø 80 x 93 cm		
Altura máxima de utas	200 mm		
Alto Total	1.224 mm		
Largo Total	1.603 mm		

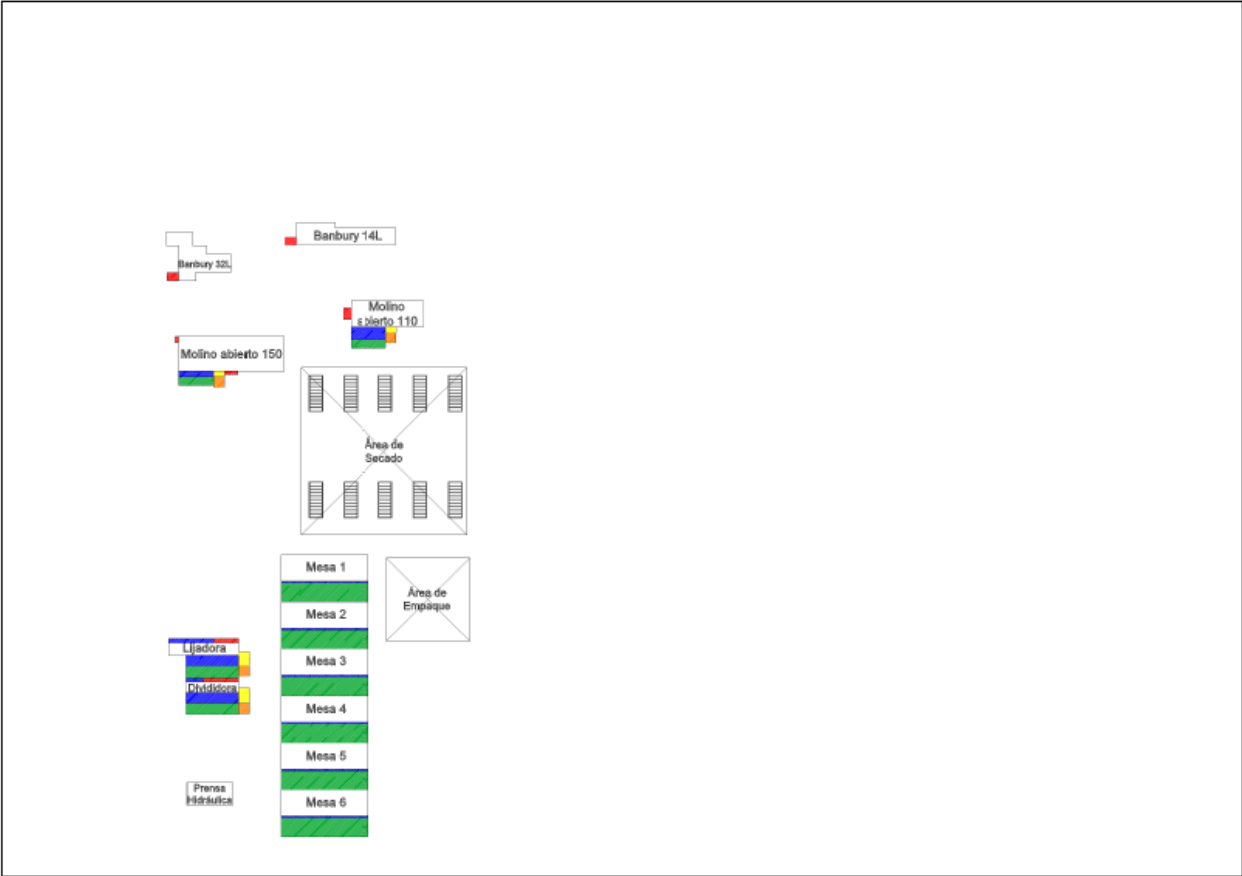
Largo de las uñas	1.220 mm	
Ancho de las Uñas	685 mm	
Distancia mínima al suelo	32 33	
Radio de giro	1.336 mm	
Peso	80 Kg	

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA		CREACIONES MEDELLIN LTDA		
Preparado por: Briggith Briceño		Fecha: 6-01-2017	Versión: 01	
Nombre	Carretilla Zorra			
Descripción	Para trabajo industrial. Recomendada para transporte de cajas y canecas.			
Especificaciones técnicas				
Material	Tubería agua negra de 1"			
Angulo	3/16 x 1½			
Capacidad máxima de carga	400 kg			
Ruedas	8" rin de hierro			
Banda	Caucho			
Bastidor	Caño redondo 1¼' x 1,6 mm			
Tamaño				
Alto	1,2 m			
Pala	400 x 280 x 3,2 mm			

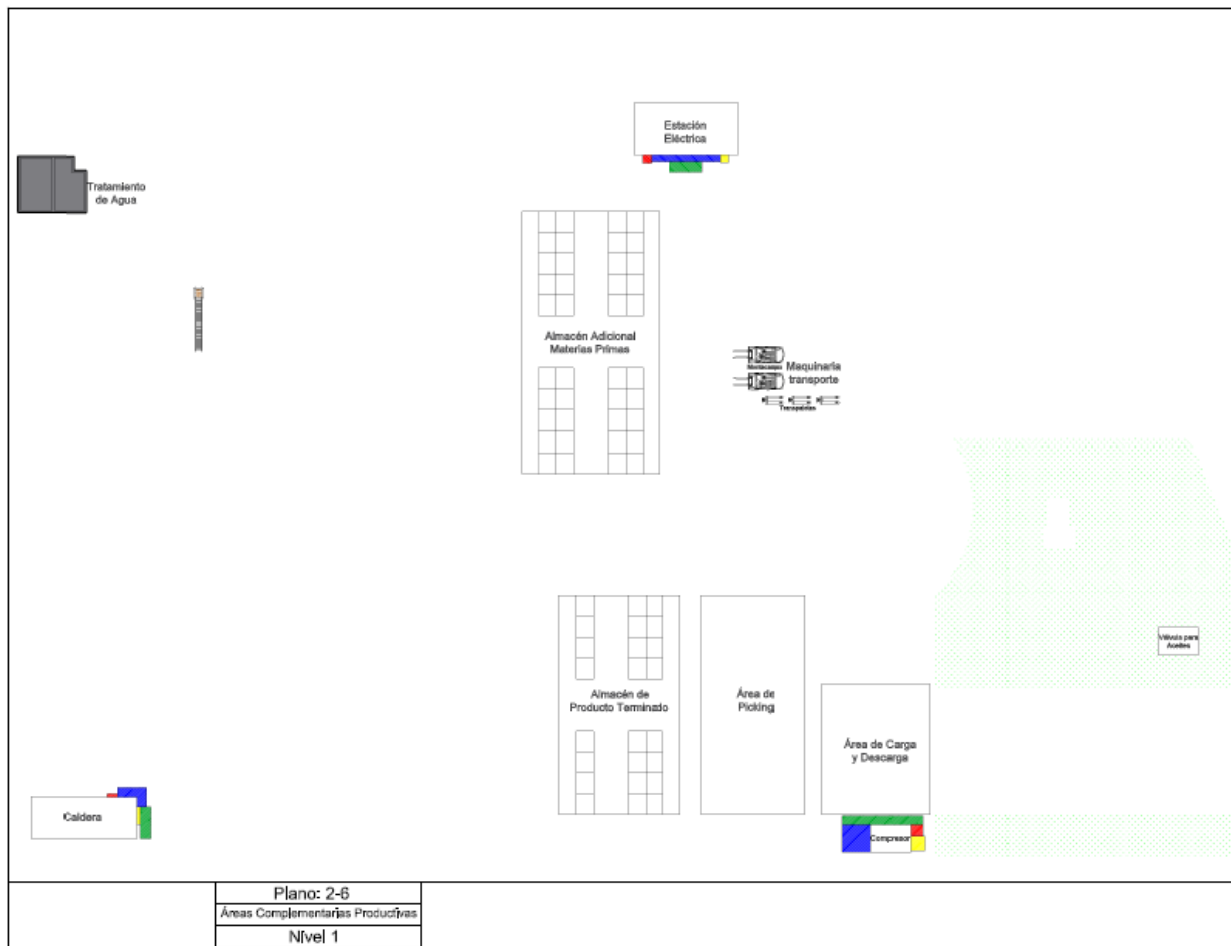
FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA		CREACIONES MEDELLIN LTDA		
Preparado por: Briggith Briceño		Fecha: 6-01-2017	Versión: 01	
Nombre	Carretilla Plataforma			
Descripción	Para trabajo industrial. Recomendada para transporte y enfriamiento de material fabricado a base de caucho entre otros.			
Especificaciones técnicas				
Capacidad máxima de carga	500 kg			
Capacidad media de carga	400 kg			
Ruedas	Dos fijas y dos giratorias 150 x 50 mm polipropileno			
N° de barandas	11			
Tamaño				
Ancho	0,8 m			
Alto	1 m			
Largo	2,1 m			

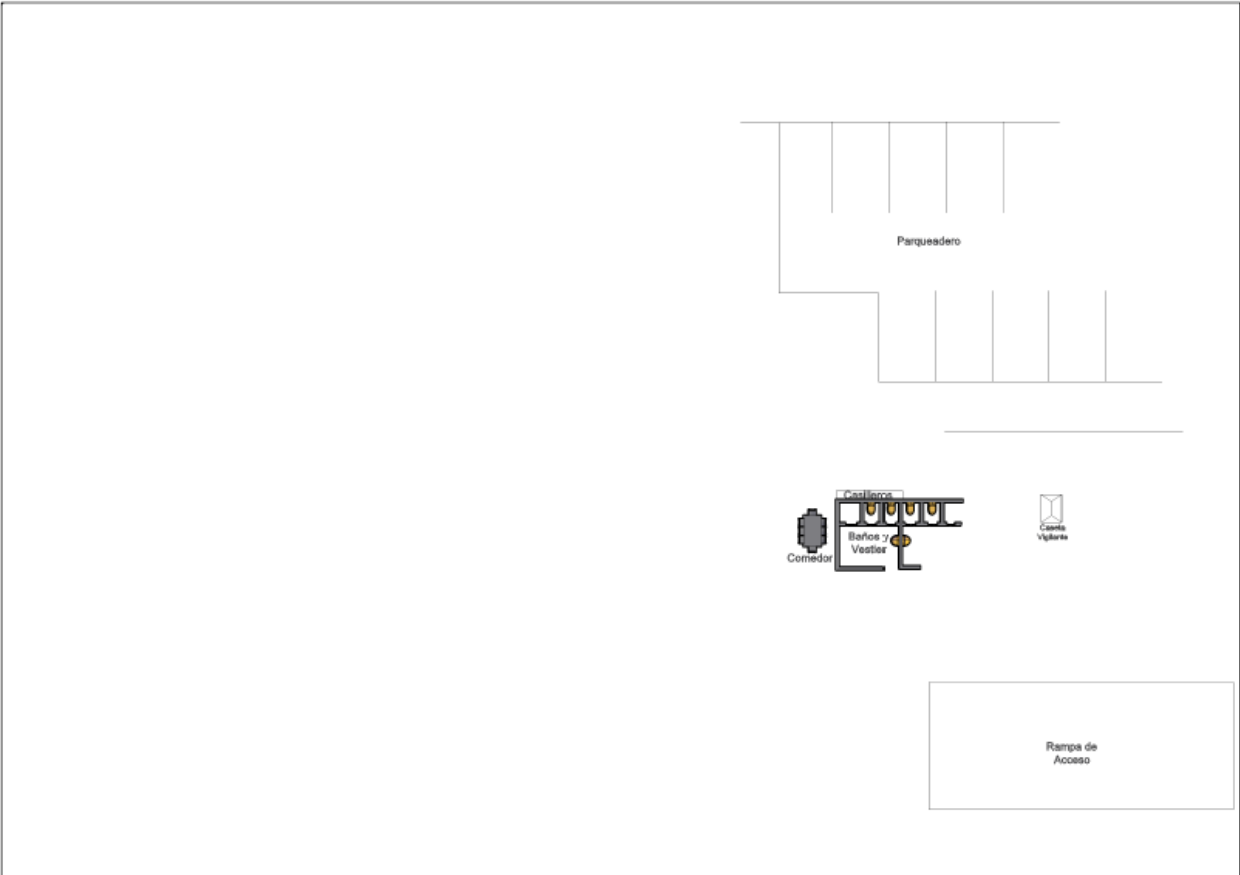
Anexo D. Planos detallado de la Distribución en planta



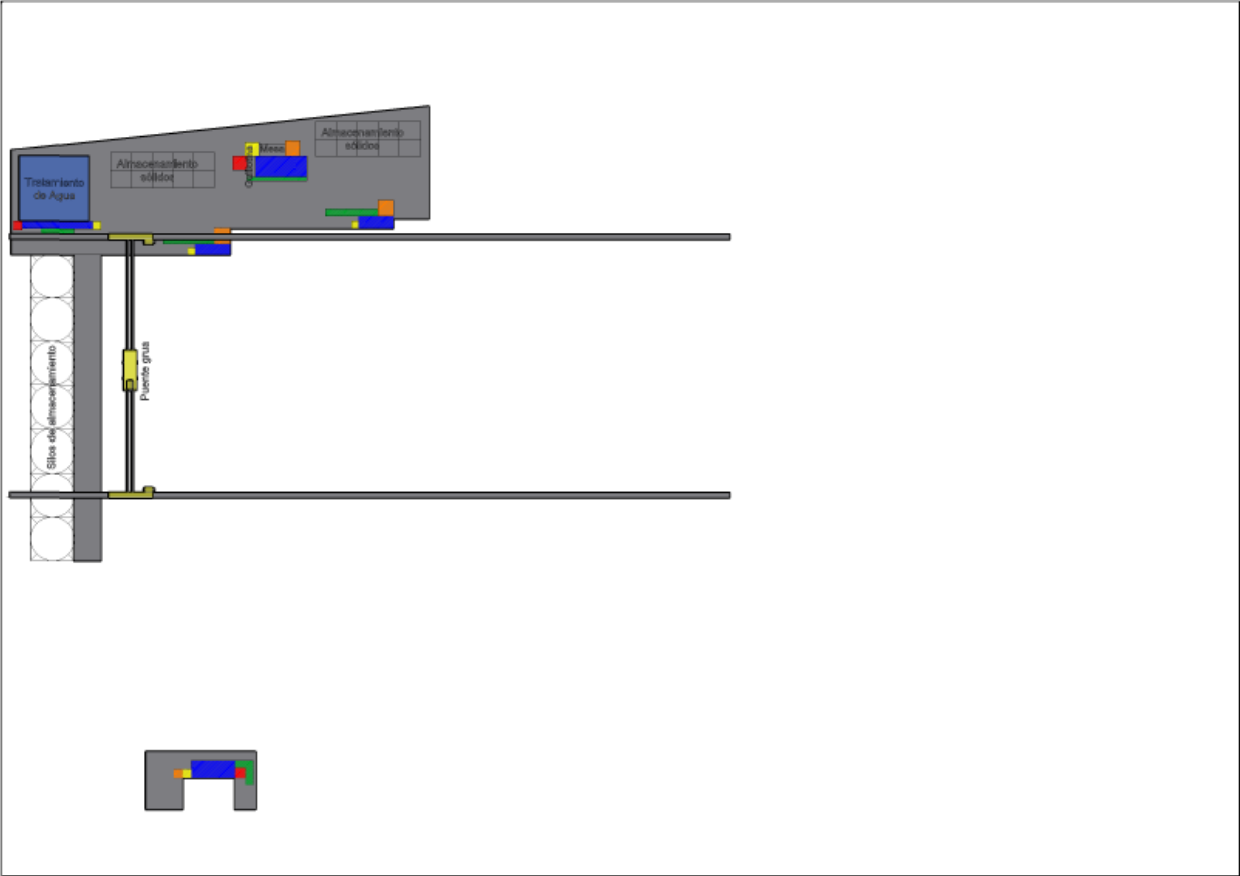


Plano: 1-6
Áreas Productivas
Nivel 1

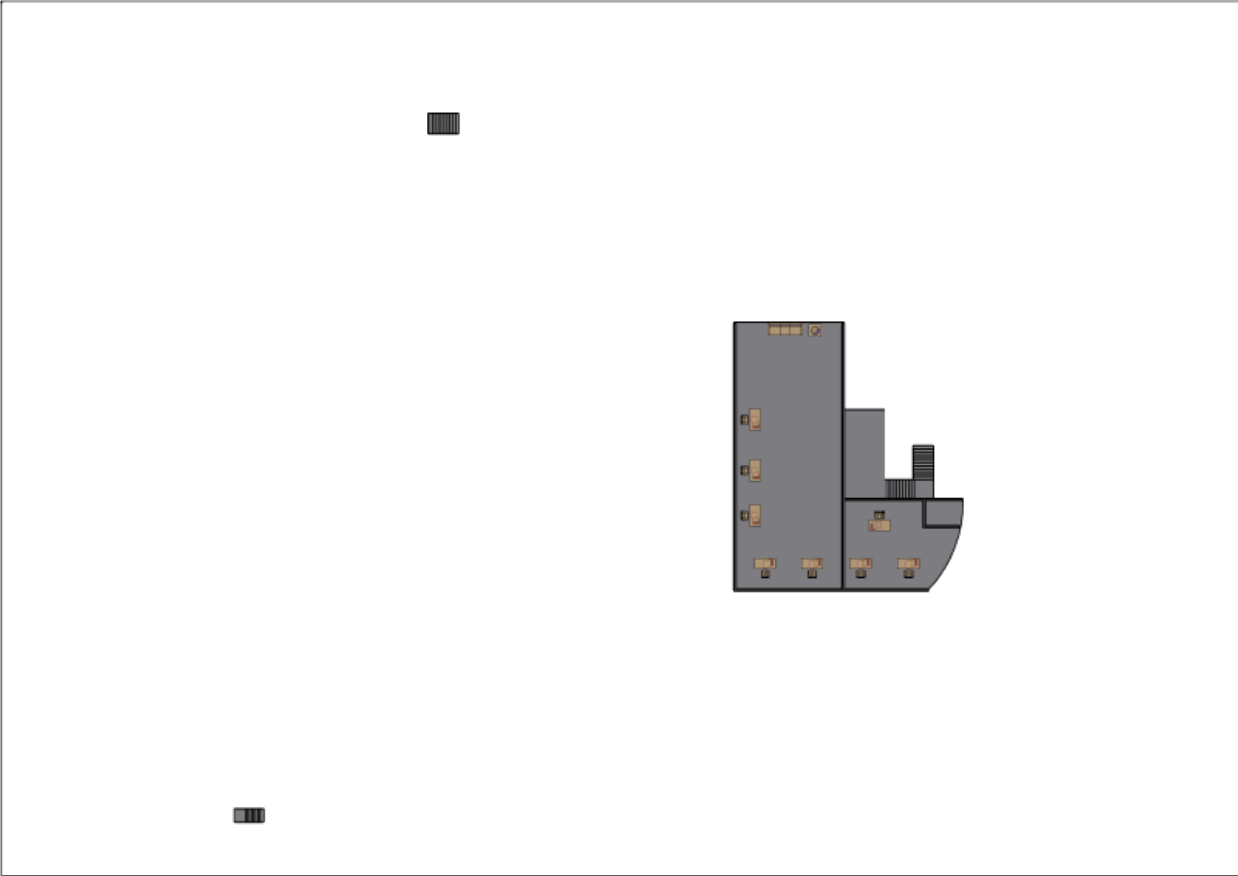




Plano: 3-6
Áreas Complementarias Empresa
Nivel 1



Plano: 4-6
Áreas Productivas
Nivel 2



	Plano: 5-6	
	Áreas Complementarias	
	Nivel 2	

Anexo E. Flujo de efectivo

	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7
	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO
SALDO DEL PERIODO ANTERIOR	0,00	225.637.000,00	187.030.320,63	112.574.714,82	12.685.761,70	17.553.996,70	25.070.979,70	33.702.322,70
ENTRADAS DE EFECTIVO								
Ingresos por ventas		0,00	0,00	0,00	111.278.800,00	133.650.400,00	143.062.400,00	94.844.000,00
Préstamo	225.637.000,00							
TOTAL ENTRADAS DE EFECTIVOS	225.637.000,00	0,00	0,00	0,00	111.278.800,00	133.650.400,00	143.062.400,00	94.844.000,00
SALIDAS DE EFECTIVO								
Cuotas + i Crédito		8.306.929,00	8.306.929,00	8.306.929,00	8.306.929,00	8.306.929,00	8.306.929,00	8.306.930,00
Inversión proyecto		30.299.750,37	66.148.676,81	91.582.024,12	0,00	0,00	0,00	0,00
Costos de materias primas		0,00	0,00	0,00	65.734.416,00	78.949.728,00	84.509.568,00	56.026.080,00
Costos de mano de obra directa		0,00	0,00	0,00	5.259.614,00	6.317.012,00	6.761.872,00	4.482.820,00
Costos de carga fabril		0,00	0,00	0,00	9.855.244,00	11.836.552,00	12.670.112,00	8.399.720,00
Total costo de producción		0,00	0,00	0,00	80.849.274,00	97.103.292,00	103.941.552,00	68.908.620,00
Gasto de ventas		0,00	0,00	0,00	6.572.212,00	7.893.496,00	8.449.376,00	5.601.560,00
Gastos administrativos		0,00	0,00	0,00	7.396.044,00	8.882.952,00	9.508.512,00	6.303.720,00
Gastos financieros		0,00	0,00	0,00	3.286.106,00	3.946.748,00	4.224.688,00	2.800.780,00
Total gastos		0,00	0,00	0,00	17.254.362,00	20.723.196,00	22.182.576,00	14.706.060,00
TOTAL SALIDAS DE EFECTIVO		38.606.679,37	74.455.605,81	99.888.953,12	106.410.565,00	126.133.417,00	134.431.057,00	91.921.610,00
FLUJO DE EFECTIVO NETO	225.637.000,00	187.030.320,63	112.574.714,82	12.685.761,70	17.553.996,70	25.070.979,70	33.702.322,70	36.624.712,70

	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Año1	Año 2	Año 3
	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO			
SALDO DEL PERIODO ANTERIOR	36.624.712,70	39.118.501,70	41.663.721,70	47.757.748,70	54.786.122,70	225.637.000,00	41.663.721,70	81.275.537,70
ENTRADAS DE EFECTIVO								
Ingresos por ventas	91.224.000,00	91.658.400,00	121.632.000,00	129.523.600,00	141.904.000,00	1.058.777.600,00	1.176.500.000,00	1.232.972.000,00
Préstamo								
TOTAL ENTRADAS DE EFECTIVOS	91.224.000,00	91.658.400,00	121.632.000,00	129.523.600,00	141.904.000,00	1.058.777.600,00	1.176.500.000,00	1.232.972.000,00
SALIDAS DE EFECTIVO								
Cuotas + i Crédito	8.306.931,00	8.306.932,00	8.306.933,00	8.306.934,00	8.306.935,00	99.683.184,00	99.683.184,00	99.683.184,00
Inversión proyecto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	188.030.451,30	0,00	0,00
Costos de materias primas	53.887.680,00	54.144.288,00	71.850.240,00	76.511.952,00	83.825.280,00	625.439.232,00	694.980.000,00	728.339.040,00
Costos de mano de obra directa	4.311.720,00	4.332.252,00	5.748.960,00	6.121.958,00	6.707.120,00	50.043.328,00	55.607.500,00	58.276.660,00
Costos de carga fabril	8.079.120,00	8.117.592,00	10.772.160,00	11.471.068,00	12.567.520,00	93.769.088,00	104.195.000,00	109.196.360,00
Total costo de producción	66.278.520,00	66.594.132,00	88.371.360,00	94.104.978,00	103.099.920,00	769.251.648,00	854.782.500,00	895.812.060,00
Gasto de ventas	5.387.760,00	5.413.416,00	7.183.680,00	7.649.764,00	8.380.960,00	62.532.224,00	69.485.000,00	72.820.280,00
Gastos administrativos	6.063.120,00	6.091.992,00	8.084.160,00	8.608.668,00	9.431.520,00	70.370.688,00	78.195.000,00	81.948.360,00
Gastos financieros	2.693.880,00	2.706.708,00	3.591.840,00	3.824.882,00	4.190.480,00	31.266.112,00	34.742.500,00	36.410.140,00
Total gastos	14.144.760,00	14.212.116,00	18.859.680,00	20.083.314,00	22.002.960,00	164.169.024,00	182.422.500,00	191.178.780,00
TOTAL SALIDAS DE EFECTIVO	88.730.211,00	89.113.180,00	115.537.973,00	122.495.226,00	133.409.815,00	1.221.134.307,30	1.136.888.184,00	1.186.674.024,00
FLUJO DE EFECTIVO NETO	39.118.501,70	41.663.721,70	47.757.748,70	54.786.122,70	63.280.307,70	63.280.292,70	81.275.537,70	127.573.513,70

Anexo F. Tabla de amortización del préstamo.

Préstamo P	225.637.000,00	n	36	Meses
Tasa efectiva anual ia	21,12%	m	12	Meses
CUOTA	\$ 8.306.929,18	Tasa de interés i	0,016095798	

Periodo Mes	Saldo inicial SI	Interés i	Cuota	Amortización	Saldo Final SF
0	225.637.000	0	0	0	225.637.000
1	225.637.000	3.631.807	8.306.929	4.675.122	220.961.878
2	220.961.878	3.556.558	8.306.929	4.750.372	216.211.507
3	216.211.507	3.480.097	8.306.929	4.826.833	211.384.674
4	211.384.674	3.402.405	8.306.929	4.904.524	206.480.150
5	206.480.150	3.323.463	8.306.929	4.983.466	201.496.683
6	201.496.683	3.243.250	8.306.929	5.063.679	196.433.004
7	196.433.004	3.161.746	8.306.929	5.145.183	191.287.821
8	191.287.821	3.078.930	8.306.929	5.227.999	186.059.822
9	186.059.822	2.994.781	8.306.929	5.312.148	180.747.674
10	180.747.674	2.909.278	8.306.929	5.397.651	175.350.022
11	175.350.022	2.822.398	8.306.929	5.484.531	169.865.492
12	169.865.492	2.734.121	8.306.929	5.572.809	164.292.683
13	164.292.683	2.644.422	8.306.929	5.662.507	158.630.176
14	158.630.176	2.553.279	8.306.929	5.753.650	152.876.526
15	152.876.526	2.460.670	8.306.929	5.846.260	147.030.266
16	147.030.266	2.366.569	8.306.929	5.940.360	141.089.906
17	141.089.906	2.270.955	8.306.929	6.035.975	135.053.932
18	135.053.932	2.173.801	8.306.929	6.133.128	128.920.803
19	128.920.803	2.075.083	8.306.929	6.231.846	122.688.957
20	122.688.957	1.974.777	8.306.929	6.332.153	116.356.805
21	116.356.805	1.872.856	8.306.929	6.434.074	109.922.731
22	109.922.731	1.769.294	8.306.929	6.537.635	103.385.096
23	103.385.096	1.664.066	8.306.929	6.642.864	96.742.232
24	96.742.232	1.557.143	8.306.929	6.749.786	89.992.447
25	89.992.447	1.448.500	8.306.929	6.858.429	83.134.018
26	83.134.018	1.338.108	8.306.929	6.968.821	76.165.197
27	76.165.197	1.225.940	8.306.929	7.080.990	69.084.207
28	69.084.207	1.111.965	8.306.929	7.194.964	61.889.243
29	61.889.243	996.157	8.306.929	7.310.772	54.578.471
30	54.578.471	878.484	8.306.929	7.428.445	47.150.026
31	47.150.026	758.917	8.306.929	7.548.012	39.602.014
32	39.602.014	637.426	8.306.929	7.669.503	31.932.511

33	31.932.511	513.979	8.306.929	7.792.950	24.139.561
34	24.139.561	388.545	8.306.929	7.918.384	16.221.177
35	16.221.177	261.093	8.306.929	8.045.836	8.175.341
36	8.175.341	131.589	8.306.929	8.175.341	0

	Intereses	Total
TOTAL	\$ 73.412.451	\$ 299.049.451