



**ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD Y PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN PARA LA
PLANTA 2 DE INDUSTRIAS PARTMO S.A.**

**JAVIER LAGUADO REY
FRANK LEONARDO RUBIO SIERRA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÀNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES**

2009



**ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD Y PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN PARA LA
PLANTA 2 DE INDUSTRIAS PARTMO S.A.**

Javier Laguado Rey

Frank Leonardo Rubio Sierra

Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero Industrial

Director

Ing. Edwin Alberto Garavito Hernández

Docente Escuela de Estudios Industriales y Empresariales

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÀNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
2009**

DEDICATORIAS

A ti Padre celestial por ser mi guía a cada instante, a mi familia, a mi hijo Juan Felipe, quién desde el vientre de su Madre es el motor de mi vida y Maurem por su amor, comprensión y apoyo.

Javier

A ti DIOS que nos diste la gracia de elaborar satisfactoriamente este proyecto, a mis padres y hermanas quienes siempre me han amado, a mi hermana *Pierina* que ha dedicado sus esfuerzos para apoyarme en las duras pruebas de mi vida, a mi pareja *Johannita* quien con su gracia siempre me motivo a ser mejor y a mi mejor amigo *Omar* quien siempre ha sido como mi propio hermano.

Leonardo

AGRADECIMIENTOS

Al Ingeniero *Edwin Alberto Garavito Hernández* (docente de planta en la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales) quien muy amablemente nos brindo colaboración como director de este proyecto, asesorando cada actividad con su experiencia y conocimiento.

Nuestro sincero agradecimiento a la dirección de Industrias PARTMO S.A. , permitir realizar nuestro proyecto en esta gran empresa, visualizando la posibilidad de implementar cada aporte al sistema de producción, para lograr la permanencia en el mercado como la empresa número uno de Filtración en Colombia. Por la atenta disposición a cada una de las propuestas planteadas en el transcurso de la práctica para lograr la mejora particular de cada proceso involucrado en ellas y brindar todos los recursos necesarios para la consecución de todas las tareas emprendidas.

Al equipo de Ingenieros de Industrias PARTMO S.A. dirigido por el Ingeniero *Luís Fernando Páez Caranton* (líder de productividad y calidad), la asesoría del Ingeniero *Pedro Dulcey* y los aportes realizados por el líder del Departamento técnico *Juan Arturo Barón*.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
TABLA DE OBJETIVOS	3
JUSTIFICACIÓN	4
1. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA	6
1.1 RESEÑA HISTORICA	6
1.2 RAZÓN SOCIAL	7
1.3 GENERALIDADES DE LA EMPRESA	7
1.3.1 Estructura organizacional.	7
1.3.2 Misión y visión.	10
1.3.3 Sistema integrado de gestión.	10
1.4 PORTAFOLIO DE PRODUCTOS DE LA EMPRESA	11
1.4.1 Línea <i>AIRE</i> .	12
1.4.2 Línea <i>SELLADO</i> .	13
1.4.3 Línea <i>MALLA</i> .	14
1.5 CLIENTES	15
1.5.1 Nacionales.	15
1.5.2 Internacionales.	17
2. ESTUDIO DEL TRABAJO	18
2.1 ANÁLISIS DE MÉTODOS	18
2.1.1 Diagrama de operaciones.	18
2.1.2 Diagrama de flujo.	23
2.1.3 Diagrama de recorrido.	25
2.2 MEDICIÓN DE TIEMPOS	31
2.2.1 Pareto de referencias relevantes de las líneas <i>AIRE</i> y <i>SELLADO</i> .	31
2.2.2 Tiempos estándar de producción de las líneas de <i>AIRE</i> y <i>SELLADO</i> .	36
2.3 INVENTARIO DE MAQUINAS INPLICADAS EN LAS LÍNEAS <i>AIRE</i> Y <i>SELLADO</i>.	56

3.	ANÁLISIS DE CAPACIDAD	60
3.1	CAPACIDAD DE LA LINEA <i>AIRE</i>	60
3.1.1	Alistamientos en los centros de trabajo <i>Cuello de botella.</i>	63
3.1.2	Calculo de la capacidad instalada.	64
3.2	CAPACIDAD DE LA LINEA <i>SELLADO</i>	65
3.2.1	Sublíneas.	67
3.2.2	Cuello de botella y recursos de capacidad restringida de la línea <i>SELLADO</i> .	69
3.2.3	Calculo de la capacidad instalada.	70
4.	PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA	71
4.1	DISTRIBUCIÓN ACTUAL	72
4.1.1	Plano general de la planta 2.	72
4.1.2	Plano actual de las líneas <i>AIRE</i> y <i>SELLADO</i> .	73
4.2	PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN LINEA <i>AIRE</i>	73
4.2.1	Matriz origen destino (familias).	74
4.2.2	Matriz origen destino (% de producción).	75
4.2.3	Propuesta de distribución n° 1.	78
4.2.4	Propuesta de distribución n° 2.	79
4.3	PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN LINEA <i>SELLADO</i>	81
4.4	5 ESES	83
4.4.1	5 eses de la línea <i>SELLADO</i> .	83
4.4.2	5 eses de la línea <i>AIRE</i> .	83
4.5	PROPUESTAS GENERALES DE MEJORAMIENTO	84
5.	SIMULACIÓN DE LA LÍNEA <i>AIRE</i>	85
5.1	MODELOS DE SIMULACIÓN	85
5.2	DISTRIBUCIÓN PROBABILISTICA DE TIEMPOS	86
5.3	SIMULACIÓN DEL PROCESO ACTUAL	89
5.4	SIMULACIÓN TOMANDO COMO BASE LA DISTRIBUCIÓN PROPUESTA	97

5.5 ANÁLISIS DE CADA MODELO DE SIMULACIÓN EFECTUADO	98
5.5.1 Modelo de simulación actual del proceso.	98
5.5.2 Modelo de simulación con base en la distribución propuesta.	98
CONCLUSIONES	101
RECOMENDACIONES	103
BIBLIOGRAFÍA	104

LISTADO DE TABLAS

	Pág.
Tabla de cumplimiento de objetivos	3
Tabla 1. Resumen diagramas de operaciones para <i>SELLADO</i> .	21
Tabla 2. Resumen diagrama de operaciones para <i>AIRE</i> .	23
Tabla 3. Resumen diagramas de flujo para <i>SELLADO</i> .	24
Tabla 4. Resumen diagramas de flujo para <i>AIRE</i> .	25
Tabla 5. Resumen de distancias en la línea <i>SELLADO</i> .	28
Tabla 6. Resumen de distancias en la línea <i>AIRE</i>	30
Tabla 7. Frecuencia acumulada para la línea <i>AIRE</i> .	32
Tabla 8. Frecuencia acumulada para la línea <i>SELLADO</i> .	34
Tabla 9. Características dimensionales de la familia Pocket.	37
Tabla 10. Características dimensionales de la familia Carburador.	38
Tabla 11. Características dimensionales de la familia Poliol-Tapa.	39
Tabla 12. Características dimensionales de la familia Polio 1.	40
Tabla 13. Características dimensionales de la familia Polio 2.	41
Tabla 14. Características dimensionales de la familia Polio 3.	42
Tabla 15. Características dimensionales de la familia Tapa-Tapa 1.	43
Tabla 16. Características dimensionales de la familia Tapa-Tapa 2.	44
Tabla 17. Características dimensionales de la familia Tapa-Tapa 3.	44
Tabla 18. Resumen de división por familias de la Línea <i>AIRE</i> .	45
Tabla 19. Resumen del tamaño de muestra para cada familia de la Línea <i>AIRE</i> .	47
Tabla 20. Características dimensionales de la familia Tuerca hexagonal 1.	48
Tabla 21. Características dimensionales de la familia Tuerca hexagonal 2.	49
Tabla 22. Características dimensionales de la familia Tuerca hexagonal 3.	50
Tabla 23. Características dimensionales de la familia Liso 1.	51
Tabla 24. Características dimensionales de la familia Liso 2.	52
Tabla 25. Características dimensionales de la familia Liso 3.	53
Tabla 26. Características dimensionales de la familia Liso 4.	54
Tabla 27. Resumen de división por familias de la Línea <i>SELLADO</i> .	55
Tabla 28. Resumen del tamaño de muestra para cada familia de la Línea <i>SELLADO</i> .	55
Tabla 29. Recursos restrictores de capacidad.	62
Tabla 30. Tiempo disponible de los recursos restrictores de capacidad.	64
Tabla 31. Capacidad de la línea <i>AIRE</i> .	64
Tabla 32. Elementos diferenciadores en las familias de la línea <i>SELLADO</i> .	67
Tabla 33. Recursos restrictores de capacidad de la línea <i>SELLADO</i> .	69
Tabla 34. Capacidad de la línea <i>SELLADO</i> .	70
Tabla 35. Área en m ² de las diferentes zonas que conforman industrias PARTMO S.A.	72
Tabla 36. Tabla de rangos para la determinación de adyacencias entre centros de trabajo.	76

Tabla 37. Distancia en metros del recorrido de las familias sobre la línea <i>AIRE</i> .	78
Tabla 38. Distancia en metros del recorrido de las familias sobre la línea <i>AIRE</i> n° 2.	80
Tabla 39. Resumen de Locations.	91
Tabla 40. Resumen de entidades para Pocket.	92
Tabla 41. Resumen de entidades para Carburador.	93
Tabla 42. Resumen de entidades para TapaxTapa.	94
Tabla 43. Resumen de entidades para Poliol.	95
Tabla 44. Resumen de entidades para PoliolxTapa.	95
Tabla 45. Especificaciones de arrivals.	97
Tabla 46. Resumen de distancias para la propuesta de distribución en la línea <i>AIRE</i> .	99
Tabla 46. Porcentaje de diferencia entre distribuciones.	100

LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Organigrama de Industrias PARTMO S.A.	9
Figura 2. Productos de Industrias PARTMO S.A.	12
Figura 3. Productos de la línea <i>AIRE</i> .	13
Figura 4. Productos de la línea <i>SELLADO</i> .	14
Figura 5. Interior de un filtro de la línea <i>SELLADO</i> .	14
Figura 6. Productos de la línea <i>MALLA</i> .	15
Figura 7. Mapa zonificación de clientes nacionales.	16
Figura 8. Mapa de clientes internacionales.	17
Figura 9. Diagrama de Pareto para la línea <i>AIRE</i> .	33
Figura 10. Diagrama de Pareto para la línea <i>SELLADO</i> .	35
Figura 11. Clasificación de la Línea <i>AIRE</i> .	37
Figura 12. Imágenes de la familia Pocket.	38
Figura 13. Imágenes de la familia Carburador.	39
Figura 14. Imagen de la familia Polioli-Tapa.	40
Figura 15. Imágenes de la familia Polioli 1.	41
Figura 16. Imágenes de la familia Polioli 2.	42
Figura 17. Imagen de la familia Polioli 3.	43
Figura 18. Imágenes de la familia Tapa-Tapa 1.	43
Figura 19. Imágenes de la familia Tapa-Tapa 2.	44
Figura 20. Imágenes de la familia Tapa-Tapa 3.	45
Figura 21. Imágenes de la familia Tuerca hexagonal 1.	49
Figura 22. Imágenes de la familia Tuerca hexagonal 2.	50
Figura 23. Imágenes de la familia Tuerca hexagonal 3.	51
Figura 24. Imágenes de la familia Liso 1.	52
Figura 25. Imágenes de la familia Liso 2.	52
Figura 26. Imágenes de la familia Liso 3.	53
Figura 27. Imágenes de la familia Liso 4.	54
Figura 28 modelo productivo de la línea <i>SELLADO</i> .	65
Figura 29: matriz origen-destino para las familias de la línea <i>AIRE</i> .	74
Figura 30: Matriz origen-destino en porcentajes de producción.	75
Figura 31: Diagrama de relaciones; propuesta de distribución.	77
Figura 32 Modelo productivo de la línea <i>AIRE</i> .	79
Figura 33. Distribuciones sugeridas por STATFIT.	88
Figura 34. Gráfica de distribución sugerida.	88

RESUMEN

TÍTULO: ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD Y PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN PARA LA PLANTA 2 DE INDUSTRIAS PARTMO S.A.

**AUTOR: JAVIER LAGUADO REY
FRANK LEONARDO RUBIO SIERRA****

PALABRAS CLAVE: Tiempo estándar, Capacidad, Distribución, Restricción, Mejoramiento.

DESCRIPCIÓN

Este proyecto inició con la identificación y familiarización de las operaciones de transformación para la elaboración de filtros en las líneas *AIRE* y *SELLADO*, se reviso cada centro de trabajo y se observo su contribución con el flujo productivo. Además, una vez que se identificó la gran variedad de referencias que manejaba cada línea se procedió a elaborar un diagrama *pareto* para cada una con el que se identificaría las referencias relevantes. Para facilitar las actividades venideras se llevo a cabo un levantamiento de los planos de Industrias PARTMO S.A. con ayuda del software *Microsoft office VISIO*, éste tomo dos semanas y se utilizo un distanciómetro LASER que garantizara su precisión.

Una vez lista la primera fase del proyecto y con los planos del mismo realizados a escala se realizaron los diagramas de operaciones, flujo y recorrido que ayudarían a entender de forma exacta el proceso y a relacionar las referencias para la conformación de familias. Al mismo tiempo se realizó un estudio en los métodos de trabajo de las líneas, esta actividad fue necesaria para clasificar las actividades de los operarios en operaciones, desplazamientos, inspecciones y despilfarros.

Con las referencias divididas en familias y los tiempos estándar determinados se halló la capacidad por familia de la línea *AIRE* y la capacidad general de la línea *SELLADO*, estas se determinaron teniendo en cuenta los recursos restrictores de cada familia.

El proceso de simulación con ayuda del software PROMODEL se llevo a cabo solo para la línea *AIRE*, ésta se realizó sobre la distribución actual de la línea para todas sus familias. Una vez que la junta escogió una propuesta de distribución, ésta se modelo teniendo en cuenta los mismos parámetros para reconocer las ventajas y desventajas de la misma.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.
Director. Ing. Edwin Garavito Hernández

SUMMARY

TÍTULO: ANALYSIS OF THE CAPACITY AND DISTRIBUTION OFFER FOR THE PLANT TWO OF INDUSTRIAS PARTMO S.A.

**AUTOR: JAVIER LAGUADO REY
FRANK LEONARDO RUBIO SIERRA****

PALABRAS CLAVE: Standard time, Capacity, Distribution, Restriction, Improvement.

DESCRIPTION

This project started with the identification and familiarization of the processing operations for the manufacturing of filters from *SELLADO* and *AIRE* lines, every work center was reviewed and its contribution to the production flow was evaluated. Furthermore, the most important product variants were identified from a wide range of products through the use of a *Pareto* diagram. To facilitate the future activities of the PARTMO Industries SA a diagram of the industry was performed with the help of Microsoft Office Visio software. This process took two weeks and had used a laser distance-machine guarantee its accuracy.

Once the first phase of the project was complete, the diagrams of operations, and flow path were performed to help in the understanding of the process and to group the relate references to match reference families. Additionally, a study in the working methods of the references was conducted, this process was necessary to classify and identify the activities of the operators in the operation, travel, inspections and waste process.

The references are divided into families and standard times are determined by family capacity of the *AIRE* line and the overall capacity of the line *SELLADO*, these were determined taking into account the resources of each family restrictor. The figures were presented to the group of engineers responsible for the approval production.

The process simulation software help PROMODEL was conducted only for the *AIRE* line, it was performed on the current distribution of the line for all their families. Once the board chose a proposal distribution, this was model taking into account the same parameters to identify the advantages and disadvantages of the proposal.

* Work of Degree

** Faculty of Engineerings Physicist - mechanics. School of Industrial and Managerial Studies.
Director. Ing. Edwin Garavito Hernández

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo contiene técnicas de levantamiento de información en líneas de producción. El tema es el hallazgo de capacidad y generación de propuestas de distribución de planta para la empresa Industrias PARTMO S.A.

El objetivo principal es determinar la capacidad de las líneas *AIRE* y *SELLADO* además de elaborar propuestas de distribución de planta que se ajusten a las necesidades estratégicas de cada línea.

La capacidad de una empresa manufacturera se puede definir como el número de unidades que se pueden fabricar por unidad de tiempo, sin embargo, cuando una empresa fabrica varias familias de productos la capacidad también está definida por familias. Para determinar la capacidad de una línea se debe encontrar el recurso restrictor de capacidad (operación más lenta) que controla el flujo sobre ésta; pues la capacidad del recurso es también la capacidad de la línea.

El interés por la realización de este proyecto es conocer las restricciones de las líneas de producción, levantar información importante sobre la línea *AIRE* que hasta el momento nunca ha sido determinada y conocer las posibilidades de expansión teniendo en cuenta las proyecciones del mercado.

El marco teórico metodológico se realizó con una toma de tiempos en las dos líneas de producción que fueron objeto de estudio, en todos los centros de trabajo se definieron los suplementos a los que estaban sujetos los operarios y su porcentaje de participación para cada familia.

También se realizó un estudio SLP (Planeación sistemática de la distribución) para determinar las propuestas de distribución de planta teniendo en cuenta las restricciones del proceso y de la empresa.

Durante el trabajo de campo, uno de los obstáculos en la toma de tiempos fue determinar el ritmo de trabajo de los operarios, pues algunos de estos lo variaban en cuanto notaban que estaban siendo cronometrados.

Finalmente en el trabajo se presentan los tiempos estándar actuales de las líneas, la capacidad de las líneas, las propuestas de distribución para cada línea, la simulación en el software PROMODEL de la distribución actual de la línea *AIRE* y en la propuesta de distribución escogida por la alta dirección.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un análisis de capacidad para el sistema de producción de las líneas *AIRE* y *SELLADO* de Industrias PARTMO S.A. basado en un estudio de tiempos por cronómetro, junto con una propuesta de distribución de planta para estas dos líneas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ⊕ Identificar y caracterizar los procedimientos que se realizan en la producción de filtros de las líneas *AIRE* y *SELLADO*.
- ⊕ Actualizar el plano de la planta 2 de Industrias PARTMO S.A. y de las líneas *AIRE* y *SELLADO* con la disposición actual de máquinas y equipos.
- ⊕ Definir la capacidad instalada para las líneas *AIRE* y *SELLADO* elaborando para ello un análisis de los procesos de sus referencias más relevantes, fundamentado con un estudio de tiempos.
- ⊕ Determinar recursos cuello de botella y con capacidad restringida para las líneas *AIRE* y *SELLADO*.
- ⊕ Valorar los espacios dentro de la planta asignados a bodega, inventario de materias primas, inventario de materiales, áreas destinadas a producto en proceso y zona de producción.
- ⊕ Elaborar la simulación del proceso productivo actual de la línea *AIRE*.
- ⊕ Llevar a cabo una capacitación en 5'S para las líneas *AIRE* y *SELLADO* que no constituya una disminución en la productividad.
- ⊕ Elaborar una propuesta de distribución de planta para las líneas *AIRE* y *SELLADO*, teniendo en cuenta relaciones de espacio y distribución de línea con actividades simultáneas.
- ⊕ Elaborar la simulación del proceso productivo para la línea *AIRE* con la propuesta de distribución de planta para evaluar el impacto o beneficio posible.

Tabla de cumplimiento de objetivos

OBJETIVO	CUMPLIMIENTO	PAG
<p>⊖ Identificar y caracterizar los procedimientos que se realizan en la producción de filtros de las líneas <i>AIRE</i> y <i>SELLADO</i>.</p>	<p>Capitulo 2, numeral 2.1 se encuentran los diagramas de proceso, flujo y recorrido. Donde se identificaron los procesos y procedimientos de las líneas <i>AIRE</i> y <i>SELLADO</i>.</p>	<p>18</p>
<p>⊖ Definir la capacidad instalada para las líneas <i>AIRE</i> y <i>SELLADO</i> elaborando para ello un análisis de los procesos de sus referencias más relevantes, fundamentado con un estudio de tiempos.</p>	<p>Capitulo 2, numeral 2.2 y capitulo 3, numerales 3.1.2 y 3.2.3 se encuentran el estudio de tiempos de las líneas <i>AIRE</i> y <i>SELLADO</i> y su posterior determinación de capacidad.</p>	<p>31, 64, 70</p>
<p>⊖ Determinar recursos cuello de botella y con capacidad restringida para las líneas <i>AIRE</i> y <i>SELLADO</i>.</p>	<p>Capitulo 3, numerales 3.1.1 y 3.2.2 se determinan los recursos cuello de botella y de capacidad restringida de las líneas.</p>	<p>63, 69</p>
<p>⊖ Valorar los espacios dentro de la planta asignados a bodega, inventario de materias primas, inventario de materiales, áreas destinadas a producto en proceso y zona de producción.</p>	<p>Capitulo 4, numeral 4.1.1 se muestra en forma de tabla la valoración de espacios de las diferentes áreas de la empresa.</p>	<p>72</p>
<p>⊖ Elaborar la simulación del proceso productivo actual de la línea <i>AIRE</i>.</p>	<p>Capitulo 5, numeral 5.3 se elabora la simulación del proceso productivo actual de la línea <i>AIRE</i>.</p>	<p>89</p>
<p>⊖ Llevar a cabo una capacitación en 5'S para las líneas <i>AIRE</i> y <i>SELLADO</i> que no constituya una disminución en la productividad.</p>	<p>Capitulo 4, numeral 4.4 se aborda el tema de 5 eses y el los ANEXOS G4, G5 y G6 se muestran las listas de asistencia de los operarios de la línea <i>AIRE</i> a las 3 charlas informativas.</p>	<p>83</p>
<p>⊖ Elaborar una propuesta de distribución de planta para las líneas <i>AIRE</i> y <i>SELLADO</i>, teniendo en cuenta relaciones de espacio y distribución de línea con actividades simultaneas.</p>	<p>Capitulo 4, numerales 4.2 y 4.3 se encuentran las propuestas de distribución para las líneas <i>AIRE</i> y <i>SELLADO</i>.</p>	<p>73, 81</p>
<p>⊖ Elaborar la simulación del proceso productivo para la línea <i>AIRE</i> con la propuesta de distribución de planta para evaluar el impacto o beneficio posible.</p>	<p>Capitulo 5, numeral 5.4 se elabora la simulación del proceso productivo de la línea <i>AIRE</i> teniendo en cuenta la propuesta de distribución.</p>	<p>97</p>

Fuente: autores

JUSTIFICACIÓN

Actualmente gran parte de las empresas en Bucaramanga se encuentran bajo la notable influencia de los Sistemas Integrados de Gestión en calidad, medio ambiente y salud ocupacional, cuyo objetivo es lograr la estandarización de los procesos de una organización y con ello se pretende garantizar la competitividad y productividad, estos SIG contemplan la necesidad de una mejora continua a nivel general en la empresa.

Industrias PARTMO S.A. es una empresa certificada bajo la norma ISO 9001:2000 desde el año 2002 y actualmente se prepara para la auditoria externa de certificación de la norma ISO 14001:2004. Estos procesos han generado un ambiente de mejoramiento continuo que va de la mano con un compromiso de la alta dirección hacia el cumplimiento e implementación de los SIG.

Industrias PARTMO S.A. es consciente de la presencia de inconvenientes en su sistema de producción comprobando los siguientes:

El departamento de planeación se encarga de transformar los requerimientos mensuales enviados por el departamento de mercadeo y convertirlos en órdenes de producción específicos para cada turno, día y semana del mes, el cumplimiento de estas órdenes es de vital importancia para alcanzar los objetivos propuestos al comienzo de cada período y medir el rendimiento de la planta. Actualmente existe una inconsistencia entre la programación asignada a la línea *AIRE* y la producción efectiva de la misma en algunas referencias, evidenciándose una desviación creciente que repercute en un aumento de los inventarios, aumento de los tiempos de producción y no cumplimiento de las referencias programadas en el mes.

Luego de conocer el proceso de producción de filtros para aire se identifico que el recorrido no tiene una secuencia lineal, los desplazamientos realizados por los operarios no son los mínimos posibles, los cuales generan despilfarro de tiempo y energía. Se demuestra la necesidad de ejecutar un diagnostico de las 5'S en las líneas *AIRE* y *SELLADO*. Los centros de trabajo no cuentan con un lugar específico para el almacenamiento de entrada y salida de los materiales, tampoco se cuenta con códigos visuales que faciliten la ubicación de herramientas.

Industrias PARTMO en su planta 2 cuenta con tres líneas de producción, estas son: *AIRE*, *SELLADO* y *MALLA*. Estas comparten recursos entre si, pero no cuentan con un estudio que facilite la utilización de los mismos o la rotación de las materias primas.

La demanda mensual de filtros para la línea *AIRE* oscila entre las 24.000 y 27.000 unidades, la capacidad instalada en la línea es desconocida y es de gran importancia para la alta gerencia poseer información clara y precisa sobre los alcances de la producción.

Por otra parte, la línea *SELLADO* posee alta capacidad con 230.000 filtros mensuales, sin embargo, la flexibilidad de la línea esta limitada en lotes mínimos de producción demasiado altos con respecto a las ventas de algunas referencias especiales (para los clientes). Este exceso de producción castiga la capacidad de la línea y aumenta sus inventarios de forma prolongada, lo que también disminuye la capacidad de las bodegas.

En la actualidad, Industrias PARTMO tiene la posibilidad de incrementar su participación en el mercado de filtros para *AIRE* en 20.000 unidades y entiende que en las condiciones actuales no podrá atender la demanda a menos que tome las decisiones adecuadas y aplique los correctivos necesarios.

El objetivo principal de este proyecto es aumentar la capacidad de producción de la línea *AIRE*, Además de elaborar una propuesta que brinde mayor flexibilidad a la línea *SELLADO*. Para ello se cuenta con diferentes herramientas como el estudio de tiempos para identificar los recursos cuello de botella y con capacidad restringida, el diseño de una nueva distribución de planta que permita agilizar el flujo del producto colocando los centros de trabajo que se relacionen mas a una menor distancia y el análisis de los métodos de trabajo que implementara metodologías eficientes en cuanto al recurso tiempo, tamaños de lote y utilización de recursos manejando como base la *Teoría de Restricciones*. Estas herramientas le brindaran a la gerencia mecanismos de control con respecto a la producción de las líneas, el manejo de los inventarios y la planeación, lo que facilitara la toma de decisiones.

1. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

1.1 RESEÑA HISTORICA¹

El 6 de Diciembre de 1962 y con la idea de crear industria, nace una sociedad de hecho entre el señor *Álvaro Duarte Mora* y *Enrique pinto González*, en la ciudad de Bogotá. La decisión era para fabricar partes de motores como: filtros, empaquetaduras, retenedores, bujías, entre otros. Es allí entonces, donde nace PARTMO (sigla que significa *partes para motores*), con ocho operarios y cuatro máquinas, bajo la dirección de uno de los fundadores: el señor *Álvaro Duarte Mora*. En marzo de 1.963, en la ciudad de Bucaramanga, se firmo la escritura inicial con los primeros socios: *Álvaro Duarte Mora*, *Julio Enrique González*, *Maceo Duarte* y *CIA. Ltda.*

En sus inicios la empresa lanzo los primeros filtros de mercado nacional, aprovechando la escasez de este elemento en el país y, a pesar de la gran resistencia existente por en producto nacional en aquellos momentos, la respuesta fue gratamente efectiva. La empresa creció año tras año, a tal punto que sus dueños se vieron en la necesidad de cambiar de instalaciones físicas ubicadas en la carrera 18 N° 21-35 a una instalación más adecuada, en la calle 61 N° 17-22, donde actualmente se encuentra la planta 1 de Industrias PARTMO S.A.

Los años 90 fueron para Industrias PARTMO S.A. una nueva etapa, a partir del 6 de febrero de 1.993 comenzó un programa de mejoramiento industrial, que le permite el desarrollo y crecimiento aplicando estrategias empresariales que serían contempladas en el plan estratégico para cada año, programas para lograr el certificado de aseguramiento del sistema de calidad según la norma ISO 9000:2000, la conversión tecnológica, el mejoramiento continuo de los procesos administrativos y técnicos, la formulación de proyectos y programas de acción grupal. el año 2001 se planeó sobre bases fundamentadas de excelencia en Calidad y es así que Industrias PARTMO S.A. se consolida como la primera fábrica de filtros en Colombia en lograr su certificado de Aseguramiento de la Calidad ISO 9002 para la línea de filtros de aceite de flujo completo auditada por la firma Bureau Veritas Quality Internacional, en el año 2002 la certificación se consolida con la nueva versión ISO 9001:2000 para todas sus líneas de producto, filtros sellados y elementos intercambiables (línea MALLA) en todos sus usos: aceite, combustible, aire y refrigerantes.

Tras 46 años de actividad, Industrias PARTMO S.A. continúa con el objetivo de ofrecer siempre calidad, economía y servicio, para permanecer a la vanguardia de la

¹Departamento de SIG. Manual Integrado de Gestión de la Calidad. Industrias PARTMO S.A.: Presentación de la empresa. 8p.

filtración y ofrecer a sus clientes una amplia gama de productos.

La administración participativa, los procesos de aprendizaje empresarial y la aplicación de la planeación estratégica han sido la base para el desarrollo y fortalecimiento de la nueva cultura en la empresa. Con su nuevo esquema de administración estratégica Industrias PARTMO S.A. expande su horizonte hacia las exportaciones a países como Estados Unidos, República Dominicana, Puerto Rico, Honduras, El Salvador, Venezuela, Curazao, Ecuador, Perú, México y Chile con un nivel de calidad que le ha permitido crecer en el mercado Nacional e Internacional consolidándose como líder en la protección de equipos diesel y a gasolina, la primera Empresa de Filtros en Colombia, Primera Empresa de Filtros en el Pacto Andino, Séptima Empresa a nivel Suramericano.

1.2 RAZÓN SOCIAL

La empresa se encuentra registrada en la Notaría Tercera del circuito de Bucaramanga en la escritura de constitución número 0704 del 18 de marzo de 1963. La denominación social, a partir del 18 de marzo de 1996, según escritura pública número 2.703, de la Notaría Primera del circuito de Bucaramanga es Industrias PARTMO S.A., con NIT 890200491-0, domicilio en la Calle 61 # 17 – 22 de Bucaramanga, Santander.

El objeto social de INDUSTRIAS PARTMO S.A. es la fabricación y comercialización nacional e internacional de toda clase de filtros, repuestos y accesorios, para automotores, maquinaria y equipo industrial, y la comercialización nacional o internacional de toda clase de materia prima e insumos requeridos para la fabricación de filtros para automotores, maquinaria y equipo industrial.²

1.3 GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.3.1 Estructura organizacional

La estructura organizacional de Industrias PARTMO S.A. se muestra en la FIGURA 1, la cual está conformada por tres grandes grupos: *DIRECCIÓN*, *OPERATIVO* y *APOYO*.

La *DIRECCIÓN* cuenta con la junta de socios, el presidente, el gerente y el subgerente. El gerente es quién lidera las estrategias de negocio y mejoramiento continuo para garantizar la supervivencia y crecimiento de la empresa en el mercado y el subgerente es quién coordina los procesos estratégicos de negocios

² Tomado de: <http://www.partmo.com.co>

con la dirección en busca del posicionamiento de la empresa, siendo respaldado por cada líder de departamento.

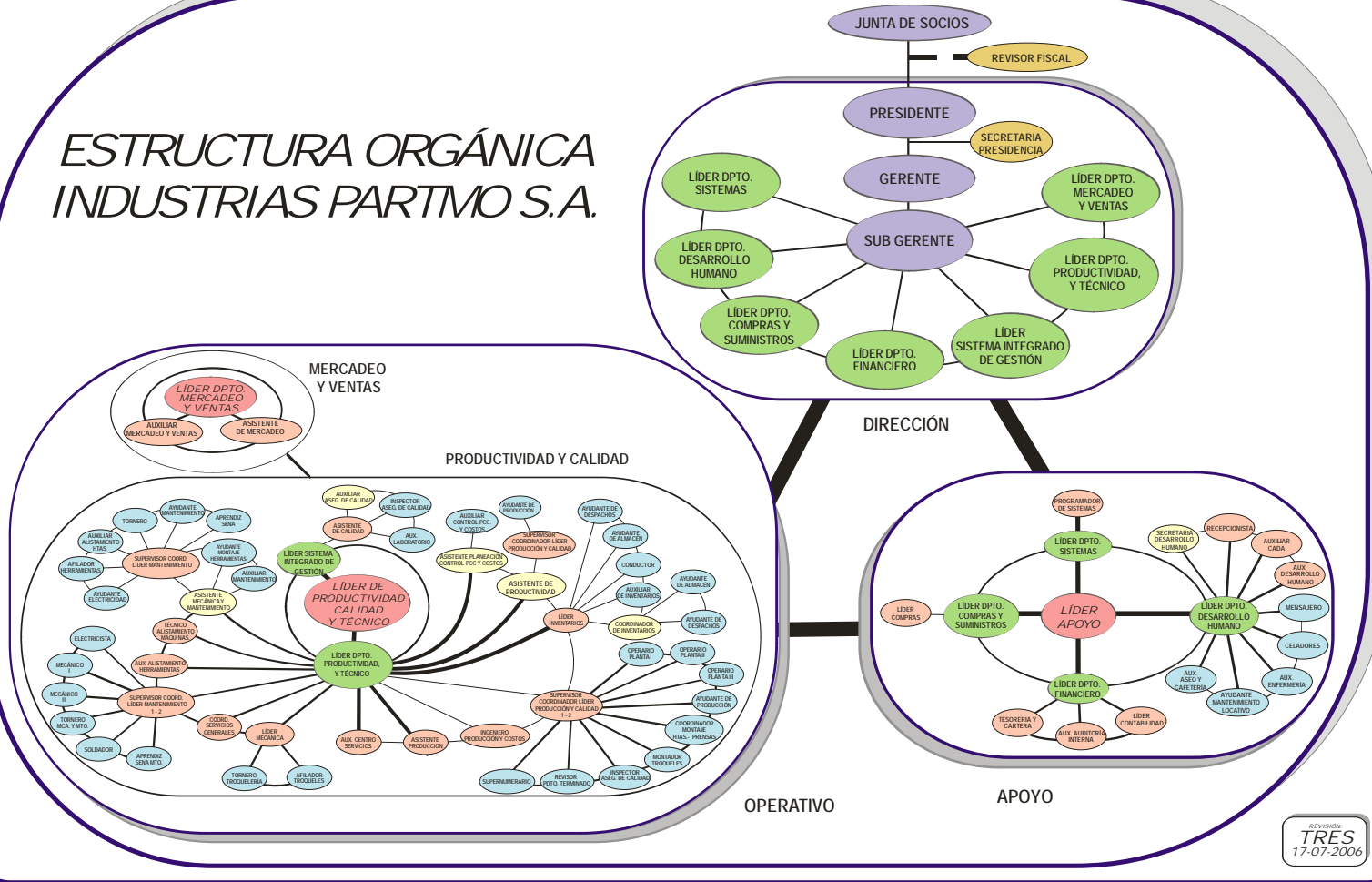
En el grupo *OPERATIVO* se encuentra el departamento de *mercadeo y ventas* que se encarga de la comercialización, tendencias de mercado, elaboración de pronósticos y la conciliación de los intereses de la empresa y de los beneficiarios de sus productos. El departamento de *productividad y calidad* es el que vela por la administración de los recursos físicos y humanos, a través de la aplicación del plan estratégico anual. Y el departamento *técnico* que lidera el mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaria, equipo y herramientas implicadas en el sistema de producción.

El grupo de *APOYO* esta conformado por los departamentos de *sistemas, compras y suministros, desarrollo humano y financiero*.

El departamento de *sistemas* se encarga de la implementación e instalación de software, capacitación en manejo de herramientas informáticas, instalación y mantenimiento de redes y soporte técnico de equipos. El departamento de *compras y suministros* es el encargado de las materias primas y materiales de acuerdo a los requerimientos de la empresa, evaluación a los proveedores y análisis de las variables costo beneficio teniendo en cuenta la calidad de los insumos. El departamento de *desarrollo humano* se encarga de los programas de administración, desarrollo y servicio al talento de la compañía, encaminando el progreso, motivación y bienestar de cada integrante de la empresa. El departamento *financiero* busca el adecuado manejo los recursos económicos de la compañía y el registro de las operaciones de manera oportuna para la toma de decisiones.

Cada departamento posee un líder, asistentes, supervisores y auxiliares.

ESTRUCTURA ORGÁNICA INDUSTRIAS PARTMO S.A.



REVISIÓN TRES 17-07-2006

Figura 1. Organigrama de Industrias PARTMO S.A. Fuente: Industrias PARTMO S.A.

1.3.2 Misión y Visión³

Misión

Satisfacer las necesidades y deseos de nuestros clientes en el campo de la filtración y productos afines; manteniendo un clima organizacional que permita disfrutar a nuestros colaboradores de su trabajo con el constante crecimiento de todos para el logro de objetivos personales y empresariales; continuaremos representando con orgullo a la industria santandereana a nivel nacional e internacional.

Visión

Industrias PARTMO S.A. dirigirá durante los próximos cinco años sus esfuerzos hacia el cambio de pensamientos, buscando la diversificación, integración y alianzas estratégicas en la fabricación y/o comercialización nacional e internacional, convirtiéndose en líderes del servicio de filtración y/o distribución de productos afines, en correspondencia con la dinamización de una cultura de mejoramiento y grupal de quienes la integran.

1.3.3 Sistema Integrado de gestión⁴

Política Integrada De Gestión

Es política integrada de gestión de Industrias PARTMO S.A. satisfacer las necesidades y expectativas de nuestros clientes en filtros y filtración, con un claro compromiso con la prevención de la contaminación y el cumplimiento de las normas legales ambientales aplicables, mediante el fomento y desarrollo de la toma de conciencia irradiada a todas las áreas de la empresa, en donde prime el compromiso individual y grupal de todos los colaboradores en producir filtros, de acuerdo con la pertinencia e importancia de su participación activa en los procesos del sistema de gestión de calidad y ambiental, con la asignación de los recursos requeridos para su efectiva ejecución.

Nosotros en Industrias PARTMO S.A. desarrollamos la gestión de calidad y ambiental en forma objetiva buscando mejorar en forma continua la eficacia de nuestro sistema integrado de gestión con el fin de mantener un sistema eficiente, eficaz y confiable, firme propósito de nuestra organización.

³ Departamento de SIG. Op Cit 13p.

⁴ Departamento de SIG. Op Cit 15p.

Objetivos Integrados de Gestión

- ⊕ Garantizar la eficacia y aumentar la eficiencia de nuestro Sistema Integrado de Gestión, para alcanzar un nivel de satisfacción de nuestros clientes mínimo del 95%, de acuerdo con las variables establecidas en la encuesta de satisfacción y la prevención del impacto ambiental que pueda generar nuestra actividad sobre la comunidad.
- ⊕ Aumentar la eficiencia de los procesos productivos y reducir los costos generados por los rechazos en la planta, con una participación máxima en el promedio del costo de producción del 0,12% y un nivel de reclamaciones efectivas de producto inferior al 0,03% del total de unidades vendidas.
- ⊕ Aumentar nuestra participación en el mercado nacional de filtros con respecto al nivel de participación obtenida en el año inmediatamente anterior en un 11,27%.
- ⊕ Minimizar el impacto ambiental generado por los aspectos ambientales significativos y los riesgos ambientales, con la adopción de buenas prácticas y técnicas de control en los accidentes e incidentes medio ambientales.
- ⊕ Establecer programas de formación y de capacitación para el fomento y el desarrollo de la toma de conciencia del personal, frente a la pertinencia e importancia de su propia participación en los resultados esperados en cada unidad de formación de Sistemas Integrados de Gestión.

1.4 PORTAFOLIO DE PRODUCTOS DE LA EMPRESA

Industrias PARTMO S.A. posee un amplio portafolio de productos, en el cual se presentan 3078 referencias de filtros, para: automóviles, camperos, camionetas, busetas, buses, camiones, tractocamiones, equipos de minería, construcción, agrícola, industrial, estacionario y motores marinos. La empresa produce cada mes cerca de doscientas referencias para aceite, aire, gasolina, combustible y agua. Sus líneas de producción son: *SELLADO*, *MALLA*, *AIRE* (liviano y pesado), *PMX*, *CAV*, *PFG* (gasolina) y *ECOF* (ecológicos).

En la Figura 2 se muestran algunos de los productos del catálogo de Industrias PARTMO S.A., de igual manera éste cuenta con maquinaria industrial utilizada en la fabricación de filtros automotrices y ventiladores domésticos e industriales marca KING WANG, los cuales solo son comercializados por la empresa.



Figura 2. Productos de Industrias PARTMO S.A. Fuente: Industrias PARTMO S.A.

Industrias PARTMO S.A. en su planta 2 cuenta con la línea de producción para filtros de *AIRE* pesado y liviano, *SELLADO* liviano y elemento intercambiable o *MALLA*.

1.4.1 Línea *AIRE*

En su línea *AIRE* la empresa fabrica filtros para aire pesado y liviano.

Los filtros para aire pesado se presentan en la figura 2, parte superior izquierda y derecha, estos pueden ser de tres tipos: de sello radial o externo, interno y principales. Los vehículos de trabajo pesado como tractocamiones y doble troques cuentan con una doble filtración de aire, por ello primero se emplea el filtro tipo interno y se cubre con el externo o de sello radial, la filtración se realiza de esta forma pues la cantidad de aire usado es mayor y la necesidad de preservar el motor es importante. Los vehículos medianos como el NPR, NKR, JAC, entre otros, cuentan con una filtración sencilla de aire y por ello emplean solo un filtro denominado principal.

Los filtros de aire liviano se presentan en la Figura 3, parte inferior izquierda y derecha, son aquellos empleados por automotores y pueden ser de dos tipos: carburador o pocket. Los filtros del primer tipo son empleados por vehículos cuyo motor contaba con carburador para la filtración del aire y los de tipo Pocket son para automotores con el sistema Full Inyection.

Este tipo de filtro consta de un cuerpo y tubo central formado en malla expandida, elemento filtrante y tapa superior e inferior de Poliuretano o metálica. Los filtros tipo Pocket difieren completamente en su fabricación, contienen un elemento filtrante y una banda de poliuretano la cual adhiere el papel y conforman el producto final.



Figura 3. Productos de la línea AIRE. Fuente: Industrias PARTMO S.A.

1.4.2 Línea SELLADO

La línea sellado liviano, abarca los filtros para automotores de combustión interna, para aceite (de flujo completo, parcial y dual), combustible y agua. Algunos de los productos de esta línea se presentan en la Figura 4.



Figura 4. Productos de la línea *SELLADO*. Fuente: Industrias PARTMO S.A.

Estos filtros se caracterizan por estar constituidos de un tarro, un elemento filtrante (formado por el papel, el tubo central, tapa superior e inferior, componente de presión y algunos con válvula de alivio) y aro-disco el cual ejerce el sello del filtro y contiene la rosca para ser incorporado al sistema de filtración de cada vehículo.

En la Figura 5 se enseña el interior de un filtro de la línea *SELLADO*.

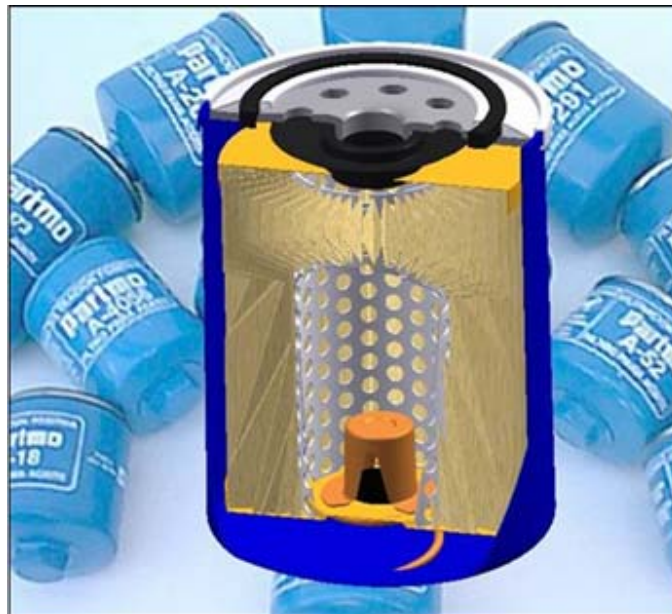


Figura 5. Interior de un filtro de la línea *SELLADO* Fuente: Industrias PARTMO S.A.

1.4.3 Línea MALLA

Los productos de la línea de elemento intercambiable o *MALLA*, algunos son enseñados en la Figura 6, son usados para aceite y combustible, presentan características similares a las de la línea *SELLADO*, pero sin tarro. En esta línea de producción también se fabrican filtros de aceite para equipos agroindustriales denominados PMX.



Figura 6. Productos de la línea *MALLA*. Fuente: Industrias PARTMO S.A.

1.5 CLIENTES

1.5.1 Nacionales

Industrias PARTMO S.A. en el transcurso de los años se ha posesionado como la empresa número uno en Colombia en el sector de la filtración, brindando a sus clientes calidad, servicio y economía. El mercadeo de sus productos se efectúa por medio de grandes distribuidores y empresas dedicadas a la comercialización. Estas empresas llevan los productos a lubritecas, servitecas, estaciones de servicio, talleres independientes, pequeños distribuidores, almacenes de repuestos y talleres de servicio especializado.

Para el mercadeo la empresa ha dividido los productos en tres: sector automotor pesado (tractocamiones, camiones, equipo agrícola, buses, etc.), sector automotor mediano (camionetas, camperos, busetas, etc.) y sector automotor liviano (automóviles, etc.)

La empresa por medio del Departamento de Mercadeo y Ventas ha realizado una división del país en seis zonas: zona Costa (desde la Guajira hasta Córdoba), Oriente (los Santanderes, Cesar y Llanos Orientales), Antioquia, Eje Cafetero, Cundi-Boyacense y Occidente (Nariño, Cauca y Choco). En la Figura 7 se presenta la división de Colombia en las zonas que anteriormente se nombraron.

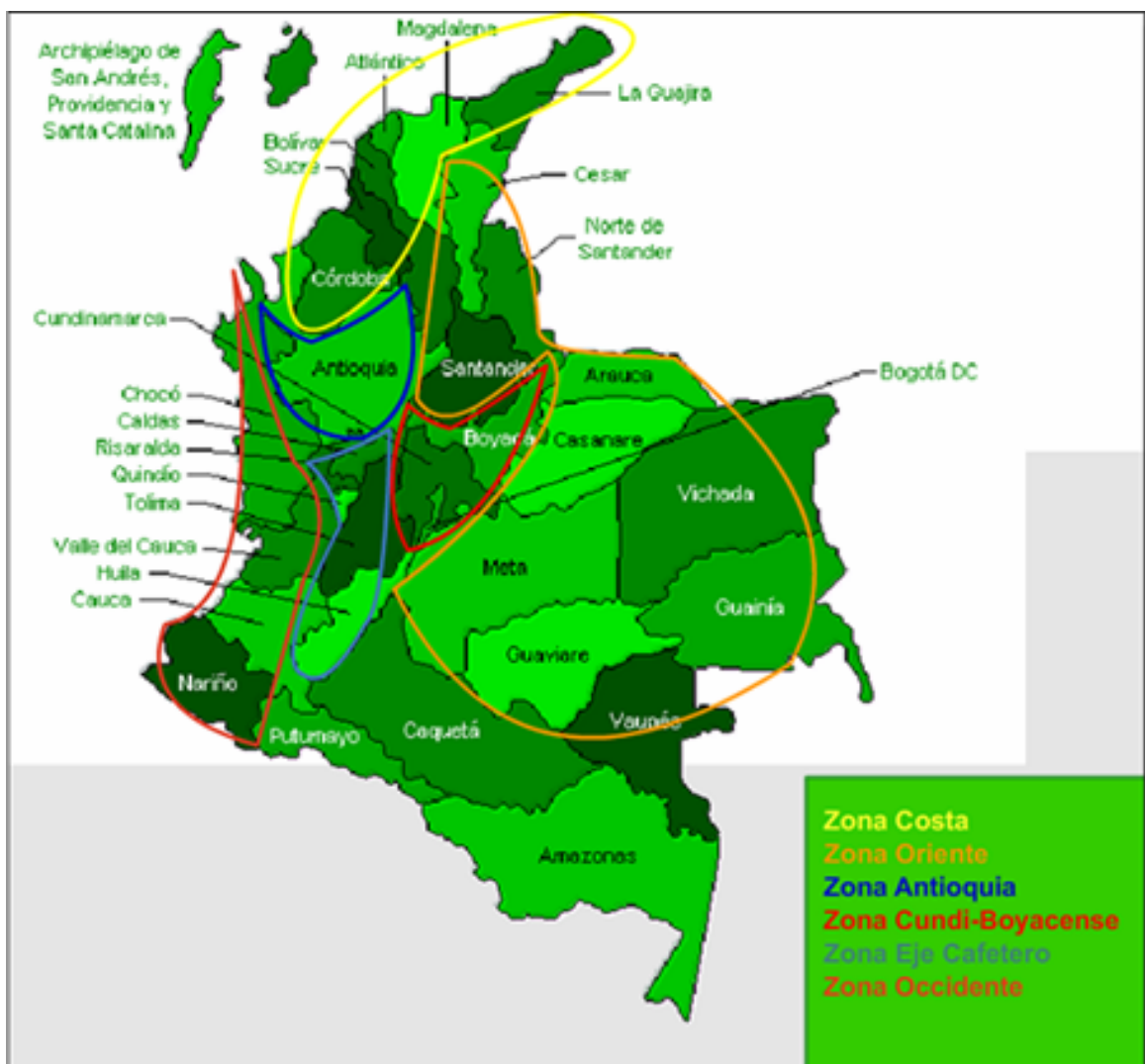


Figura 7. Mapa zonificación de clientes nacionales. Fuente: autores.

1.5.2 Internacionales

Industrias PARTMO S.A. efectúa la exportación de sus productos de igual manera, por medio de grandes distribuidores. Las exportaciones de la empresa llegan a Estados Unidos, México, Puerto Rico, Republica Dominicana, Venezuela, Ecuador, Bolivia, Chile y Argentina. Logrando constituirse como la primera empresa de filtros en el Pacto Andino y la séptima a nivel suramericana.

Algunos de los clientes internacionales de la empresa definen unas especificaciones de embalaje para los productos, las marcas que desea cada distribuidor en los productos, los colores de la pintura electrostática del tarro y el screen que es reconocido por los clientes finales de cada distribuidor. En la Figura 8 se presentan los destinos internacionales de los productos de Industrias PARTMO S.A.



Figura 8. Mapa de clientes internacionales. Fuente: autores.

2. ESTUDIO DEL TRABAJO

Para el análisis del trabajo de Industrias PARTMO S.A. en su planta 2, se han elaborado los diagramas de operaciones y recorrido además de la actualización de los diagramas de flujo para las líneas *AIRE Y SELLADO*, con el propósito de conocer e identificar el sistema de producción y las actividades implicadas en éste.

A través de estos diagramas se han logrado identificar claramente algunas de las actividades del proceso que no agregan valor a los diferentes productos de la empresa y por ende representan despilfarros del sistema. Estos despilfarros pueden ser: desplazamientos excesivos por parte de operarios que controlan *recursos de capacidad restringida* que buscan el visto bueno por parte del departamento de calidad, programación inadecuada de la entrega de materiales, métodos de trabajo ineficientes en centros de trabajo que son cuello de botella o de capacidad restringida, almacenaje de partes que podrían ser procesadas en un mismo centro de trabajo con el fin de procesarse después en otro centro de trabajo sin que esta operación aporte un cambio significativo en el proceso y otros de naturaleza similar.

Del mismo modo se realizó un estudio de tiempos por cronómetro que sirvió de base para hallar y registrar los tiempos estándar de cada actividad, para éste estudio se determinó la relevancia de cada referencia producida en las líneas *AIRE* y *SELLADO* por medio de un diagrama de Pareto que fue alimentado con los registros del año 2006 al 2008, luego se realizó el trabajo de campo en procura de obtener la información y finalmente se logró determinar el tiempo que el sistema de producción necesita para generar un producto terminado en cada una de las familias de las líneas de producción que son objeto de estudio. Este estudio se realizó para posteriormente conocer la capacidad del sistema, planear eficientemente la producción, asignar correctamente la carga a los diferentes centros de trabajo y apoyar el proceso de toma de decisiones.

2.1 ANÁLISIS DE MÉTODOS

2.1.1 Diagrama de operaciones

Este tipo de diagrama se encarga de mostrar gráficamente la sucesión de actividades que son necesarias para la elaboración de un producto de las líneas *AIRE* y *SELLADO*.

Para elaborar los diagramas de operaciones se utilizaron los siguientes símbolos: un *círculo* que indica una operación tanto de transformación física o química, embalaje o alistamiento, un *cuadro* el cual representa una inspección para un

adecuado control de las especificaciones de los productos y la combinación de *círculo* y *cuadro* que representa una operación simultánea con una inspección.

En la línea *SELLADO* se han determinado los diagramas de operaciones por los componentes implicados en cada producto y se generaron los siguientes:

- ⊕ Diagrama de operaciones para *Separador*. (ANEXO A1)
- ⊕ Diagrama de operaciones para *Tarro con cambiión de presión*. (ANEXO A2)
- ⊕ Diagrama de operaciones para *Tarro con resorte de presión*. (ANEXO A3)
- ⊕ Diagrama de operaciones para *Tarro con tuerca hexagonal y cambiión de presión*. (ANEXO A4)
- ⊕ Diagrama de operaciones para *Tarro con tuerca hexagonal y resorte de presión*. (ANEXO A5)
- ⊕ Diagrama de operaciones para *Tarro con cambiión de presión y válvula de alivio*. (ANEXO A6)
- ⊕ Diagrama de operaciones para *Tarro con resorte de presión y válvula de alivio*. (ANEXO A7)
- ⊕ Diagrama de operaciones para *Tarro con tuerca hexagonal, cambiión de presión y válvula de alivio*. (ANEXO A8)
- ⊕ Diagrama de operaciones para *Tarro con tuerca hexagonal, resorte de presión y válvula de alivio*. (ANEXO A9)

Para la fabricación de un filtro tipo Separador cuyo diagrama de operaciones se presenta en el ANEXO A1 se muestran todas las actividades que se realizan para obtener el papel plisado, la tapa superior e inferior y el tubo central del elemento el cual luego se subensambla junto con el resorte de presión en la banda transportadora a la entrada del horno donde se cura el papel filtrante y causa la reacción del pegante termocurable.

También se presenta gráficamente la forma en la que se elabora un tarro o carcasa, que se obtiene por troquelado de un disco circular que se embute en las prensas hidráulicas para posteriormente continuar con el proceso de pintura, finalizando con la introducción del racor en el tarro.

El otro componente es el aro-disco que se produce troquelando el aro y el disco, al cual se le hace una rosca que va a inspección, finalmente el aro y el disco llegan al soldador que los une para formar este componente.

Se continúa con el proceso de cerrado del filtro, donde a cada tarro se le introduce el elemento filtrante, se sella con el aro-disco con pegante termocurable y finalmente se procede a cerrar, se pasa el filtro a los probadores para verificar el

cerrado o la presencia de fugas y finalmente se marcan con screen, luego se embolsan y embalan en las cajas corrugadas.

En el diagrama de operaciones para tarro con cambi3n de presi3n que se presenta en el ANEXO A2 se muestran todas las actividades que se realizan para conseguir el papel plisado, la tapa superior e inferior y el tubo central del elemento el cual luego se subensambla en la entrada del horno donde se cura el papel filtrante y causa la reacci3n del pegante termocurable.

Se presenta gr3ficamente la forma en la que se elabora un tarro o carcaza y el aro-disco. Para ejercer presi3n en el interior del filtro se introduce un cambi3n de presi3n que se obtiene por troquelado, se contin3a con el proceso de cerrado del filtro, se pasa el filtro a los probadores para verificar el cerrado o la presencia de fugas y finalmente se marcan con screen, luego se embolsan y embalan en las cajas corrugadas.

En el diagrama de operaciones para Tarro con resorte de presi3n que se presenta en el ANEXO A3 se muestran todas las actividades que se realizan para elaborar el elemento, tarro, aro-disco, cerrado, pintura, probado, screen y embalaje. Las cuales son id3nticas a las realizadas en el diagrama de operaciones para tarro con cambi3n de presi3n. Para ejercer presi3n en el interior del filtro se une al elemento en la zona de subensamble un resorte que va a formar parte de 3ste.

En el diagrama de operaciones para Tarro con tuerca hexagonal y cambi3n de presi3n que se presenta en el ANEXO A4 se expresan todas las actividades que se realizan para elaborar el elemento, aro-disco, cerrado, pintura, probado, screen y embalaje. Las cuales son id3nticas a las realizadas en el diagrama de operaciones para Tarro con cambi3n de presi3n. Pero la fabricaci3n del tarro adiciona la uni3n de una tuerca hexagonal a 3ste, que es obtenida con anterioridad por troquelado.

En el diagrama de operaciones para Tarro con tuerca hexagonal y resorte de presi3n que se presenta en el ANEXO A5 se muestran todas las actividades que se realizan para elaborar el elemento, aro-disco, cerrado, pintura, probado, screen y embalaje. Las cuales son similares a las realizadas en el diagrama de operaciones para Tarro con resorte de presi3n. El tarro adiciona la uni3n de una tuerca hexagonal.

En los diagramas de operaciones para: Tarro con cambi3n de presi3n y v3lvula de alivio del ANEXO A6 , Tarro con resorte de presi3n y v3lvula de alivio del ANEXO A7, Tarro con tuerca hexagonal, cambi3n de presi3n y v3lvula de alivio del ANEXO A8 y Tarro con tuerca hexagonal, resorte de presi3n y v3lvula de alivio del ANEXO A9. Se puede identificar la similitud a los anteriores, pero cambian en

la elaboración de su tapa superior en la cual es soldada una válvula de alivio para liberar exceso de presión en el interior del filtro.

En la tabla 1 se presenta un resumen de las operaciones e inspecciones de cada uno de los diagramas de operaciones realizados para la línea *SELLADO*.

Tabla 1. Resumen diagramas de operaciones para *SELLADO*.

DIAGRAMA	OPERACIONES	INSPECCIONES
Separador.	67	18
Tarro con cambrión de presión.	67	23
Tarro con resorte de presión.	64	18
Tarro con tuerca hexagonal y cambrión de presión.	72	21
Tarro con tuerca hexagonal y resorte de presión.	69	20
Tarro con cambrión de presión y válvula de alivio.	72	21
Tarro con resorte de presión y válvula de alivio.	69	20
Tarro con tuerca hexagonal, cambrión de presión y válvula de alivio.	77	23
Tarro con tuerca hexagonal, resorte de presión y válvula de alivio.	74	22

Fuente: autores

También para la línea *AIRE* se han elaborado los diagramas de operaciones según los componentes de cada producto y son los siguientes:

- ⊕ Diagrama de operaciones para Pocket.
- ⊕ Diagrama de operaciones para Poliuretano.
- ⊕ Diagrama de operaciones para Poliuretano y tapa metálica.
- ⊕ Diagrama de operaciones para Tapa – Tapa repujada.
- ⊕ Diagrama de operaciones para Tapa – Tapa embutida.
- ⊕ Diagrama de operaciones para Tapa – Tapa repujada y troquelada.
- ⊕ Diagrama de operaciones para Tapa – Tapa troquelada y repujada.

Para la producción de filtros de *AIRE* tipo Pocket cuyo diagrama de operaciones se presenta en el ANEXO A10 se parte del corte de rollo de papel filtrante en tiras, el papel dispuesto es plisado para posteriormente pasar al inyectado de

poliuretano, en el proceso de empaque se cortan las rebabas de poliuretano a cada filtro, se marcan en la banda transportadora por medio de una máquina video jet, se encajan de forma individual, embolsan y finalmente se embalan en las cajas corrugadas.

Para la elaboración de filtros de Poliuretano cuyo diagrama de operaciones en el ANEXO A11, se plisa el papel filtrante ya seccionado en tiras, la malla de la cual se obtienen el cuerpo y tubo central inicialmente es lámina la cual recibe un cambio físico de expansión, en la cizalla neumática se secciona el rollo de malla y se perfila la altura de cada componente, se enchurca cada cuerpo y tubo formado para ser soldado. Luego se continúa con el proceso de introducir el papel filtrante en cada cuerpo y al subensamble anterior se le introduce el tubo central del elemento para ser curado en el horno. El filtro se forma con las tapas de poliuretano, finalmente se revisa, marca, embolsa y embala en las cajas corrugadas como producto terminado.

Para la fabricación de filtros de Poliuretano y tapa metálica cuyo diagrama de operaciones en el ANEXO A12, se debe seccionar el rollo de papel filtrante y dispuesto en tiras se procede a plisar, el proceso de obtención de la malla es similar para todos los filtros, en la cizalla neumática, la enchurcadora, soldadura, cerrado del papel y curado se realizan las mismas actividades para todos los filtros de Poliuretano y Tapa-Tapa que poseen cuerpo y tubo central.

En este tipo de filtros el cono es metálico y se obtiene por medio de embutido en las prensas hidráulicas, luego se forma el aro de poliuretano y finalmente se revisa, marca, embolsa y embala en las cajas corrugadas como producto terminado.

Para la producción de filtros tipo Tapa-Tapa repujada cuyo diagrama de operaciones en el ANEXO A13, se realizan todas las actividades anteriormente mencionadas hasta el subensamble en el que se obtiene el elemento filtrante, el cono y aro se repujan, se unen con el subensamble aplicando adhesivo en ellas y es ensamblando. Finalmente se revisa, marca, embolsa y embala en las cajas corrugadas como producto terminado. Las tapas pueden variar en su forma de obtención y el ANEXO A14 describe gráficamente el diagrama de operaciones para Tapa – Tapa embutida, el ANEXO A15 repujada y troquelada, el ANEXO A 16 troquelada y repujada.

En la tabla 2 se resumen todas las operaciones e inspecciones realizadas en los diagramas de operaciones de la línea *AIRE*.

Tabla 2. Resumen diagrama de operaciones para AIRE.

DIAGRAMA	OPERACIÓN	INSPECCIÓN
Pocket.	22	3
Poliuretano.	43	6
Poliuretano y tapa metálica.	47	7
Tapa – Tapa repujada.	53	9
Tapa – Tapa embutida.	52	11
Tapa – Tapa repujada y troquelada.	54	11
Tapa – Tapa troquelada y repujada.	50	10

Fuente: autores.

2.1.2 Diagrama de flujo

Para la elaboración de los diagramas de flujo se han tomado como base los diagramas de operaciones antes mencionados, para las líneas AIRE y SELLADO.

Los diagramas de flujo de un proceso productivo son más detallados, pues además de las operaciones e inspecciones, muestran los almacenamientos y transportes implicados en el proceso. En estos diagramas se presentan gráficamente los almacenamientos con un *triangulo* y los transportes que se deben realizar con una *flecha*. Los transportes se presentan con una pequeña descripción de su realización y la distancia que conllevan. Representan traslados entre centros de trabajo, para continuar con el proceso y los almacenamientos son actividades de protección del material implicado hasta el momento de su uso.

Para la línea SELLADO se han realizado los siguientes diagramas de flujo:

- ⊕ Diagrama de flujo para Separador (ANEXO B1).
- ⊕ Diagrama de flujo para Tarro con cambiión de presión (ANEXO B2).
- ⊕ Diagrama de flujo para Tarro con resorte de presión (ANEXO B3).
- ⊕ Diagrama de flujo para Tarro con tuerca hexagonal y cambiión de presión (ANEXO B4).
- ⊕ Diagrama de flujo para Tarro con tuerca hexagonal y resorte de presión (ANEXO B5).
- ⊕ Diagrama de flujo para Tarro con cambiión de presión y válvula de alivio (ANEXO B6).
- ⊕ Diagrama de flujo para Tarro con resorte de presión y válvula de alivio (ANEXO B7).
- ⊕ Diagrama de flujo para Tarro con tuerca hexagonal, cambiión de presión y válvula de alivio (ANEXO B8).

- ⊕ Diagrama de flujo para Tarro con tuerca hexagonal, resorte de presión y válvula de alivio (ANEXO B9).

En la tabla 3 se presenta un resumen de los diagramas de flujo para la línea **SELLADO**.

Tabla 3. Resumen diagramas de flujo para **SELLADO**.

DIAGRAMA	OPERACIONES	INSPECCIONES	ALMACENAMIENTOS	TRANSPORTES
Separador.	67	18	4	20
Tarro con cambrión de presión.	67	23	4	18
Tarro con resorte de presión.	64	18	4	16
Tarro con tuerca hexagonal y cambrión de presión.	72	21	4	20
Tarro con tuerca hexagonal y resorte de presión.	69	20	4	19
Tarro con cambrión de presión y válvula de alivio.	72	21	4	20
Tarro con resorte de presión y válvula de alivio.	69	20	4	19
Tarro con tuerca hexagonal, cambrión de presión y válvula de alivio.	77	23	4	22
Tarro con tuerca hexagonal, resorte de presión y válvula de alivio.	74	22	4	21

Fuente: autores.

También para la línea **AIRE** se han realizado los siguientes diagramas de flujo:

- ⊕ Diagrama de flujo para Pocket (ANEXO B10).
- ⊕ Diagrama de flujo para Poliuretano (ANEXO B11).
- ⊕ Diagrama de flujo para Poliuretano y tapa metálica (ANEXO B12).
- ⊕ Diagrama de flujo para Tapa – Tapa repujada (ANEXO B13).

- ⊕ Diagrama de flujo para Tapa – Tapa embutida (ANEXO B14).
- ⊕ Diagrama de flujo para Tapa – Tapa repujada y troquelada (ANEXO B15).
- ⊕ Diagrama de flujo para Tapa – Tapa troquelada y repujada (ANEXO B16).

En la tabla 4 se presenta un resumen de los diagramas de flujo para la línea *AIRE*.

Tabla 4. Resumen diagramas de flujo para *AIRE*.

DIAGRAMA	OPERACIONES	INSPECCIONES	ALMANENAMIENTOS	TRANSPORTES
Pocket.	22	3	2	5
Poliuretano.	43	6	4	10
Poliuretano y tapa metálica.	47	7	4	13
Tapa – Tapa repujada.	53	9	4	16
Tapa – Tapa embutida.	52	11	4	16
Tapa – Tapa repujada y troquelada.	54	11	3	18
Tapa – Tapa troquelada y repujada.	50	10	3	16

Fuente: autores.

2.1.2 Diagrama de recorrido

Los diagramas de recorrido de las líneas *AIRE* y *SELLADO* se han realizado en un plano a escala de la planta además de los correspondientes a la planta de *AIRE* y *SELLADO*. Los planos se tratarán a profundidad en el estudio de la distribución actual de la planta y la distribución propuesta por los autores, tras usar la metodología SLP.

En la elaboración de los diagramas de recorrido de la línea *SELLADO* se presentan algunos recorridos externos desde las bodegas que se encuentran alrededor de la planta de *SELLADO*, hasta las máquinas que inician la transformación de los materiales.

Para la realización de los diagramas de recorrido de la línea *AIRE* se ha contemplado el trayecto externo que debe recorrer el papel filtrante y la malla expandida hasta la planta de *AIRE*, estas distancias se presentan en el ANEXO C0.

Estos diagramas son el complemento de los de operaciones y flujo, pues evidencian la trayectoria que sigue cada producto en su línea correspondiente, desde el inicio del proceso hasta obtener el producto terminado.

En este plano se indican las diferentes máquinas involucradas en el sistema de producción para las líneas *AIRE* y *SELLADO*. A cada máquina se le ha contemplado la necesidad de espacio para su adecuada operación, almacenamiento de entrada y salida. Cada diagrama posee sus respectivas convenciones, las cuales dan claridad sobre cada color usado en él.

Por medio de los diagramas de recorrido de las líneas *AIRE* y *SELLADO* se muestran retrocesos que se presentan en el flujo y problemas de desplazamientos, que son despilfarros del sistema de producción.

Para la línea *SELLADO* se han elaborado los siguientes diagramas de recorrido:

- ⊕ Diagrama de recorrido para Separador (ANEXO C1).
- ⊕ Diagrama de recorrido para Tarro con cambiión de presión (ANEXO C2).
- ⊕ Diagrama de recorrido para Tarro con resorte de presión (ANEXO C3).
- ⊕ Diagrama de recorrido para Tarro con tuerca hexagonal y cambiión de presión (ANEXO C4).
- ⊕ Diagrama de recorrido para Tarro con tuerca hexagonal y resorte de presión (ANEXO C5).
- ⊕ Diagrama de recorrido para Tarro con cambiión de presión y válvula de alivio (ANEXO C6).
- ⊕ Diagrama de recorrido para Tarro con resorte de presión y válvula de alivio (ANEXO C7).
- ⊕ Diagrama de recorrido para Tarro con tuerca hexagonal, cambiión de presión y válvula de alivio (ANEXO C8).
- ⊕ Diagrama de recorrido para Tarro con tuerca hexagonal, resorte de presión y válvula de alivio (ANEXO C9).

En la tabla 5 se presenta el resumen de los diagramas de recorrido de la línea *SELLADO* para las trayectorias de los diferentes componentes, con las distancias externas (RE) que debe recorrer el material antes de entrar al proceso de transformación y las distancias internas (RI) que debe seguir el producto en proceso, hasta obtener el producto terminado.

También para la línea *AIRE* se realizaron los siguientes diagramas de recorrido:

- ⊕ Diagrama de recorrido para Pocket (ANEXO C10).
- ⊕ Diagrama de recorrido para Poliuretano (ANEXO C11).
- ⊕ Diagrama de recorrido para Poliuretano y tapa metálica (ANEXOC12).
- ⊕ Diagrama de recorrido para Tapa – Tapa repujada (ANEXO C13).
- ⊕ Diagrama de recorrido para Tapa – Tapa embutida (ANEXO C14).

- ⊕ Diagrama de recorrido para Tapa – Tapa repujada y troquelada (ANEXO C15).
- ⊕ Diagrama de recorrido para Tapa – Tapa troquelada y repujada (ANEXO C16).

Para los diagramas de recorrido de la línea *AIRE* se elaboro un diagrama general que se muestra en el ANEXO C17, el cual presenta los desplazamientos de material y subensamble por la planta, debido a que no se cuenta con todos los recursos para la realización completa del proceso en la línea de *AIRE*. En la tabla 6 se muestra el resumen de sus diagramas de recorrido para las trayectorias de los diferentes componentes. En los siguientes resúmenes el recorrido externo (RE) y el recorrido interno (RI) están dados en metros.

Tabla 5. Resumen de distancias en la línea SELLADO.

FILTRO/COMPONENTE SELLADO	PAPEL		TAPA SUPERIOR		TAPA INFERIOR		TUBO CENTRAL		VÁLVULA		VALVULA-SO	ELEMENTO	TARRO	
	RE	RI	RE	RI	RE	RI	RE	RI	RE	RI	RI	RI	RE	RI
Separador	12,04	8,15	50,75	8,30	50,75	8,30	59,31	5,96				10,66	53,38	86,57
Tarro con cambrión	12,04	8,15	50,75	8,30	50,75	8,30	59,31	5,96				10,66	53,38	77,57
Tarro con resorte	12,04	8,15	50,75	8,30	50,75	8,30	59,31	5,96				10,66	53,38	77,57
Tarro con tuerca hexagonal y cambrión de presión	12,04	8,15	50,75	8,30	50,75	8,30	59,31	5,96				10,66	53,38	25,14
Tarro con tuerca hexagonal y resorte de presión	12,04	8,15	50,75	8,30	50,75	8,30	59,31	5,96				10,66	53,38	25,14
Tarro con cambrión de presión y válvula de alivio	12,04	8,15	50,75	6,70	50,75	8,30	59,31	5,96	58,97	8,83	3,39	10,66	53,38	77,57
Tarro con resorte de presión y válvula de alivio	12,04	8,15	50,75	6,70	50,75	8,30	59,31	5,96	58,97	8,83	3,39	10,66	53,38	77,57
Tarro con tuerca hexagonal, cambrión de presión y válvula de alivio	12,04	8,15	50,75	6,70	50,75	8,30	59,31	5,96	58,97	8,83	3,39	10,66	53,38	25,14
Tarro con tuerca hexagonal, resorte de presión y válvula de alivio	12,04	8,15	50,75	6,70	50,75	8,30	59,31	5,96	58,97	8,83	3,39	10,66	53,38	25,14

Fuente: autores.

FILTRO/COMPONENTE SELLADO	TARR O TERM	TUERCA HEXAGONAL		TARRO - TUERCA	DISCO ROSCADO		ARO		ARO - DISCO	CAMBRIÓN		FILTRO	TOTAL RECORRIDO EXTERNO	TOTAL RECORRIDO INTERNO	TOTAL (METROS)
	RI	RE	RI	RI	RE	RI	RE	RI	RI	RE	RI	RI			
Separador.	51,19				28,79	8,45	34,59	29,40	9,78			23,60	289,61	250,36	539,97
Tarro con cambrión.					28,79	8,45	34,59	29,40	9,78	46,86	7,46	13,00	336,47	187,03	523,50
Tarro con resorte.					28,79	8,45	34,59	29,40	9,78			13,00	289,61	179,57	469,18
Tarro con tuerca hexagonal y cambrión de presión.		49,69	21,25	53,39	28,79	8,45	34,59	29,40	9,78	46,86	7,46	13,00	386,16	209,24	595,40
Tarro con tuerca hexagonal y resorte de presión.		49,69	21,25	53,39	28,79	8,45	34,59	29,40	9,78			13,00	339,30	201,78	541,08
Tarro con cambrión de presión y válvula de alivio.					28,79	8,45	34,59	29,40	9,78	46,86	7,46	13,00	395,44	197,65	593,09
Tarro con resorte de presión y válvula de alivio.					28,79	8,45	34,59	29,40	9,78			13,00	348,58	190,19	538,77
Tarro con tuerca hexagonal, cambrión de presión y válvula de alivio.		49,69	21,25	53,39	28,79	8,45	34,59	29,40	9,78	36,86	7,46	13,00	435,13	219,86	654,99
Tarro con tuerca hexagonal, resorte de presión y válvula de alivio.		49,69	21,25	53,39	28,79	8,45	34,59	29,40	9,78			13,00	398,27	212,40	610,67

Continuación Tabla 5...

Tabla 6. Resumen de distancias en la línea AIRE.

FILTRO/COMPONENTE AIRE	PAPEL		ELEMENTO A CURAR		ELEMENTO CURADO		MALLA PARA CUERPO y TUBO		LÁMINA PARA CONO Y ARO		SUB ENSAMBLE	FILTRO	TOTAL RECORRIDO EXTERNO	TOTAL RECORRIDO INTERNO	TOTAL (METROS)
	RE	RI	RE	RI	RE	RI	RE	RI	RE	RI	RI	RI			
Pocket	88,90	6,41										22,66	88,90	29,07	117,97
Poliuretano	88,90	13,70	107,20	28,39	114,45	29,94	122,79	55,12			3,22	15,07	433,34	145,44	578,78
Poliol-Tapa	88,90	13,70	107,20	28,39	114,45	29,94	122,79	55,12	108,97	31,10	3,22	15,13	542,31	176,60	718,91
Tapa-Tapa repujada	88,90	13,70	107,20	28,39	114,45	29,94	122,79	55,12	95,14	23,95	21,94	12,75	528,48	185,79	714,27
Tapa-tapa embutida	88,90	13,70	107,20	28,39	114,45	29,94	122,79	55,12	197,77	11,54	21,94	12,75	631,11	173,38	804,49
Tapa-Tapa repujada y troquelada	88,90	13,70	107,20	28,39	114,45	29,94	122,79	55,12	191,97	31,16	21,94	12,75	625,31	193,00	818,31
Tapa-Tapa troquelada y repujada	88,90	13,70	107,20	28,39	114,45	29,94	122,79	55,12	109,17	66,10	21,94	12,75	542,51	227,94	770,45

Fuente: autores.

2.2 MEDICIÓN DE TIEMPOS

Para la medición de tiempos de las líneas *AIRE* y *SELLADO* de la planta 2 de Industrias PARTMO S.A., se utilizó la técnica de *estudio de tiempos por cronómetro*, determinando la duración de las operaciones y la capacidad de las líneas.

Establecer los tiempos estándar de los centros de trabajo para cada una de sus operaciones resulta muy útil cuando se necesita fundamentar la toma de decisiones con respecto a cambios en la producción (corto plazo), asignación de carga y la correcta planeación de las actividades

2.2.1 Pareto de referencias relevantes de las líneas *AIRE* y *SELLADO*

Teniendo en cuenta que Industrias PARTMO S.A. posee una gran trayectoria en el campo de la filtración para el cuidado del motor, y que actualmente posee una producción de aproximadamente 160 referencias para la línea *AIRE* y 250 referencias para la línea *SELLADO* es de vital importancia esclarecer cuales de estas referencias representan la producción relevante de la empresa.

Utilizando como base los registros de todo el año 2007 y hasta octubre del año 2008 suministrados por el departamento de mercadeo y ventas, se realizó el *diagrama de Pareto* para las líneas de producción y se determinó el número de referencias que representan el comportamiento estándar de cada línea.

El Pareto de la línea *AIRE* registró la producción de ciento cincuenta y nueve (159) referencias en el tiempo ya mencionado, de las cuales treinta y dos (32) representan el ochenta por ciento de la producción total de la línea *AIRE*.

En la Tabla 7 se muestra cada una de las referencias que representan el 79,893% de la producción total de la línea *AIRE*, cantidad de producción de la misma, frecuencia con respecto a la producción total y la frecuencia acumulada de cada referencia.

Tabla 7. Frecuencia acumulada para la línea AIRE.

REFERENCIA	PROMEDIO ANUAL	FREC	FREC ACUM
Total AP-2712	21080	10,41	10,41
Total AP-2877S	16392	8,095	18,506
Total AP-3550	16377	8,088	26,594
Total AP-323	12484	6,165	32,759
Total AP-R9	10132	5,004	37,763
Total AP-101222K	5829	2,879	40,641
Total AP-2863	5581	2,756	43,397
Total AP-812105	5308	2,621	46,019
Total AP-2520H	5097	2,517	48,536
Total AP-2712 ^a	4666	2,304	50,84
Total AP-G4800	4517	2,231	53,071
Total AP-18-2028	4270	2,109	55,18
Total AP-4337	3922	1,937	57,117
Total AP-2300	3799	1,876	58,993
Total AP-186/1	3782	1,868	60,861
Total AP-1347	3622	1,789	62,649
Total AP-1655-0	3442	1,7	64,349
Total AP-132	3002	1,483	65,832
Total AP-SL5013Z40A	2871	1,418	67,25
Total AP-3	2621	1,294	68,544
Total AP-127	2571	1,27	69,814
Total AP-626	2568	1,268	71,082
Total AP-3501	2225	1,099	72,181
Total AP-R12	2224	1,098	73,279
Total AP-126	2064	1,019	74,298
Total AP-491588	1983	0,979	75,278
Total AP-7242	1861	0,919	76,197
Total AP-410	1583	0,782	76,979
Total AP-1298	1573	0,777	77,755
Total AP-147	1459	0,721	78,476
Total AP-626/1	1444	0,713	79,189
Total AP-05113	1426	0,704	79,893

Fuente: autores.

Luego de haber realizado la Tabla 7, la cual estableció la relevancia de cada una de las referencias de la línea AIRE se procedió a elaborar el diagrama de Pareto que muestra gráficamente los datos logrados tras el manejo de la información de cada período. El diagrama de Pareto que se obtuvo para la línea AIRE se presenta en la Figura 9.

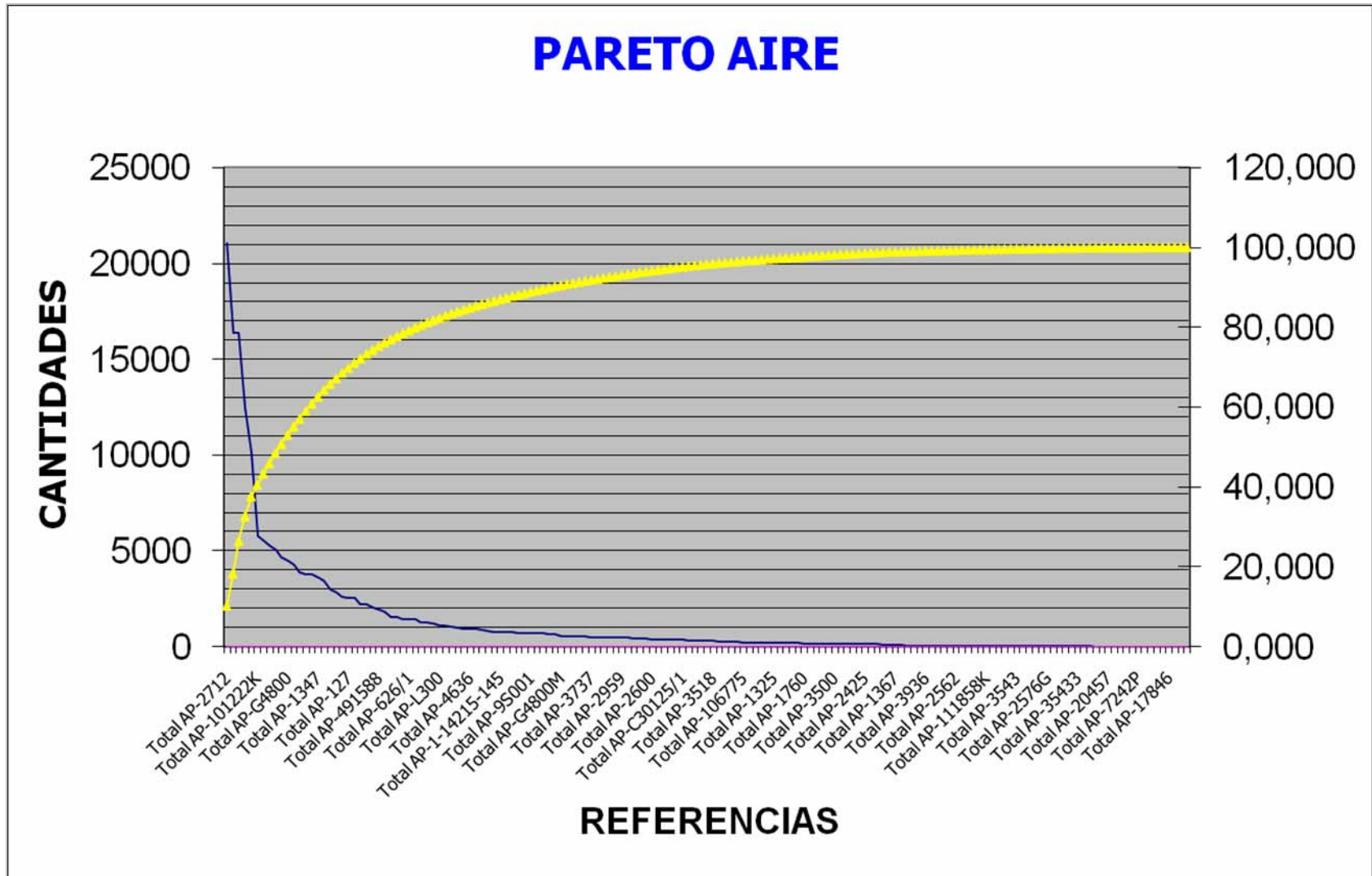


Figura 9. Diagrama de Pareto para la línea AIRE. Fuente: autores.

También para la elaboración del Pareto de la línea *SELLADO* se registró la producción de doscientas cincuenta y tres (253) referencias durante el mismo período, de las cuales treinta y una (31) representan el ochenta por ciento de la producción total de la línea *SELLADO* y son el 12,25% de las referencias registradas en el Pareto para esta línea. En la Tabla 8 se muestra cada una de las referencias que representan el 79,852% de la producción total de la línea *SELLADO*, cantidad de producción de la misma, frecuencia con respecto a la producción total y la frecuencia acumulada de cada referencia.

Tabla 8. Frecuencia acumulada para la línea *SELLADO*.

REFERENCIA	PROMEDIO ANUAL	FREC	FREC ACUM
Total A-4053	231044	8,7	8,7
Total A-323	223352	8,41	17,11
Total A-18	215802	8,126	25,235
Total A-111	195954	7,378	32,614
Total A-1402	189520	7,136	39,75
Total A-73	95199	3,585	43,334
Total AR-9	91077	3,429	46,764
Total A-4054	90749	3,417	50,181
Total A-3603	70063	2,638	52,819
Total P-346P	67234	2,532	55,351
Total A-941	64127	2,415	57,765
Total A-4044	56095	2,112	59,877
Total AR-12/18	54940	2,069	61,946
Total A-223	40447	1,523	63,469
Total A-20	38717	1,458	64,927
Total A-52	32848	1,237	66,164
Total A-1406	31229	1,176	67,34
Total A-3726	31158	1,173	68,513
Total A-14476	29101	1,096	69,609
Total A-113	29100	1,096	70,704
Total A-034L	28334	1,067	71,771
Total A-243004	27119	1,021	72,792
Total A-2835	26032	0,98	73,773
Total AR-4/6	24676	0,929	74,702
Total A-4050	23882	0,899	75,601
Total A-3593C	23488	0,884	76,485
Total A-4041	23079	0,869	77,354
Total A-4043	19475	0,733	78,088
Total A-2862C	16832	0,634	78,721
Total A-2825	15146	0,57	79,292
Total A-2840	14874	0,56	79,852

Fuente: autores.

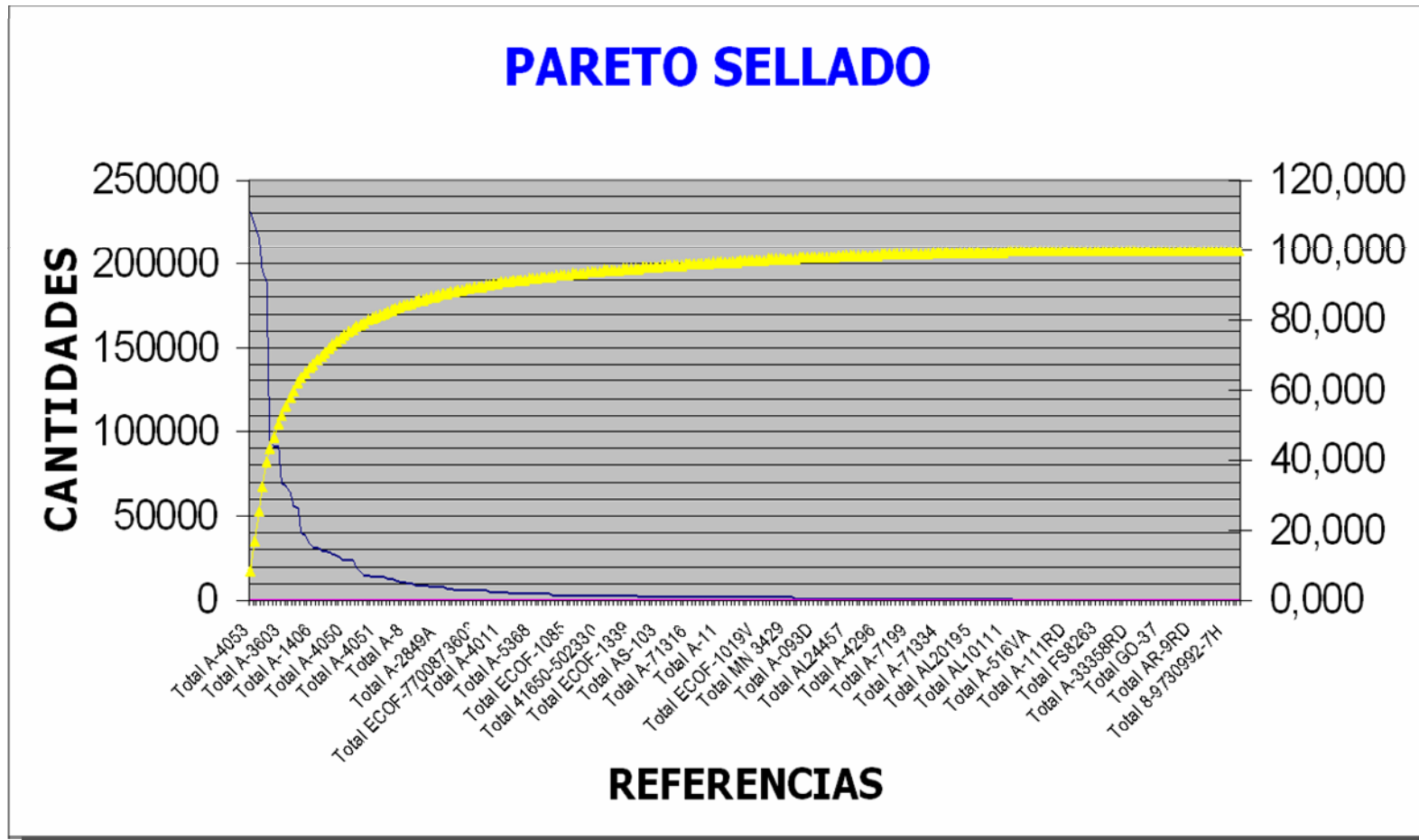


Figura 10. Diagrama de Pareto para la línea *SELLADO*. Fuente: autores.

Tras recopilar la información, ordenarla y elaborar la Tabla 8 se estableció la relevancia de cada una de las referencias de la línea *SELLADO* y se efectuó el diagrama de Pareto que se presenta en la Figura 10.

2.2.2 Tiempos estándar de producción de las líneas de *AIRE* y *SELLADO*

Luego de lograr identificar la relevancia de cada una de las referencias producidas durante el año 2007 y hasta Octubre de 2008, que implican el ochenta por ciento de la producción, se tomaron para el estudio de tiempos de cada línea.

Para la línea *AIRE* en la cual resultaron treinta y dos referencias relevantes, estas se dividieron por familias teniendo en cuenta las similitudes del proceso de fabricación que debían seguir. Para definir esta división fue necesario consultar las fichas técnicas de cada referencia, la dirección operativa de la planta y al Departamento de Diseño.

Finalmente se logró determinar las familias de productos de la línea *AIRE*, y estas son:

- ⊕ POCKET
- ⊕ CARBURADOR
- ⊕ POLIOL 1
- ⊕ POLIOL 2
- ⊕ POLIOL 3
- ⊕ TAPA x TAPA 1
- ⊕ TAPA x TAPA 2
- ⊕ TAPA x TAPA 3
- ⊕ POLIOL x TAPA

Los filtros que se usan en los vehículos automotores de bajo cilindraje tales como taxis y particulares corresponden al grupo de *AIRE LIVIANO*, aquí se ubican las familias CARBURADOR y POCKET.

El grupo *AIRE PESADO* que también es llamado “filtro externo” o “sello radial”, que llevan simultáneamente algunos vehículos de gran capacidad (camperos, transporte, carga) para ejercer una doble filtración esta constituido por las demás familias.

En la Figura 11 se presenta la división de la línea *AIRE* planteada anteriormente.

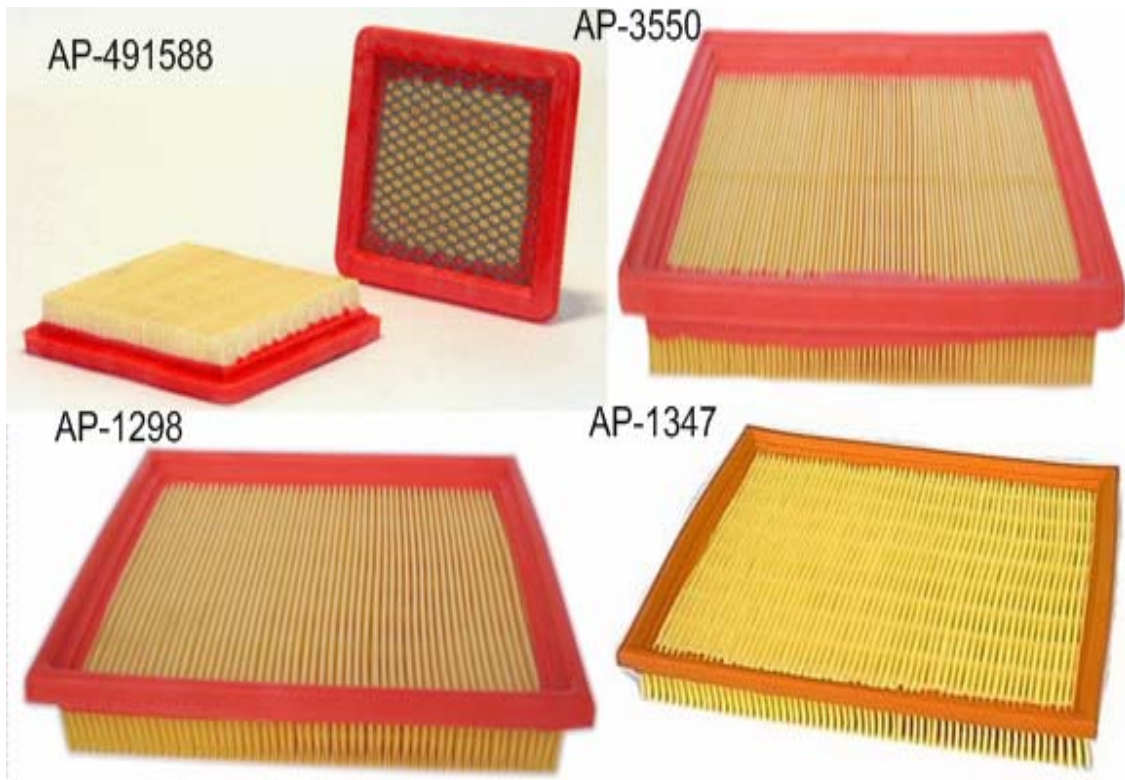


Figura 12. Imágenes de la familia Pocket. Fuente: Industrias PARTMO S.A.

- **Carburador:** esta familia es de tipo liviano, esta compuesta de filtros que poseen tapas de Poliuretano, cuerpo y tubo central de malla expandida galvanizada (no debe ser pintada). Las características dimensionales de cada referencia perteneciente a esta familia se presentan en la Tabla 10 y las imágenes en la Figura 13.

Tabla 10. Características dimensionales de la familia Carburador.

REF	CALIBRE (mm)	H (mm)	D/ex (mm)	D/in (mm)
AP-323	24	45	285	230
AP-4337	24	54	259	204,2
AP-626	28	55	279	213
AP-127	17,5	61	252	206
AP-R9	24	61,8	245	189
AP-147	24	64	280	222
AP-626/1	32	65	290	220
AP-2300	24	69	257	200
AP-126	17,5	71	252	206
AP-3	28	73,8	210	137
AP-132	24	53,5	260	205
AP-R12	17,5	170	127,5	86,5

Fuente: autores.



Figura 13. Imágenes de la familia Carburador. Fuente: Industrias PARTMO S.A.

- **Poliol-Tapa:** son filtros de aire pesado interior, se compone de una tapa de Poliuretano y otra metálica, lo cual conlleva a una combinación en las operaciones. En el diagrama de Pareto se incluye un filtro de éste tipo, cuyas especificaciones dimensionales se muestran en la Tabla 11 y la imagen en la Figura 14.

Tabla 11. Características dimensionales de la familia Polioli-Tapa.

REF	CALIBRE (mm)	H (mm)	D/ex (mm)	D/in (mm)
AP-G4800	32	233	148	71

Fuente: autores.



Figura 14. Imagen de la familia Poliol-Tapa. Fuente: Industrias PARTMO S.A.

- *Poliol 1*: esta familia es de tipo pesado principal o aire mediano, sus tapas son de Poliuretano, cuerpo y tubo central de malla expandida galvanizada (no deben ser pintados). Las características dimensionales de la familia Poliol 1 se muestran en la Tabla 12 e imágenes en la figura 15.

Tabla 12. Características dimensionales de la familia Polio 1.

REF	CALIBRE (mm)	H (mm)	D/ex (mm)	D/in (mm)
AP-05113	32	145	157	76
AP-186/1	44	146	220	115
AP-1655-0	31	148	168	80
AP-410	24	171	125	66

Fuente: autores.



Figura 15. Imágenes de la familia Poliol 1. Fuente: Industrias PARTMO S.A.

- **Poliol 2:** este tipo de filtros son de aire pesado externo o sello radial, sus tapas son de Poliuretano, cuerpo y tubo central de malla expandida oscura (debe ser pintado). Las características dimensionales de la familia Poliol 2 se presentan en la Tabla 13 y las imágenes de cada referencia en la Figura 16.

Tabla 13. Características dimensionales de la familia Polio 2.

REF	CALIBRE (mm)	H (mm)	D/ex (mm)	D/in (mm)
AP-2877S	34	287	232	130
AP-2863	34	327	232	130
AP-7242	44	246	182	94

Fuente: autores.



Figura 16. Imágenes de la familia Poliol 2. Fuente: Industrias PARTMO S.A.

- *Poliol 3*: Es un filtro tipo pesado interno, compuesto de tapas de Poliuretano, cuerpo y tubo central de malla expandida oscura (debe ser pintada). Las características dimensionales de la familia Poliol 3 se presentan en la Tabla 14, junto con la imagen en la Figura 17.

Tabla 14. Características dimensionales de la familia Polio 3.

REF	CALIBRE (mm)	H (mm)	D/ex (mm)	D/in (mm)
AP-3501	7,5	301	131	94

Fuente: autores.



Figura 17. Imagen de la familia Poliol 3. Fuente: Industrias PARTMO S.A.

- *Tapa-Tapa 1*: esta familia es de tipo pesado principal o aire mediano, sus tapas son metálicas, también el cuerpo y tubo central son de malla expandida oscura (debe ser pintado). Las características dimensionales de la familia Tapa-Tapa 1 se muestran en la Tabla 15 y sus imágenes en la Figura 18.

Tabla 15. Características dimensionales de la familia Tapa-Tapa 1.

REF	CALIBRE (mm)	H (mm)	D/ex (mm)	D/in (mm)
AP-2712	26	265	199	133
AP-2712A	21	265	190	135

Fuente: autores.



Figura 18. Imágenes de la familia Tapa-Tapa 1. Fuente: Industrias PARTMO S.A.

- *Tapa-Tapa 2*: estos filtros son de aire pesado interno, sus tapas son metálicas, corona de pasta, cuerpo y tubo central de malla expandida oscura (debe ser pintado). Las características dimensionales de la familia Tapa-Tapa 2 se presentan en la Tabla 16.

Tabla 16. Características dimensionales de la familia Tapa-Tapa 2.

REF	CALIBRE (mm)	H (mm)	D/ex (mm)	D/in (mm)
AP-101222k	24	286	132,6	71,6
AP-SL5013Z40A	24	357	153	88

Fuente: autores.

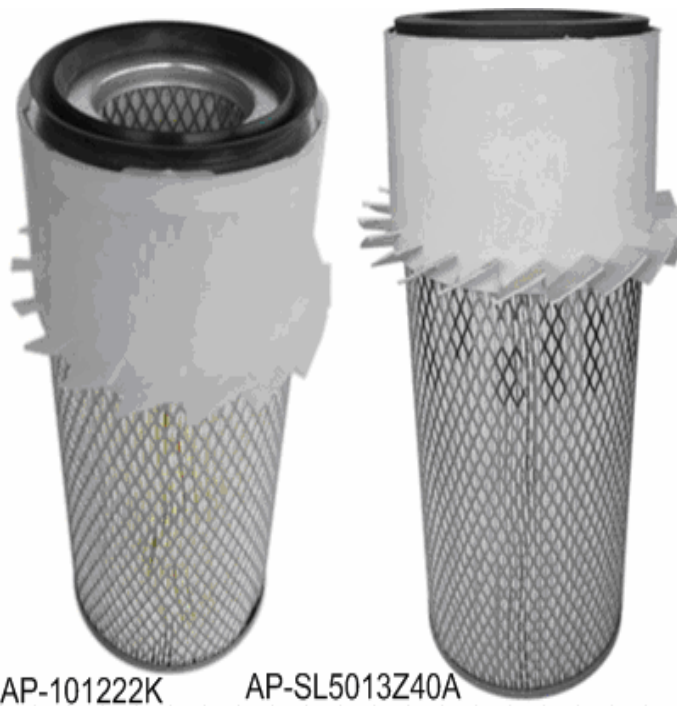


Figura 19. Imágenes de la familia Tapa-Tapa 2. Fuente: Industrias PARTMO S.A.

- *Tapa-Tapa 3*: esta familia es de tipo pesado exterior o sello radial, compuestos de tapas metálicas, que con su cuerpo y tubo central de malla expandida oscura deben ser pintados. Las características dimensionales de la familia Tapa-Tapa 3 se presentan en la Tabla 17.

Tabla 17. Características dimensionales de la familia Tapa-Tapa 3.

REF	CALIBRE (mm)	H (mm)	D/ex (mm)	D/in (mm)
AP-2520H	44	313	263,5	154,5
AP-812105	34	341	230	149
AP-18-2028	44	416	263,5	154,5

Fuente: autores.



Figura 20. Imágenes de la familia Tapa-Tapa 3. Fuente: Industrias PARTMO S.A.

En la tabla 18 se presenta un resumen de la división por familias de la línea AIRE.

Tabla 18. Resumen de división por familias de la Línea AIRE.

POCKET	AP-491588	POLIOL 1	AP-05113
	AP-3550		AP-186/1
	AP-1298		AP-1655-0
	AP-1347		AP-410
CARBURADOR	AP-323	POLIOL 2	AP-2877S
	AP-4337		AP-7242
	AP-626		AP-2863
	AP-127	POLIOL 3	AP-3501
	AP-R9		
	AP-147	TxT 1	AP-2712
	AP-626/1		AP-2712A
	AP-2300	TxT 2	AP-101222K
	AP-126		AP-SL5013Z40A
	AP-3		
AP-132			
AP-R12		TxT 3	AP-2520H
POLIOL-TAPA	AP-G4800		AP-812105
			AP-18-2028

Fuente: autores.

En el estudio de tiempos para cada familia de la línea *AIRE*, se establecieron tamaños de muestra, según las operaciones realizadas en su proceso de producción, los cuales se presentan en el ANEXO D1 y se resumen en la Tabla 19.

Para el cálculo de cada tamaño de muestra se utilizó la siguiente fórmula⁵:

$$N = \frac{(S \cdot t)^2}{(k \cdot x)^2}$$

Se tomaron diez observaciones, donde *S* fue la desviación estándar de las premuestras para cada operación, *x* la media de las mismas, *k* es el error que se desea en el estudio, finalmente *t* el valor obtenido de la tabla para la distribución t-student fue de 2,262.

La operación de plisado implica el tiempo de la máquina, éste brinda al operario la oportunidad de realizar algunas actividades simultáneas, el horneado de la pintura electrostática de cono, aro, cuerpo y tubo central es de acuerdo a las especificaciones técnicas del horno y para las operaciones de curado e inyección de Poliuretano, se calculó el tiempo por medio del caudal de salida. Para este último se empleó la tabla de tamaño de muestra sugerida por la Oficina Internacional del Trabajo⁶, la cual se presenta en el ANEXO D2.

⁵ Niebel, Benjamín W y Freivalds, Andris. Ingeniería Industrial Métodos, estándares y diseño del trabajo. Estudio de tiempos. México D.F.: ALFAOMEGA DRUPO EDITOR S.A. de C.V., 2004. 373 p.

⁶ Ortiz Pimiento, Néstor Raúl. Análisis y mejoramiento de los procesos de la empresa. Técnicas para el mejoramiento de procesos productivos. Bucaramanga: Publicaciones UIS, 1999. 152 p.

Tabla 19. Resumen del tamaño de muestra para cada familia de la Línea AIRE.

POCKET	PLISADO										EMPAQUE Y EMBALAJE
	0										20
CARBURADOR	PLISADO	CERRADO	CIZALLA		SOLDADO						EMPAQUE Y EMBALAJE
	0	25	13		7						35
TxT 1	PLISADO	CERRADO	CIZALLA	ENCHURCADO	SOLDADO	TROQUELADO	REPUJADO	LIMPIEZA DE TAPAS	PINTADO	ADHESIVO	EMPAQUE Y EMBALAJE
	1	32	21	21	18	17	11	24	14	17	28
TxT 2	PLISADO	CERRADO	CIZALLA	ENCHURCADO	SOLDADO	TROQUELADO		LIMPIEZA DE TAPAS	PINTADO	ADHESIVO	EMPAQUE Y EMBALAJE
	0	15	27	22	17	19		24	13	11	29
TxT 3	PLISADO	CERRADO	CIZALLA	ENCHURCADO	SOLDADO	TROQUELADO	REPUJADO	LIMPIEZA DE TAPAS	PINTADO	ADHESIVO	EMPAQUE Y EMBALAJE
	1	26	12	20	15	16	9	21	11	21	22
POLIOL 1	PLISADO	CERRADO	CIZALLA		SOLDADO						EMPAQUE Y EMBALAJE
	0	33	16		24						32
POLIOL 2	PLISADO	CERRADO	CIZALLA	ENCHURCADO	SOLDADO				PINTADO		EMPAQUE Y EMBALAJE
	1	20	22	36	23				19		21
POLIOL 3	PLISADO	CERRADO	CIZALLA	ENCHURCADO	SOLDADO				PINTADO		EMPAQUE Y EMBALAJE
	0	20	16	21	20				15		19
POLI-TAPA	PLISADO	CERRADO	CIZALLA	ENCHURCADO	SOLDADO	TROQUELADO	LIMPIEZA TAPA	PINTADO		ADHESIVO	EMPAQUE Y EMBALAJE
	1	16	20	17	18	27	32	14		16	25

Fuente: autores.

Dados los anteriores tamaños de muestra, se procedió a la toma de tiempos para cada familia de la línea *AIRE*, el registro de los tiempos se muestra en el ANEXO D3.

La asignación de suplementos por descanso, necesidades personales y características del proceso para cada centro de trabajo implicado en cada familia de la línea *AIRE*, se elaboró tomando la tabla sugerida por la OIT⁷, estos se presentan en el ANEXO D4. Debido a que la lectura de tiempo realizada con el cronómetro es el efectivo para cada operación, se debe ajustar con los porcentajes de suplementos, el operario altera el cálculo del tiempo de operación por que se detiene para recobrar su postura, hidratarse, necesidades físicas, condiciones climáticas, ruido, iluminación, tensión mental, monotonía, etc.

Para la línea *SELLADO* el *diagrama de pareto* arrojó un resultado de 31 referencias relevantes y se dividieron por familias según los componentes necesarios en su fabricación con el fin de facilitar la diferenciación y ejecutar correctamente los diagramas de operaciones y de recorrido. Se debe tener presente que todos los filtros de la línea *SELLADO* de la planta 2, son de tipo liviano, para automóviles (bajo cilindraje). Se efectuó un análisis dimensional de cada referencia, el cual se muestra en la descripción de cada familia (las unidades están dadas en milímetros).

- *Tuerca hexagonal 1*: son filtros de tipo *SELLADO* liviano, los cuales poseen tuerca hexagonal en su tarro, para su adaptación al sistema de filtración del vehículo que lo utiliza, la presión interior se garantiza por la presencia de un Cambrión y liberan el exceso de presión por medio de una válvula de alivio. Las características de cada una de las referencias y las imágenes de esta familia se presentan en seguida.

Tabla 20. Características dimensionales de la familia Tuerca hexagonal 1.

REF	ALTURA (mm)	De (mm)	A PLIEGUE (mm)
A-18	84,2	74,2	12,5
A-73	109	81,3	16
A-4044	107,6	93,7	17,5
AR-12/18	82	93,7	17,5
A-20	107,6	93,7	17,5
A-52	79	81,3	16
A-4050	120	81,3	16

Fuente: autores.

⁷ Ibid, 149.



Figura 21. Imágenes de la familia Tuerca hexagonal 1. Fuente: Industrias PARTMO S.A.

- *Tuerca hexagonal 2*: esta familia es de tipo *SELLADO* liviano, también poseen tuerca hexagonal en su tarro, la presión interna se hace por medio de un resorte prefabricado que se une al elemento y no poseen válvula de alivio. Para cada una de las referencias se muestran sus dimensiones en la Tabla 30 y las imágenes en la Figura 22.

Tabla 21. Características dimensionales de la familia Tuerca hexagonal 2.

REF	ALTURA (mm)	De (mm)	A PLIEGUE (mm)
A-111	97,5	74,2	12,5
A-113	120	81,3	16
A-2862C	84,2	74,2	12,5
A-2825 equivalente A-178	118	81,3	16

Fuente: autores.



Figura 22. Imágenes de la familia Tuerca hexagonal 2. Fuente: Industrias PARTMO S.A.

- *Tuerca hexagonal 3*: son filtros de tipo *SELLADO* liviano, que cuentan con tuerca hexagonal en su tarro, la presión interna se hace por medio de un resorte prefabricado que se une al elemento y poseen válvula de alivio que libera la presión interior, evitando la deformación del filtro. Para cada una de las referencias se presentan sus dimensiones en la Tabla 31 y las imágenes en la Figura 23.

Tabla 22. Características dimensionales de la familia Tuerca hexagonal 3.

REF	ALTURA (mm)	De (mm)	A PLIEGUE (mm)
A-323	79	81,3	16
AR-9	82	93,7	17,5
AR-4/6	64	93,7	17,5
A-4041	79	81,3	16
A-4043	79	81,3	16
A-3603	53,6	74,5	12,5

Fuente: autores.



Figura 23. Imágenes de la familia Tuerca hexagonal 3. Fuente: Industrias PARTMO S.A.

- *Liso1*: también son tipo *SELLADO* liviano, pero su superficie de tarro es lisa, la unión al sistema de filtración de cada vehículo que lo utiliza se da por medio de llaves de correa tapas, la presión interna la realiza un cambrión y posee válvula de alivio. Las características dimensionales de la familia Liso 1 se muestran en la Tabla 32 e imagen en la figura 24.

Tabla 23. Características dimensionales de la familia Liso 1.

REF	ALTURA (mm)	De (mm)	A PLIEGUE (mm)
P-346P	73,5	84,3	12,5
A-223	97,5	72,4	12,5

Fuente: autores.



Figura 24. Imágenes de la familia Liso 1. Fuente: Industrias PARTMO S.A.

- *Liso 2*: son de tipo *SELLADO* liviano, su tarro es de superficie lisa y varía con la familia Liso 1 en que no posee válvula de alivio. Las características dimensionales de la familia Liso 2 se presentan en la Tabla 33 y la imagen en la Figura 25.

Tabla 24. Características dimensionales de la familia Liso 2.

REF	ALTURA (mm)	De (mm)	A PLIEGUE (mm)
A-3726	97,4	93,7	17,5

Fuente: autores.



Figura 25. Imágenes de la familia Liso 2. Fuente: Industrias PARTMO S.A.

- *Liso 3*: estos filtros también son de tipo *SELLADO* liviano, con tarro de superficie lisa, resorte de presión y no posee válvula de alivio. Las características dimensionales de la familia *Liso 3* se presentan en la Tabla 34 y la imagen en la Figura 26.

Tabla 25. Características dimensionales de la familia *Liso 3*.

REF	ALTURA (mm)	De (mm)	A PLIEGUE (mm)
A-4053	89,8	81,3	16
A-4054	75	81,3	16
A-941	148	81,3	16
A-1406	91	65,1	10
A-034L	103	81,3	16
A-243004	125,4	81,3	16

Fuente: autores.



Figura 26. Imágenes de la familia *Liso 3*. Fuente: Industrias PARTMO S.A.

- *Liso 4*: esta familia se diferencia a la anterior en que posee válvula de alivio. Las características dimensionales de la familia Liso 4 se presentan en la Tabla 35 y la imagen en la Figura 27.

Tabla 26. Características dimensionales de la familia Liso 4.

REF	ALTURA (mm)	De (mm)	A PLIEGUE (mm)
A-1402	91	65,1	10
A-14476	77	65,1	10
A-2835	88	74,2	12,5
A-3593C	75,3	74,2	12,5
A-2840 equivalente A-14476	77	65,1	10

Fuente: autores.



Figura 27. Imágenes de la familia Liso 4. Fuente: Industrias PARTMO S.A.

En la tabla 27 se presenta un resumen de la división por familias de la línea **SELLADO**.

Tabla 27. Resumen de división por familias de la Línea *SELLADO*.

TUERCA HEXAGONAL 1 (THx1)	A-18	LISO 1	P-346P
	A-73		A-223
	A-4044		
TUERCA HEXAGONAL 2	AR-12/18	LISO 2	A-3726
	A-20		
	A-52	LISO 3	A-4053
	A-4050		A-4054
A-111	A-941		
A-113		A-1406	
A-2862C		A-034L	
A-2825		A-243004	
TUERCA HEXAGONAL 3	A-323	LISO 4	A-1402
	AR-9		A-14476
	AR-4/6		A-2835
	A-4041		A-3593C
	A-4043		A-2840
	A-3603		

Fuente: autores.

Para el estudio de tiempos de cada familia de la línea *SELLADO*, se establecieron tamaños de muestra que se presentan en el ANEXO D5, de la misma forma que para la línea *AIRE* y se resumen en la Tabla 37.

Tabla 28. Resumen del tamaño de muestra para cada familia de la Línea *SELLADO*.

	TARRO	ARO	DISCO	ELEMENTO	CAMBRION	CERRADO	PINTURA	EMBALAJE
THx 1	10	25	19	22	23	30	28	17
THx 2	TARRO	ARO	DISCO	ELEMENTO		CERRADO	PINTURA	EMBALAJE
	11	25	19	27		30	28	17
THx3	TARRO	ARO	DISCO	ELEMENTO		CERRADO	PINTURA	EMBALAJE
	10	25	19	22		30	28	17
LISO 1	TARRO	ARO	DISCO	ELEMENTO	CAMBRION	CERRADO	PINTURA	EMBALAJE
	32	25	19	22	23	30	28	17
LISO 2	TARRO	ARO	DISCO	ELEMENTO	CAMBRION	CERRADO	PINTURA	EMBALAJE
	18	25	19	27	23	30	28	17
LISO 3	TARRO	ARO	DISCO	ELEMENTO		CERRADO	PINTURA	EMBALAJE
	8	25	19	27		30	28	17
LISO 4	TARRO	ARO	DISCO	ELEMENTO		CERRADO	PINTURA	EMBALAJE
	31	25	19	22		30	28	17

Fuente: autores.

Para las familias de la línea *SELLADO*, se nota variación en el tamaño de la muestra para las operaciones del tarro y la de elemento, pues estos cuentan con intervención humana en la alimentación y ensamble del elemento.

En el cálculo de cada tamaño de muestra se utilizó la fórmula ya presentada. Se tomaron igualmente diez observaciones, una confianza deseada de 0,95 y se obtuvo un valor en la tabla de distribución t-student de 2,262.

Dados los anteriores tamaños de muestra, se procedió a la toma de tiempos para cada familia de la línea *SELLADO*, el registro de los tiempos se muestra en el ANEXO D6.

Para la asignación de suplementos por descanso, necesidades personales y características del proceso en cada familia de la línea *SELLADO*, se procedió de la misma manera que para la línea *AIRE*, estos se presentan en el ANEXO D7.

2.3 INVENTARIO DE MÁQUINAS IMPLICADAS EN LAS LÍNEAS DE AIRE Y SELLADO

En este numeral se nombran las máquinas implicadas a las líneas de producción de *AIRE* y *SELLADO*, con el fin dar a conocer la magnitud de cada línea y con ello registrar el tiempo de alistamiento de cada máquina. Los tiempos de alistamiento de cada máquina se deben contemplar como tiempos externos, es decir, no perturban la producción planeada.

Industrias PARTMO S.A. cuenta con un software que registra la hoja de vida de cada máquina de su planta 2, así, el Departamento técnico se puede predecir acontecimientos en cuanto a mantenimiento preventivo o correctivo.

Industrias PARTMO S.A. ha dispuesto para las líneas *AIRE* y *SELLADO* en su planta 2 algunas máquinas, las cuales se enlistan a continuación con su respectivo código, en este listado no se nombran las máquinas destinadas para mantenimiento, bodega, recuperado, herramientas de transporte y alimentación.

<i>Máquinas línea AIRE</i>	<i>Código</i>
Cortadora circular	CG – 01
Cizalla neumática	CN – 02
Cortadora de papel	CO – 05
Horno tipo plancha	HO – 08
Horno de embolsado	HO – 07
Horno carrusel de Poliuretano	HO – 11
Horno embolsador de Poliuretano	HO – 13

Horno de pintura	HO – 14
Máquina de pintura	MP A
Prensa hidráulica	PH – 13
Prensa hidráulica	PH – 14
Plisadora de cuchillas 60mm	PL – 04
Plisadora	PL – 06
Plisadora de Hot melt	PL – 09
Plisadora rápida	PL – 10
Máquina de Poliuretano	PU – 01
Máquina inyectora de Poliuretano	PU – 02
Soldador de punto	SO – 03
Soldador de punto	SO – 07
Torno de repujado	TO – 01
Torno de repujado	TO – 02
Video Jet	VJ – 02

Máquinas línea SELLADO

Código

Cizalla electrónica	CI – 01
Centrifugadora	CF – 01
Cizalla neumática	CN – 01
Cerradora automática	CR – 01
Cerradora Blanch	CR – 02
Cerradora Lanico 1989	CR – 03
Cerradora Lanico 1983	CR – 05
Dosificador de aro-disco	DO – 01
Dosificador de aro-disco	DO – 02
Dosificador de tapa	DO – 04
Embutidora coca neumática	EC – 01
Enchurcadora de lámina	EN – 01
Enchurcadora de lámina	EN – 02
Expansora camilo IMT 10	EX – 01
Expansora CORPISAN	EX – 02
Expansora Camilo	EX – 03
Espiroducto	FT – 01
Horno Plastisol	HO – 01
Horno pintura	HO – 02
Horno de secado	HO – 04
Horno embolsador Smipack	HO – 10
Horno de curado elemento PREMAC	HO – 12
Marcadora de filtros SCREEN	MF – 01
Máquina de pintura NORDSON	MP – 01
Máquina de pintura NORDSON	MP – 02
Probador de filtros	PB – 01
Probador de filtros	PB – 02
Probador de filtros	PB – 03

Probador neumático de sellado	PB – 04
Probador neumático de CAV	PB – 05
Probador neumático APEC	PB – 06
Prensa hidráulica, lados paralelos	PH – 02
Prensa hidráulica	PH – 03
Prensa hidráulica tipo C Camilo	PH – 05
Prensa hidráulica tipo C CORPISAN	PH – 06
Prensa hidráulica A1	PH – 07
Prensa cortadora de pestaña	PH – 08
Prensa hidráulica	PH – 11
Prensa hidráulica	PH – 12
Plisadora de rodillos CORPISAN	PL – 01
Plisadora de cuchillas 30 mm	PL – 02
Plisadora de rodillos >30 mm	PL – 03
Plisadora de pliegue achatado	PL – 05
Plisadora de rodillos 12.5 mm	PL – 08
Punzonadora pequeña	PZ – 01
Ranurador tubo central	RA – 01
Taladro roscador Ching Ping	RO – 01
Roscadora horizontal	RO – 03
Roscadora automática ASPEC	RO – 04
Soldador de punto	SO – 01
Soldador de punto	SO – 02
Soldador de punto	SO – 04
Soldador de punto	SO – 05
Soldador de punto	SO – 06
Soldador de punto	SO – 08
Soldador de punto	SO – 09
Troqueladora 40 Ton	TR – 01
Troqueladora 20 Ton	TR – 02
Troqueladora	TR – 03
Troqueladora doble volante	TR – 04
Troqueladora 15 Ton	TR – 05
Troqueladora 5 Ton	TR – 07
Troqueladora 12 Ton	TR – 08
Troqueladora 60 Ton	TR – 10
Troqueladora EBU 75 Ton	TR – 11
Troqueladora WEINGARTEN 80 Ton	TR – 12
Troqueladora BAUTAR	TR – 13
Troqueladora GOIT 40 Ton	TR – 14
Troqueladora para porta válvula	TR – 15
Troqueladora 125 Ton	TR – 16
Troqueladora recuperado	TR – 17
Troqueladora	TR – 18
Troqueladora 20 Ton	TR – 19
Troqueladora VATSAROP	TR – 21
Troqueladora	TR – 23

Video Jet
Video Jet

VJ – 01
VJ – 03

3. ANALISIS DE CAPACIDAD

Generalmente, cuando pensamos en la frase *capacidad de la línea* viene a nosotros la imagen de un número que define de forma cuantitativa la cantidad de productos que podemos fabricar. Pero este concepto es correcto solo de forma parcial, cuando hablamos de plantas o líneas que fabrican solo un producto o una familia que comparte un mismo cuello de botella.

Y que pasa cuando la planta o línea fabrica un alto número de referencias y sus flujos no son iguales? En este tipo de fábricas el concepto de capacidad es mucho más amplio que un simple número, debemos tener en cuenta si existen familias de productos, el flujo de estas familias sobre la línea, centros de trabajo compartidos y por último analizar la existencia potencial de cuellos de botella que se relacionen con una o varias familias.

El estudio de capacidad que se llevó a cabo en Industrias PARTMO S.A. se realizó sobre sus líneas *AIRE* y *SELLADO*, este análisis se efectuó bajo los parámetros de *la teoría de restricciones* que planteó el Dr. Eliyahu M. Goldratt, es decir, se contrastó la capacidad de la línea teniendo en cuenta la capacidad de los cuellos de botella.

La toma de tiempos por cronómetro que se expone en el capítulo 2 será la base de cálculo en el análisis de capacidad.

3.1 CAPACIDAD DE LA LINEA *AIRE*

La línea *AIRE* obtiene su nombre ya que en ella se elaboran filtros de aire. Estos filtros tienen la función de retener partículas contaminantes nocivas provenientes del sistema de admisión del aire antes de ingresar a las cámaras de combustión, donde se mezcla con el combustible.

La línea está conformada por 14 centros de trabajo que intervienen en la transformación, sin embargo, los diferentes filtros no pasan por estas 14 estaciones ya que los componentes de los filtros no son iguales en todos los casos. Esto se traduce en una variación del flujo dentro de la línea.

Dentro de la línea *AIRE* se elaboran aproximadamente 160 referencias y este número va en aumento teniendo en cuenta los nuevos desarrollos. Así mismo la producción mensual de la línea no contempla todas estas referencias y las cantidades de algunos órdenes de producción no superan las 50 unidades, teniendo en cuenta que la producción mensual oscila entre 24.000 y 27.000 unidades es importante definir cuáles referencias son las relevantes en la línea.

Tomando como base los registros de las ordenes de producción desde el año 2006 hasta el mes de octubre de 2008 se realizó un grafico *pareto* que reveló un grupo de 32 referencias que conforman el 80% del volumen total de la producción de la línea. Estas referencias fueron corroboradas con el supervisor de línea y el jefe de planta y éstas fueron reconocidas como *referencias de alta rotación*, es decir, referencias que tienen una participación dentro de las órdenes de producción de cada mes.

Una vez identificadas las referencias se procedió a estudiar su flujo sobre la línea y se encontró que algunas poseían similitudes, otras compartían el flujo de forma parcial y otras tenían diferencias significativas. Teniendo en cuenta que este grupo describe el comportamiento mensual de la producción se tomó como base para establecer las familias en las cuales se compone la línea. Estas familias tienen en cuenta tanto el flujo sobre la línea como los componentes del filtro. El objetivo de esta clasificación es el de modelar todas las referencias teniendo en cuenta estos dos parámetros y así determinar su flujo y la asignación de su carga al cuello de botella estipulado para la familia.

Estas familias se describen detalladamente en el capítulo 2 en el numeral 2.2.2, y son las siguientes:

- ⊕ POCKET
- ⊕ CARBURADOR
- ⊕ POLIOL 1
- ⊕ POLIOL 2
- ⊕ POLIOL 3
- ⊕ TAPA x TAPA 1 (TxT 1)
- ⊕ TAPA x TAPA 2 (TxT 2)
- ⊕ TAPA x TAPA 3 (TxT 3)
- ⊕ POLIOL x TAPA

La familia de los *pocket* son la nueva generación de filtros para automóviles convencionales, su forma varió cuando la tecnología de inyección de combustible lo hizo, esta familia contiene los filtros con el menor numero de operaciones, estos poseen el flujo mas corto en la línea y sus características físicas facilitan la diferenciación, esto último es muy importante ya que las referencias que no se encuentran en el *pareto* deben ser clasificadas según una de las 9 familias para asignar la carga correspondiente.

Las familias de los *carburador* y *poliol 1* poseen una similitud parcial en su flujo por la línea, sin embargo sus operaciones varían debido a sus componentes, los filtros que se encuentran dentro de la familia *CARBURADOR* son la generación pasada de los *POCKET*, es decir, son filtros para automóviles que usan la antigua tecnología de inyección por

carburador, de allí el nombre de la familia. Por otra parte los filtros de la familia *poliol 1* son los que usan las camionetas y camperos, estos filtros son un poco mas grandes teniendo en cuenta el cilindraje del motor del vehiculo.

Los filtros de las familias *poliol 2* y *poliol 3* recorren el mismo flujo; sin embargo, sus operaciones difieren en las estaciones a lo largo de la línea. Su uso comercial también es distinto aunque su mercado es igual (transporte/ carga). Aunque estas familias son parecidas no comparten el mismo cuello de botella

Las familias restantes *TxT 1*, *TxT 2*, *TxT 3* y *poliol-tapa* se denominan como filtros de aire pesado, su nombre se deriva del tipo de transporte que usa esta clase de filtros, vehículos de carga pesada que poseen un motor de alto cilindraje. Estas familias poseen su cuello de botella en la misma estación, el flujo por la línea de los 3 TxT es el mismo, sin embargo sus operaciones varían de forma parcial. El flujo de la familia *poliol-tapa* es el mas largo y contiene una gran cantidad de operaciones

A continuación se presenta una tabla que muestra los recursos restrictores de capacidad (RRC) que se determinaron para cada familia.

Tabla 29: Recursos restrictores de capacidad.

FAMILIA	CENTRO DE TRABAJO	TIEMPO (Seg)
POCKET	Corte de rebabas	43,81
CARBURADOR	Cizalla	38,29
POLIOL 1	Cizalla	44,98
POLIOL 2	Cizalla	58,65
POLIOL 3	Plisadora	112,15
POLIOL-TAPA	Lavado tapas	78,99
TxT 1	Lavado tapas	116,81
TxT 2	Lavado tapas	101,87
TxT 3	Lavado tapas	118,73

Fuente: autores.

Claramente se puede observar en la tabla que las 9 familias poseen 4 recursos restrictores, este caso particular reduce el foco de atención a solo 4 centros de trabajo y facilita el control sobre el flujo. Los tiempos de alistamiento de estas referencias se pueden observar en el ANEXO D8.

Cada recurso restrictor define la capacidad de la familia a la que pertenece, es decir, la capacidad del cuello de botella es la capacidad de la línea con respecto a dicha familia. Teniendo en cuenta lo anterior es necesario definir los tiempos de alistamiento de estos centros de trabajo para descontarlos de su tiempo disponible por turno.

3.1.1 Alistamientos en los centros de trabajo *cuello de botella*

En estos alistamientos se contemplan las actividades que permiten preparar la máquina o las herramientas para elaborar correctamente las operaciones que se realizan en la estación.

A continuación se describirá de forma breve los alistamientos de los centros de trabajo que son cuello de botella.

⊕ CIZALLA

Los alistamientos en este centro de trabajo se presentan en la alimentación del recurso, es decir, el operario debe dedicar aproximadamente 30 minutos de su tiempo disponible en cada turno legalizando en la oficina de inventarios la orden de producción, además debe traer la materia prima para su turno de trabajo que consiste en llevar rollos de malla expandida desde el almacén de lamina hasta el centro de trabajo.

⊕ LAVADO DE TAPAS

Este centro de trabajo solo opera cuando sale una orden de producción de filtros que poseen tapas metálicas. Su alistamiento consiste en llenar con agua dos platones, a uno de estos se le anexa jabón y se mezcla hasta que este uniforme y sin grumos. El operario gasta aproximadamente de 5 a 10 minutos en esta operación y la puede planificar para que no afecte su capacidad.

⊕ CORTE DE REBABAS

Esta operación no posee alistamientos, se puede hacer inmediatamente en el momento en que se deba ejecutar.

⊕ PLIZADORA 04

Generalmente las plisadoras se alistan una vez por turno, pero éste no es el caso de la plisadora PL-04, esta se usa solo unos días al mes allí se producen partes para ciertas referencias que no son de alta rotación y no manejan un volumen significativo. Sin embargo, 3 referencias de las 32 que constituyen el pareto se trabajan en esta máquina y por esto se tuvo en cuenta para el estudio de tiempos.

3.1.2 Cálculo de la capacidad instalada de aire

Para calcular la capacidad se necesita calcular el tiempo disponible del recurso, este tiempo es igual al tiempo del turno de trabajo menos los tiempos de inactividad. Estos tiempos son 5 minutos a la salida del turno, 15 minutos de descanso y los tiempos de alistamiento que dependen de cada recurso.

En la siguiente tabla se muestra el tiempo disponible de los recursos cuello de botella.

Tabla 30: Tiempo disponible de los recursos restrictores de capacidad.

ESTACION	TIEMPOS (min)				TIEMPO (min) DISPONIBLE
	TURNO	DESCANSO	SALIDA	ALISTAMIENTO	
CIZALLA	480	15	5	32	428
LAVADO DE TAPAS	480	15	5	4	456
PLISADORA PL-04	480	15	5	64	396
CORTE DE REBABAS	480	15	5	0	460

Fuente: autores.

Dos de estas estaciones controlan 7 familias, teniendo en cuenta su tiempo disponible y su tiempo de operación por familia podremos hallar su capacidad. La siguiente tabla muestra la capacidad de la línea AIRE por familia.

Tabla 31: Capacidad de la línea AIRE.

FAMILIA	TIEMPOS DE OPERACIÓN (min)				TIEMPO (min) DISPONIBLE	CAPACIDAD POR FAMILIA (turno)
	CIZALLA	LAVADO	PL - 04	REBABAS		
CARBURADOR	0,64				428	669 filtros
POLIOL 1	0,75				CIZALLA	571 filtros
POLIOL 2	0,98					437 filtros
TxT 1		1,98				230 filtros
TxT 2		1,7			456	268 filtros
TxT 3		1,95			LAVADO	234 filtros
POLIOL-TAPA		1,3				351 filtros
POLIOL 3			1,87			396
POCKET				0,73	460	630 filtros
					REBABAS	

Fuente: autores.

Se debe aclarar que esta capacidad es instalada y calculada bajo condiciones normales, esta no contempla ineficiencias provocadas por

operarios o por fluctuaciones estadísticas, además estas cifras presentan un número de operarios estándar por centro de trabajo, es decir que los valores no aplican cuando se aumenta la capacidad de una estación que posee una restricción.

3.2 CAPACIDAD DE LA LINEA SELLADO

En esta línea se elabora una gran variedad de filtros de aceite para automóviles (bajo cilindraje) y una variante de filtros que separan el agua del combustible, los filtros de aceite se encargan de atrapar las impurezas que genera el motor debido al desgaste que producen los pistones por efecto del rozamiento, estas pequeñas partículas son arrastradas por el aceite que circula a una gran presión de forma cíclica en el motor. Las altas temperaturas y el exceso de partículas generan una aglomeración de impurezas que dañan el aceite y llenan el elemento filtrante, esto sucede generalmente cada 5000 Kms y es cuando se recomienda cambiar el aceite y el filtro de el motor.

La línea *SELLADO* esta compuesta por tres sublíneas que se encargan de elaborar los tres componentes importantes del filtro, estas son la sublínea *Tarro*, *Aro-Disco* y *Elemento Filtrante*.

Cada sublínea se compone de un conjunto de máquinas dispuestas para operar en éstos componentes y los tres se unen en la máquina cerradora CR-03 ó CR-05. A partir de éste punto el filtro ya adquiere su forma y solo necesita ser pintado y probado. La siguiente gráfica representa de forma simple lo anterior.

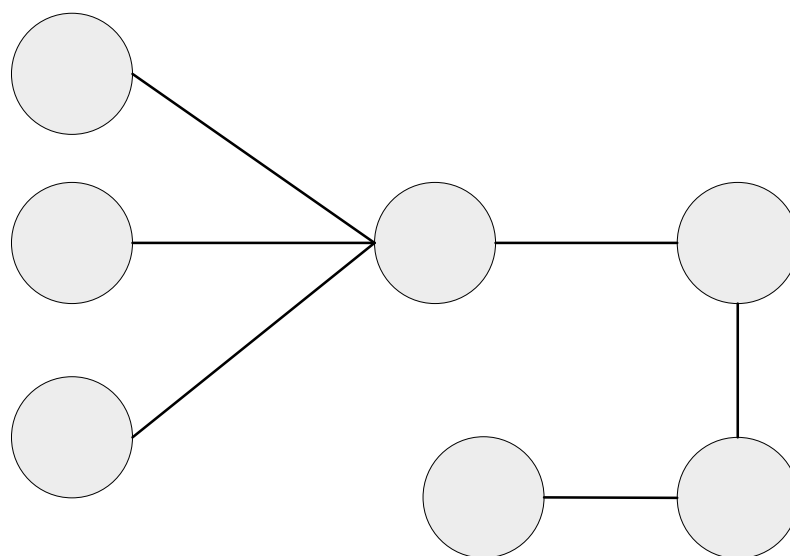


Figura 28 modelo productivo de la línea *SELLADO*. Fuente: autores.

Aunque la gráfica solo muestra algunas estaciones, la línea *SELLADO* tiene aproximadamente 50 y cada una de éstas tiene uno o varios operarios según el proceso. Además, en esta línea se elaboran más de 250 referencias y se cuenta con una producción mensual aproximada de 230.000 filtros, la línea *SELLADO* es semi-automatizada a diferencia de la línea *AIRE* y posee una gran inversión en maquinaria e infraestructura.

Cronológicamente el estudio de capacidad de la línea *AIRE* se elaboro primero que el de la línea *SELLADO* y básicamente se siguieron los mismos parámetros para hallar su capacidad. Se comenzó por elaborar el diagrama de pareto teniendo como base las ordenes de producción desde el año 2006 hasta el mes de octubre del 2008. El pareto revelo 31 referencias que constituyen el 80% de la producción y a partir de ellas se estudio la división por familias.

Los parámetros que se usaron para estipular las familias de la línea *AIRE* fueron el flujo sobre la línea y las operaciones, estos mismos se tuvieron en cuenta para la línea *SELLADO* y se encontró que el flujo para los filtros de aceite es el mismo en todos los casos.

Se determinaron 7 familias a partir del segundo parámetro:

- ⊖ *Tuerca hexagonal 1*
- ⊖ *Tuerca hexagonal 2*
- ⊖ *Tuerca hexagonal 3*

El tarro de estos filtros posee una tuerca hexagonal para ajuste.

- ⊖ *Liso 1*
- ⊖ *Liso 2*
- ⊖ *Liso 3*
- ⊖ *Liso 4*

Este tarro no posee nada en su superficie.

En la siguiente tabla se mostraran los elementos diferenciadores de cada familia.

Tabla 32: Elementos diferenciadores en las familias de la línea *SELLADO*.

	RESORTE	CAMBRION	VALVULA DE ALIVIO
THX 1		<i>SI</i>	<i>SI</i>
THX 2	<i>SI</i>		
THX 3	<i>SI</i>		<i>SI</i>
LISO1		<i>SI</i>	<i>SI</i>
LISO2		<i>SI</i>	
LISO3	<i>SI</i>		
LISO4	<i>SI</i>		<i>SI</i>

Fuente: autores.

Teniendo en cuenta las familias anteriores y sus diferencias se realizó el estudio de tiempos que se presenta en el anexo D6, se tomaron tiempos por cronometro en filtros de las mismas familias que poseían dimensiones distintas y estos no registraron diferencias, a partir de esta observación se analizaron las maquinas de las tres sublíneas y sus tiempos de operación.

3.2.1 SUBLÍNEAS

En cada sublínea esta dispuesto un grupo de máquinas similares y del mismo modo sus operaciones son repetitivas aunque las referencias sean distintas, es decir, su función es la de dar formas afines a las materias primas que allí llegan aunque sea con dimensiones distintas. El estudio de tiempos demostró que estas maquinas no varían sus tiempos de ejecución según la referencia sino que por el contrario siempre trabajan a la misma velocidad.

A continuación se describen las sublíneas:

⊕ SUBLÍNEA *TARRO*

Aquí se elaboran únicamente tarros, de diferentes dimensiones, con tuerca hexagonal o lisos. La línea esta compuesta por 6 prensas hidráulicas y una máquina soldadora y generalmente un tarro se elabora en una sola prensa en dos pasos, en el primero un disco circular plano es estrujado hasta cierto punto, en el siguiente paso se alcanza la profundidad deseada y se corta la pestaña sobrante. El resultado es un tarro terminado.

Cada prensa esta equipada con dos troqueles que se encargan de realizar los dos pasos; estos troqueles estrujan el material a una presión y velocidad constantes pues éstas las determina la eficiencia de la máquina. Aunque las máquinas no poseen la misma velocidad en todos los casos, si están en capacidad de elaborar todas las referencias. Esta es la sublínea con el flujo más simple.

⊖ SUBLÍNEA ARO-DISCO

Por una parte una troqueladora forma el aro y otra lo pestaña, otra troqueladora punzona el disco, otra lo avellana y otra lo embute. El disco es roscado en una máquina automática y luego se une con el aro y un operario los suelda para terminar el *ARO-DISCO*

Aunque esta sublínea elabora varias operaciones solo posee tres tipos de máquinas: troqueladoras, roscadoras y un soldador.

Todas las troqueladoras de la línea trabajan dando un golpe al material que es determinado por su tonelaje, es decir, la máquina golpea y troquela el material siempre con la misma fuerza y velocidad sin tener en cuenta el diámetro de los aros o discos, aunque en la planta dos de filtros PARTMO solo se elaboran filtros de aceite para automóviles (pequeños).

Para las máquinas roscadoras y para el soldador es indiferente el tamaño de las piezas, pues para la operación de la roscadora y el método de trabajo del soldador este no es significativo.

⊖ SUBLÍNEA ELEMENTO FILTRANTE

Esta sublínea es la más compleja de la tres, posee una gran variedad de máquinas pero sus operaciones y métodos de trabajo no dependen de las referencias. La línea esta conformada por tres plisadoras, tres troqueladoras, dos soldadoras, una punzonadora, una enchurcadora, un espiroducto y un horno de banda transportadora. Un elemento filtrante se compone de de el papel filtrante, un tubo central y las tapas inferior y superior, estos componentes llegan individualmente a la entrada del horno donde 6 operarios los unen y con la ayuda de un pegamento termo curable les dan forma, a la salida del horno salen *elementos filtrantes* listos para seguir el flujo en la línea junto con los *tarros* y los *aro-disco*.

El estudio de tiempos por cronometro que se empezó en la línea *SELLADO* estaba dividido por familias tal y como se realizó en le línea *AIRE*, esto permitió notar las irregularidades en la toma de tiempos, es decir, tiempos similares en distintas familias y dio paso al análisis de las subfamilias. Este análisis se comento con el supervisor de línea y los operarios de mantenimiento, después de entender el funcionamiento de las máquinas se llevo a la conclusión de que no se debe dividir en familias las referencias de los filtros sellados, pues las diferencias en sus tiempos son irrelevantes después del centro de trabajo CR-03/05 (cerradora) ya que mas adelante se presentan tiempos mas largos que opacan esas pequeñas diferencias.

3.2.2 Cuello de botella y recursos de capacidad restringida de la línea *SELLADO*

Actualmente la línea *SELLADO* elabora un filtro cada 4 segundos aproximadamente, los tiempos exactos se muestran en el anexo D6. Esto quiere decir en otras palabras que su operación más larga dura aproximadamente 4 segundos, sin embargo, aunque es su cuello de botella hay algunas operaciones en diferentes sitios de la línea que están muy próximos a este tiempo, aunque se les considera recursos de capacidad restringida una parada no programada en su operación desplazara automáticamente el cuello de botella a dicha estación.

Aunque la línea *SELLADO* es mas simple que la línea *AIRE* y solo posee un cuello de botella, su complejidad radica en los focos de atención, que están distribuidos a lo largo de la línea y que manejan la amenaza latente de desplazar el cuello de botella y cambiar la capacidad de la línea de forma repentina.

En la siguiente tabla se muestran el cuello de botella y los recursos de capacidad restringida con sus tiempos.

Tabla 33: Recursos restrictores de capacidad de la línea *SELLADO*.

ESTACION	T. EJECUCION (Seg)	Nº RECURSOS	T. POR FILTRO (Seg)
Probador de fugas	7,7	2	3,85
Embalaje final	3,25	1	3,25
Formador de rosca	3,06	1	3,06
Prensas H (Tarros)	12,3	4	3,08

Fuente: autores.

El *probador de fugas* es una estación de control de calidad, donde se examina que el filtro este bien cerrado y no posea fugas. En la estación hay un tanque con una solución que al contacto con el filtro no lo daña ni compromete sus acabados, sobre el tanque un dispositivo donde se instala el filtro, éste lo sumerge bajo la solución y aplica una presión de aire, si salen burbujas el filtro es descartado, de lo contrario será desmontado y pasara a la siguiente estación.

Este recurso dicta la capacidad de la línea cuando ninguno de los focos de atención baja sus rendimientos. Este centro de trabajo no posee tiempos de inactividad por alistamientos.

3.2.3 Calculo de la capacidad instalada de *SELLADO*

Teniendo en cuenta que la estación de *probador de fugas* es el cuello de botella general y que este no posee tiempos de alistamiento el cálculo de la capacidad se simplifica para toda la línea, recordemos que los tiempos de inactividad son 5 minutos a la salida del turno y 15 minutos de descanso.

Tabla 34: capacidad de la línea *SELLADO*.

ESTACION	T. EJECUCION (min)	Nº RECURSOS	T. DISPONIBLE (min)	CAPACIDAD POR TURNO
Probador de fugas	0,13	2	460	7169

Fuente: autores.

4. PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

La distribución de planta de la línea de ensamble *AIRE* ha sido afectada en varias ocasiones por eventualidades del tipo legal o técnico que poco a poco le han dado la forma que tiene actualmente. Sin embargo, cada movimiento se ha planteado bajo la premisa de cubrir la necesidad inmediata, sin tener en cuenta el flujo del proceso, y esta metodología tiene consecuencias que afectan la capacidad de la línea.

Para el caso de la línea de ensamble *SELLADO* la distribución no esta comprometida por agentes externos a la planta, esta línea ha sido objeto de estudio por muchos años por parte del cuerpo productivo de la empresa y generalmente es la primera en ser considerada para aplicar mejoras o hacer cambios tecnológicos. Este trato preferencial se debió a que por muchos años los filtros de aceite fueron el producto estrella de la empresa y el mercado estaba protegido por el estado, lo que generaba un alto costo sobre filtros importados. Este conjunto de condiciones provocaba un desabastecimiento en el mercado donde solo podían participar algunos oferentes, entre los cuales se destacó Industrias PARTMO, que solo fabricaba algunas de las mas de 250 referencias que maneja, pues el mercado estaba dispuesto a consumir lo que se fabricara.

Hoy en día, el mercado es mucho mas globalizado y en la competencia han entrado oferentes internacionales que entregan la variedad y cantidad que el cliente necesita. Industrias PARTMO entiende las nuevas reglas de juego y es consiente de que debe flexibilizar su sistema productivo para mantener su participación en el mercado. Además, Industrias PARTMO ha visto una oportunidad de crecimiento en su línea de filtros para aire, estos filtros generalmente de gran tamaño en comparación a los de aceite, representan más costos por transporte a los importadores que aun no tienen una participación relevante en este tipo de mercado.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, se debe considerar una distribución de planta que brinde a la línea de *AIRE* una oportunidad de crecimiento, mejorando su flujo y acortando las distancias entre procesos.

Para la línea de filtros de aceite, *SELLADO*, se debe plantear una distribución que le brinde flexibilidad a la línea, permitiéndole manejar lotes mas pequeños y mayor numero de referencias.

Además de una distribución de planta, Industrias PARTMO debe concentrarse en sus métodos de trabajo y políticas de producción ya que la sola distribución no cambiara el sistema productivo sin un compromiso de la dirección.

4.1 DISTRIBUCIÓN ACTUAL

4.1.1 Plano general de la planta 2

En el plano general de Industrias PARTMO planta 2 se tienen en cuenta todas sus áreas, no solo las de transformación. En el ANEXO E1 se presenta el plano general, también en las páginas siguientes del anexo anteriormente nombrado se muestran los planos de las zonas de administración, bodega de producto terminado, mantenimiento y cafetería que también forman parte de la empresa.

Para evidenciar la situación actual de la planta 2 de la empresa, se efectuó una valoración de espacios, con lo cual se obtuvo el porcentaje de área que ha sido destinado para los diferentes departamentos como: cargue, administración, mantenimiento, producción, bodegas, control de calidad y otras. La división de espacios se presenta en el ANEXO E2, en el cual cada zona se indica con un color diferente, junto con sus subdivisiones. También en la Tabla 35 se resumen el área de cada zona, en metros cuadrados y el porcentaje respecto al área total.

Tabla 35: Área en m² de las diferentes zonas que conforman industrias PARTMO S.A.

ZONA		AREA [m ²]	PORCENTAJE [%]
CARGUE ADMINISTRACIÓN MANTENIMIENTO		68,18	1,47%
		193,91	4,17%
		436,1	9,38%
PRODUCCIÓN	Planta AIRE	403,17	8,67%
	Planta MALLA	174,03	3,74%
	Planta SELLADO	1342,34	28,88%
	Total de producción		41,30%
BOBEGAS	Inventario	217,94	4,69%
	Bodega de producto terminado	617,9	13,29%
	Almacén de partes	44,53	0,96%
	Bodega de papel	76,59	1,65%
	Almacén de lámina y papel	306,03	6,58%
	Bodega de químicos	68,77	1,48%
	Almacén de tarros	75,78	1,63%
Total de almacenamiento		30,28%	
CONTROL DE CALIDAD	Laboratorio	36,53	0,79%
	Calidad	21,08	0,45%
	Total de control de calidad		1,24%
OTROS	Residuos	64,31	1,38%
	Ventiladores	180,97	3,89%
	Área común	319,59	6,88%
TOTAL		4647,75	100,00%

Fuente: autores.

4.1.2 Plano actual de las líneas *AIRE* y *SELLADO*

Los planos de las líneas incluyen la posición exacta de las máquinas, los tamaños de las mismas y los objetos inamovibles como columnas. Se tienen en cuenta de forma cualitativa los espacios generalmente ocupados por producto en proceso que por defecto no se muestran en los planos, con el fin de evidenciar las falencias de espacios de circulación, almacenamiento temporal de producto en proceso y el adecuado flujo de producto en cada línea.

En el ANEXO E3 se presentan los planos de las líneas *AIRE* y *SELLADO*. En el espacio necesario para cada máquina se ha contemplado el de alistamiento, mantenimiento, almacenamiento de entrada y salida (en caso de ser necesario) u operación.

4.2 PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN LINEA *AIRE*

El estudio de distribución que se realizara para esta línea se basara en la metodología SLP (planeación sistemática de la distribución), pero antes se definirá que tipo de distribución es la mas conveniente para la línea.

Actualmente la línea posee más de 150 referencias y su crecimiento depende de los nuevos desarrollos, además, un filtro de aire posee unas características físicas que facilitan su manipulación y recorrido. Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones podemos descartar fácilmente la distribución por productos y por posición fija.

El portafolio de la línea de producción esta dividido en 9 familias y algunas de estas poseen similitudes en sus procesos, estas características facilitan la distribución mixta, sin embargo, este tipo de distribución exige espacios y máquinas dispuestas para la producción de los grupos de familias.

Industrias PARTMO S.A. no planea incurrir en una inversión de esta magnitud para organizar la producción de su línea *AIRE*, es decir, la distribución mixta se descartará y se concentrará el estudio en la distribución por procesos.

En la distribución por procesos se hace referencia a la agrupación de maquinas u operarios que desempeñan tareas similares, es decir, cada zona en la planta se encarga de elaborar un proceso diferente, los distintos productos pasan por estos centros y una vez procesados pasaran al siguiente hasta su ensamble final.

Teniendo en cuenta las peticiones de la empresa se diseñaron dos propuestas de distribución.

4.2.1 Matriz origen destino (FAMILIAS)

En esta matriz se evidencia los centros de trabajo que usa cada familia y también se podrán identificar los centros de trabajo que atienden más familias.

	CN 02	EN 08	SO 03 / 07	PH 13 / 14	REPUJADO	LIMPIEZA TAPAS	MPA	HO 14	PL 06 / 10 / 04	PL 09	HM 01	PU 01	PU 02	MESA DE W	VJ 02 , HO 07
ENTRADA MATERIAL	CAR-T1-T2-T3-P1-P2-P3-PT			T1-T3						PKT					
CN 02		T1-T2-T3-P2-P3-PT	CAR-P1												
EN 08			T1-T2-T3-P2-P3-PT												
SO 03 / 07							T1-T2-T3-P2-P3-PT			CAR-P1					
PH 13 / 14					T1-T3	T2-T3-PT									
REPUJADO						T1-T3									
LIMPIEZA TAPAS							T1-T2-T3-PT								
MPA								T1-T2-T3-P2-P3-PT							
HO 14									T1-T2-T3-P2-P3-PT						
PL 06 / 10 / 04											T1-T2-T3-P2-P3-PT				
PL 09											CAR-P1	PKT			
HM 01												CAR-P1-P2-P3-PT	T1-T2-T3		
PU 01													PT	PKT	CAR-P1-P2-P3
PU 02														T1-T2-T3	PT
MESA DE W															PKT-T1-T2-T3
VJ 02 , HO 07															

Figura 29: matriz origen-destino para las familias de la línea AIRE. Fuente: autores.

4.2.2 Matriz origen destino (% DE PRODUCCION)

Esta matriz presenta de forma clara el porcentaje de la producción que se desplaza entre cada centro de trabajo, teniendo en cuenta que la línea maneja miles de unidades mensualmente la grafica ayuda a definir de forma cuantitativa las adyacencias entre estaciones.

	CN 02	EN 08	SO 03 / 07	PH 13 / 14	REPUJADO	LIMPIEZA TAPAS	MPA	HO 14	PL 06 / 10 / 04	PL 09	HM 01	PU 01	PU 02	MESA DE W	VJ 02 , HO 07
ENTRADA MATERIAL	63,19%			19,96%						17,80%					
CN 02		39,36%	23,84%												
EN 08			39,36%												
SO 03 / 07							39,36%			23,84%					
PH 13 / 14					19,96%	13,77%									
REPUJADO						19,96%									
LIMPIEZA TAPAS							26,49%								
MPA								39,36%							
HO 14									39,36%						
PL 06 / 10 / 04											39,36%				
PL 09											23,84%	17,80%			
HM 01												38,94%	24,26%		
PU 01													2,23%	17,80%	36,70%
PU 02														24,26%	2,23%
MESA DE W															42,06%
VJ 02 , HO 07															

Figura 30: Matriz origen-destino en porcentajes de producción. Fuente: autores.

Tabla 36: Tabla de rangos para la determinación de adyacencias entre centros de trabajo.

ORIGEN	DESTINO	FLUJO	
ENTRADA MATERIAL	CN 02	63,19%	MAYOR
ENTRADA MATERIAL	PH 13 / 14	19,96%	
ENTRADA MATERIAL	PL 09	17,80%	
CN 02	EN 08	39,36%	
CN 02	SO 03 / 07	23,84%	
EN 08	SO 03 / 07	39,36%	
SO 03 / 07	MPA	39,36%	
SO 03 / 07	PL 09	23,84%	
PH 13 / 14	REPUJADO	19,96%	
PH 13 / 14	LIMPIEZA TAPAS	13,77%	
REPUJADO	LIMPIEZA TAPAS	19,96%	
LIMPIEZA TAPAS	MPA	26,49%	
MPA	HO 14	39,36%	
HO 14	PL 06 / 10 / 04	39,36%	
PL 06 / 10 / 04	HM 01	39,36%	MENOR
PL 09	HM 01	23,84%	
PL 09	PU 01	17,80%	
HM 01	PU 01	38,94%	
HM 01	PU 02	24,26%	
PU 01	PU 02	2,23%	
PU 01	MESA DE W	17,80%	
PU 01	VJ 02 , HO 07	36,70%	
PU 02	MESA DE W	24,26%	
PU 02	VJ 02 , HO 07	2,23%	
MESA DE W	VJ 02 , HO 07	42,06%	

Fuente: autores.

Se utilizarán tres marcas de relevancia:

- ⊖ 36,70 % ~ 39,36 % Calificación muy relevante (A)
- ⊖ 23,84 % ~ 26,49 % Calificación relevante (B)
- ⊖ 2,23 % ~ 19,96 % Calificación poco relevante (C)

La relación entre la entrada de *materias primas* a la línea y las estaciones donde estas inician el proceso de transformación no se tendrán en cuenta ya que la empresa no considera propicia la movilización de sus almacenes.

Teniendo en cuenta las marcas de relevancia anteriores se elaboró el siguiente diagrama de relaciones.

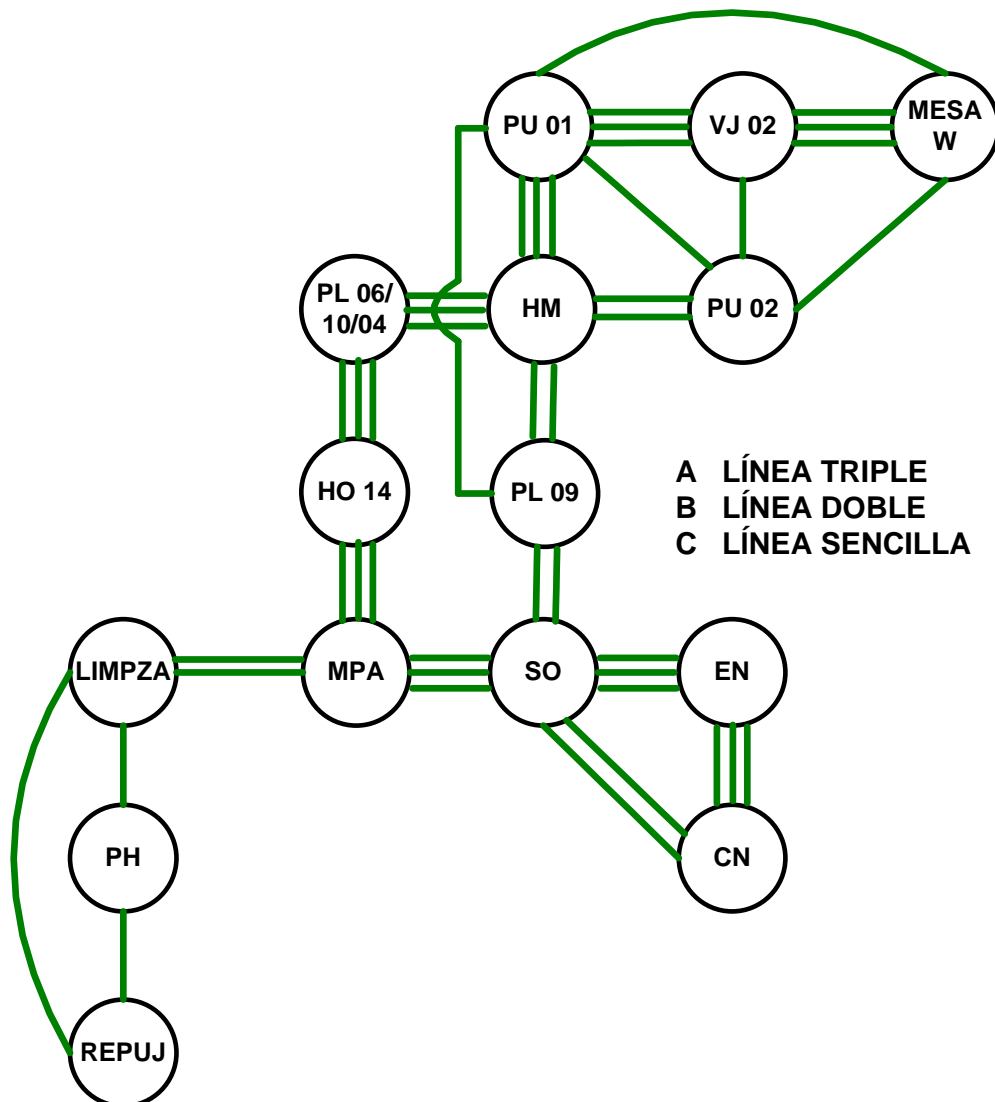


Figura 31: Diagrama de relaciones; propuesta de distribución. Fuente: autores.

4.2.3 Propuesta de distribución N° 1

Para esta propuesta la empresa pidió que se tuviera en cuenta la compra del predio que esta contenido entre sus instalaciones, las medidas del mismo están incluidas dentro del plano general que se muestra en el anexo E1. Expandir la línea *AIRE* hasta la propiedad privada implica una alta inversión para la compra y adecuación de la instalación, sin embargo, también ofrece ventajas como uniformidad de las instalaciones y expansión de la planta general.

Para este caso particular, el termino uniformidad hace referencia a la superficie de la línea de producción, al quedar al mismo nivel facilita el transporte de partes en proceso y adaptaciones especiales propias del proceso productivo.

Hace pocos meses, este predio inicio un proceso de tutela por el ruido que se generaba de la máquina MPA (máquina de pintura), lo que obligo a la empresa a movilizarla. Como ya se menciona antes, esta máquina en su nueva posición restringe el flujo y la movilidad sobre la línea generando retrasos por concepto de hacinamiento.

En respuesta radical a ésta problemática se contempla esta propuesta de distribución que brinda flexibilidad y espacio para la movilidad sobre la línea, pues al no existir un inconveniente legal la posición de la máquina MPA se puede variar para facilitar el flujo, además se saca de allí la máquina PL-04 que solo trabaja para algunas referencias que no constituyen un aporte significativo al volumen de producción, se pretende reubicarla en las instalaciones de la línea *SELLADO* y programar su funcionamiento como una estación de soporte tal como la máquina cortadora de papel.

En al siguiente tabla se muestran las familias de la línea y su distancia recorrida sobre ésta.

Tabla 37: Distancia en metros del recorrido de las familias sobre la línea *AIRE*.

PROPUESTA 1	
<i>FAMILIA</i>	DISTANCIA (m)
FILTRO CARBURADOR	40,96
FILTRO POCKET	36,04
FILTRO POLIOL 1	40,96
FILTRO POLIOL 2	41,42
FILTRO POLIOL 3	43,07
FILTRO POLIOL TAPA	53,36
FILTRO TxT 1	47,80
FILTRO TxT 2	49,14
FILTRO TxT 3	47,80

Fuente: autores.

4.2.4 Propuesta de distribución N° 2

Industrias PARTMO S.A. considera necesario expandir su línea productiva *AIRE*, además de brindarle la flexibilidad que necesita para la movilidad de las partes en proceso y mejorar los métodos de trabajo. Sin embargo, cuando se mira el plano general podemos observar que la línea *AIRE* se encuentra aislada y solo es adyacente con el área de mantenimiento, luego se debe sacrificar espacio de ésta para expandir la línea. Es de esta consideración que nace la segunda propuesta de distribución, pues la empresa desea conocer el área mínima que la sección *MANTENIMIENTO* deberá ceder a la línea *AIRE* para alcanzar sus objetivos de expansión.

El área de mantenimiento colinda con la bodega y con la línea *AIRE* dejando de lado a la propiedad privada; esta ubicación es ideal para la máquina de pintura MPA que al estar alejada de la propiedad privada le permite a las otras estaciones ubicarse de la mejor manera para mantener un flujo lineal en todas las familias de productos.

La siguiente grafica ilustra de forma general el proceso productivo de *AIRE*:

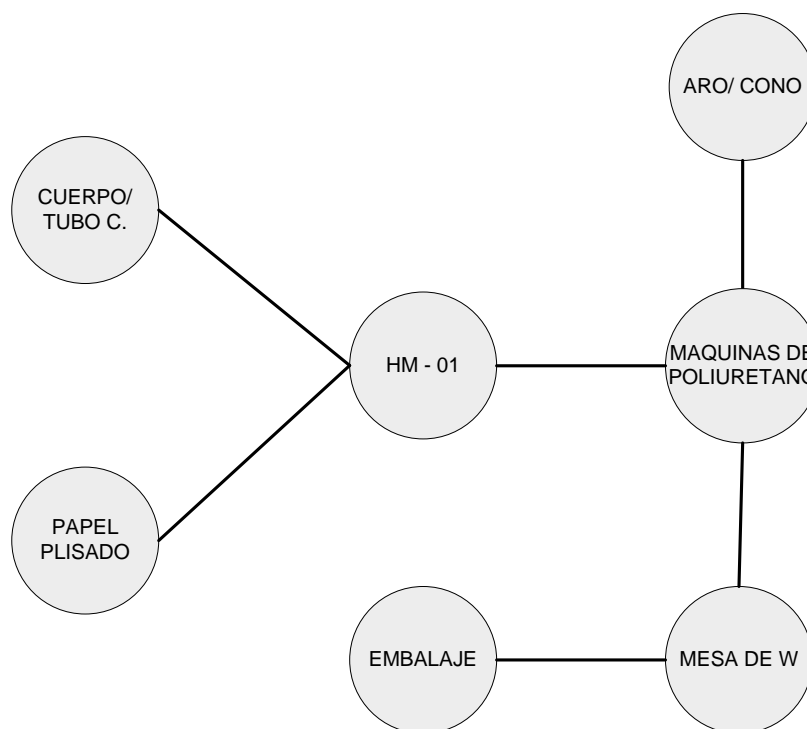


Figura 32 Modelo productivo de la línea *AIRE*. Fuente: autores.

La elaboración de cuerpos y tubos centrales terminados necesita de un conjunto de máquinas que poseen una alta correlación tal y como se muestra en la figura 31 (diagrama de relaciones), es decir, si se moviliza la MPA al área de mantenimiento se deben movilizar también la CN-02 (cizalla), EN-08 (enchurcadora), SO-03/07 (soldador de punto) y el HO-14 (horno). El acomodar esta sección separada de las otras máquinas le brinda la oportunidad a la línea de mejorar sus métodos de trabajo y mejorar su eficiencia al funcionar como una línea de subensamble que provee la línea *AIRE*, de este modo se disminuyen los inventarios de partes en proceso y sus desplazamientos los puede realizar un operario ajeno a la sublínea para que esta no invierta su capacidad en dichas tareas.

Por otro lado, el espacio de la línea *AIRE* debe albergar un menor número de máquinas lo que le brinda flexibilidad al flujo de proceso y la posibilidad de aumentar sus estaciones de la forma más conveniente. Sin embargo, esta distribución obliga al área de mantenimiento a reducir su espacio en 207.35 m² lo que equivale a un 47,5% de su área original y esta reducción afectaría seriamente su distribución pues esta sección se encarga por un lado de todo lo que tiene que ver con el mantenimiento de las máquinas de la empresa, pero por otro de la construcción de máquinas para venta nacional y el exterior, sin este espacio esta actividad comercial alterna (*PROYECTOS*) podría desaparecer.

En la siguiente tabla se muestran las familias de la línea y su distancia recorrida sobre ésta.

Tabla 38: Distancia en metros del recorrido de las familias sobre la línea *AIRE*.

PROPUESTA 2	
<i>FAMILIA</i>	DISTANCIA (m)
FILTRO CARBURADOR	37,44
FILTRO POCKET	20,70
FILTRO POLIOL 1	37,44
FILTRO POLIOL 2	49,53
FILTRO POLIOL 3	42,61
FILTRO POLIOL TAPA	51,60
FILTRO TxT 1	61,34
FILTRO TxT 2	56,78
FILTRO TxT 3	61,34

Fuente: autores.

Después de estudiar las propuestas, Industrias PARTMO S.A. decidió que la segunda propuesta se ajusta mejor a su situación actual y será incluida dentro del plan estratégico del año en curso para su posterior implementación.

4.3 PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN LÍNEA SELLADO

Para comenzar el estudio de distribución en la línea *SELLADO* se tomó el producto y se analizó su composición. En el capítulo 3 se explicó que dentro de ésta línea no existían familias de productos, pues sus componentes diferenciadores no implicaban una variación en el tiempo de ciclo, así pues, se puede afirmar que en la línea solo se desarrolla un producto llamado filtro de aceite sellado.

Un filtro de aceite sellado está compuesto por un tarro, un elemento filtrante y un aro-disco. Estos tres componentes que se unen en la máquina cerradora CR-03/05 se pueden tomar como subproductos que proveen el sistema y a partir de ésta consideración se concluye que la distribución por producto es la que favorece la línea.

A diferencia de la línea *AIRE* que debía cambiar su distribución eventualmente debido a las obligaciones legales que se le imputarán por la normatividad del plan de ordenamiento territorial (POT), la línea *SELLADO* maneja una distribución estándar hace 5 años. Esta línea fabrica entre 14.000 y 15.000 filtros diarios para satisfacer la demanda y mantener su participación en el mercado, es decir que una parada en la producción de la línea podría desabastecer el mercado en miles de unidades y ésta sería una clara oportunidad para la competencia de presentar sus productos, Además de comprometer las fechas de entrega con clientes internacionales lo que podría provocar sanciones económicas por incumplimiento.

Es por esto que la junta directiva mantiene una política estricta con respecto a las paradas programadas sobre la línea.

El objetivo que se pretende alcanzar dentro de la línea es la flexibilidad en la producción, es decir, la transición entre referencias no debe implicar paradas operativas. Ya que los movimientos de máquinas sobre la planta son restringidos se examinará la flexibilidad de las sublíneas por separado.

⊕ SUBLÍNEA TARRO

En esta sección se elaboran los tarros de las 253 referencias existentes en la línea *SELLADO*, está equipada con 5 prensas hidráulicas y cada una de ellas puede elaborar una referencia de forma independiente. Además posee una soldadora que pega de forma permanente una tuerca estándar para los tarros que así se dispongan. Los filtros que se producen en exceso se almacenan en inventario de tarros.

⊕ SUBLINEA ARO-DISCO

Un aro-disco se fabrica realizando las siguientes operaciones:

1. Corte de disco y punzonado
2. Avellanado del disco
3. Embutido del disco
4. Roscado del disco
5. probado del roscado
6. Formado del aro
7. Embutido del aro
8. Soldadura aro disco

Las operaciones 2, 4, 5 y 8 son independientes de la referencia que se trabaje en ellas; sin embargo, las operaciones 1, 3, 6 y 7 requieren de un alistamiento cuando existe un cambio de referencia y solo existe una máquina dispuesta para cada operación.

⊕ SUBLINEA ELEMENTO FILTRANTE

Aquí se ubican 3 plisadoras con producción independiente, un espiroducto que fabrica tubos centrales estándar a alta velocidad, 3 troqueladoras con alimentador automático para la fabricación de tapas superiores e inferiores y dos máquinas soldadoras. Además, todo elemento filtrante es curado en un horno donde es preensablado y luego sometido a la temperatura. El preensamble es igual para cada filtro sin importar la referencia.

Después de analizar las operaciones de las tres sublíneas se puede notar que la flexibilidad de la línea *SELLADO* depende de la sublínea *ARO-DISCO* ya que es ésta precisamente la que posee tiempos inactivos cuando se cambian referencias. Estos tiempos se presentan en 4 máquinas troqueladoras que manejan 4 operaciones importantes dentro del proceso de fabricación del *ARO-DISCO*.

La propuesta de distribución que se planeó para la línea *SELLADO* consiste en disponer 4 máquinas troqueladoras de apoyo para la sublínea *ARO-DISCO*, estas máquinas se alistarán con otras referencias por el cuerpo técnico antes de que su troqueladora homóloga de operaciones termine su lote de producción, así el flujo no se verá interrumpido y la línea *SELLADO* podría trabajar de forma continua manejando de igual manera la flexibilidad necesaria.

El anexo G1 muestra la nueva distribución teniendo en cuenta las máquinas de apoyo para la sublínea.

4.4 5 Eses

Dentro de los objetivos que se plantearon al comenzar la práctica se consideró elaborar una capacitación en 5 eses para los operarios de las dos líneas. Sin embargo, antes de realizar esta actividad se llevo a cabo un estudio tipo “*check list*” para diagnosticar el estado de cumplimiento de las mismas, pues Industrias PARTMO S.A. realiza capacitaciones periódicamente en diferentes tópicos entre los que se incluye la técnica de estandarización 5 eses.

4.4.1 5 ESES DE LA LÍNEA SELLADO

Esta línea posee un alto grado de estandarización en sus procesos y en su organización; cada parte en proceso tiene un espacio asignado y el flujo sobre la línea es consistente, los operarios saben exactamente donde encontraran lo que buscan y donde acomodar partes y herramientas. En parte, el éxito de la estandarización sobre la línea se debe a que ésta ha mantenido su forma exactamente igual por varios años, es decir, los operarios de la línea SELLADO han creado costumbres en base al posicionamiento.

Cuando se realizó la encuesta de cumplimiento se encontró una cifra general del 95%, por esta razón se decidió que no había necesidad de capacitar a los empleados en esta técnica. En el ANEXO G2 se encuentra el registro de la encuesta aplicada

4.4.2 5 ESES DE LA LÍNEA AIRE

Factores como la rotación de personal y la movilización repentina de máquinas han provocado una gran falencia en esta línea en la implementación de la técnica 5 ESES, desplazamientos exagerados, capacidad de respuesta de los centros de apoyo cuestionable y malas practicas productivas han dejado ver en la encuesta una gran falencia del cumplimiento de la técnica. Es por esto que se realizó 3 capacitaciones a los operarios de las dos jornadas donde se resalto la importancia de la estandarización, los objetivos que busca la técnica y los métodos de auto evaluación.

En el ANEXO G2 y G3 se pueden evidenciar las encuestas aplicadas a las líneas AIRE y SELLADO. Además en los ANEXOS G4, G5 y G6 se muestran las listas de asistencia de los operarios de la línea AIRE a las 3 charlas informativas.

4.5 PROPUESTAS GENERALES DE MEJORAMIENTO

Durante el trabajo de grado no solo se prestó atención al cumplimiento de los objetivos sino que además se observó la planta en general y se elaboraron 5 propuestas de mejoramiento que beneficiarían la empresa en tópicos como ordenamiento, control de proceso y flexibilidad de producción.

Estas propuestas fueron analizadas con detenimiento, se estudió su impacto y se presentaron al equipo líder de ingenieros para su posterior asignación dentro del plan estratégico. Cada una de estas propuestas fue escaneada con la firma de la persona encargada de su implementación (gerente de planta) y es incluida dentro de los ANEXO H1, H2, H3, H4 Y H5.

Los nombres de las propuestas son los siguientes:

- ⊕ PROPUESTA DE MEJORAMIENTO PARA EL ALMACEN DE TARROS
- ⊕ PROPUESTA DE MEJORAMIENTO PARA LA TRANSICION DE LOS PRODUCTOS DE LA BODEGA AL TRANSPORTE
- ⊕ PROPUESTA DE MEJORAMIENTO PARA EVITAR LOS MARCADOS DEFECTUOSOS DE LA MÁQUINA VJ-02
- ⊕ PROPUESTA DE MEJORAMIENTO PARA APROVECHAR LA CAPACIDAD DEL HO-14 DE FORMA EFICIENTE
- ⊕ PROPUESTA DE MEJORAMIENTO PARA FLEXIBILIZAR LA PRODUCCION DE LAS EX-02 Y EX-03

Los ANEXOS H1, H2, H3, H4 y H5 muestran en detalle el contenido de cada propuesta.

5. SIMULACIÓN DE LA LÍNEA AIRE

En Industrias PARTMO S.A. se efectuó la simulación del proceso de producción de la línea *AIRE*, con el software PROMODEL versión 4.22, donde la relevancia de cada una de las referencias implicadas en está, se determinó anteriormente.

Para la construcción del modelo de simulación se elaboraron en el Microsoft VISIO que sirvieron como guía para cada familia de esta línea de producción, se determinó para cada operación la distribución de probabilidad más adecuada, se construyó la simulación bajo la distribución de planta actual y bajo la alternativa de distribución propuesta a la compañía por los autores, posteriormente se validó el modelo de simulación y se presentó a la empresa.

5.1 MODELOS DE SIMULACIÓN

Para cada una de las familias ya definidas de la línea *AIRE*, se elaboró el respectivo submodelo de simulación. En cada submodelo se ha codificado las entidades implicadas en él. Los modelos de simulación se describen a continuación:

El modelo de simulación de la familia Pocket, presentado en el ANEXO I1, implica las operaciones realizadas en los centros de trabajo de almacén, plisadora, inyectado y empaque. Donde para cada centro de trabajo se describe el material de entrada, el material de salida, locación de la cual se recibe cada entidad y a la que se destina la entidad saliente, principalmente se evidencia la distribución probabilística de tiempos de cada operación, junto con la actividad de combinar en el centro de trabajo de empaque, dado que los filtros de la familia Pocket se despachan en cajas que contienen 36 unidades. Para el caso de las llegadas de materia prima, se emplea la locación de almacén, la cual cuenta con el material adecuado, en las cantidades necesarias y en el momento pertinente.

En el modelo de simulación de la familia Carburador, presentado en el ANEXO I2, se parte de la locación almacén, la cual cuenta con los materiales necesarios al momento de producir, para abastecer las entidades las cuales inician con la creación de las partes. Otras locaciones implicadas son la cizalla, soldadura, plisadora, cerrado, inyectado y empaque. La locación de cerrado se encarga de ensamblar el papel que es antes plisado con el cuerpo y tubo, que provienen de la locación de soldadura y finalmente se empaquetan los filtros en cajas que contienen 24 unidades.

En el modelo de simulación de la familia Poliol 1, que se presenta en el ANEXO I3, se definen las locaciones de almacén, cizalla, soldadura,

plisadora, cerrado, inyectado y empaque. En los modelos de simulación de las familias Carburador y Polioli 1, se cuenta con que el material usado en la conformación del cuerpo y tubo central es galvanizado, solo se debe seccionar y perfilar altura, junto con la soldadura de éstos. En la locación plisadora se ensambla el papel filtrante que es plisado al cuerpo del filtro y en la locación cerrado se introduce el tubo central del filtro, lo cual genera en cada una de ellas un ensamble. Y en empaque se combinan 12 unidades en cada caja de producto terminado.

Para los modelos de simulación de las familias Polioli 2 y Polioli 3, presentados en el ANEXO 14 y 15 respectivamente, donde la distribución de tiempos de estas familias varía según las dimensiones de cada una de ellas a trabajar. Se definieron como locaciones almacén, cizalla, enchurcado, soldadura, pintura, plisadora, curado de papel, cerrado, inyectado y empaque. En la locación de enchurcado se presenta una combinación para ejecutar dicha operación. Igualmente para estas dos familias se presenta un ensamble en plisadora y cerrado, similar al ocurrido en la familia Polioli 1 y que se realiza en las siguientes familias. Finalmente en la locación de empaque se despachan cajas que contienen 12 unidades.

Los modelos de simulación realizados para las familias Tapa-Tapa 1, Tapa-Tapa 2 y Tapa-Tapa 3, se presentan en el ANEXO 16, 17 y 18 respectivamente, donde la distribución de tiempos de cada operación varían por las dimensiones a trabajar en cada familia. Las locaciones implicadas en cada una de estas familias son: cizalla, enchurcado, pintura, troquelado, repujado, limpieza, plisadora, curado de papel, cerrado, adhesivo y empaque. En el modelo de simulación de la familia Tapa-Tapa 2, el cono y aro se obtienen terminados en la locación de troquelado. En la locación de enchurcado se combinan mallas para cuerpo y tubo central, a las cuales se les realiza esta operación. También en la locación de adhesivo se presenta un ensamble, al adherir el cono y aro al subensamble realizado en la locación de cerrado y en empaque se combinan 12 filtros por caja de producto terminado.

El modelo de simulación de la familia Polioli-Tapa se presenta en el ANEXO 19. Este filtro es la combinación de Polioli y Tapa-Tapa, el cual implica un cono metálico y un aro de Poliuretano. Las locaciones que realizan operaciones de ensamble y combinado son las mismas de las familias base.

5.2 DISTRIBUCIÓN PROBABILÍSTICA DE TIEMPOS

Usando las herramientas presentes en el software de simulación PROMODEL, como lo es, STATFIT, por medio del cual se lograron obtener las distribuciones de probabilidad para cada operación, partiendo de la toma de tiempos realizada a la línea de producción de *AIRE*. Con esta herramienta se seleccionaron distribuciones de probabilidad estadística para la

construcción de modelos consistentes que permitan tomar decisiones adecuadamente.

Dado que cada simulación efectuada, representa eventos discretos de los modelos, se recurrió al uso de un modelo dinámico, el cual es afectado por el tiempo. Es evidente la evolución del modelo simulado a través de los segundos, horas, días y meses, en el reloj de simulación.

Las *Distribuciones estándar* se utilizan para representar distribuciones de datos empíricos, porque ayudan a nivelar datos irregulares que puedan existir debido a la pérdida de valores durante el período de recopilación de datos. Los valores no observados durante la recolección de datos pueden ser representados por la utilización de las distribuciones representativas de los datos observados. Los datos empíricos se reúnen con frecuencia en intervalos de tiempo más corto. Varias distribuciones de probabilidad continua estándar se utilizan con frecuencia en la simulación. Pueden ser la exponencial, gamma, normal, uniforme, Weibull, triangulares, lognormal, Erlang y beta. La comprensión de las principales características y usos típicos de estas distribuciones pueden ayudar a reconocer distribuciones representativas de datos empíricos y sugieren la distribución más adecuada. La distribución Exponencial es considerada como la mejor representación de una distribución empírica y la evidencia estadística apoya la hipótesis.

Para la construcción de modelos de simulación se recomiendan algunas distribuciones de probabilidad, en las cuales el dominio es definido, éstas se nombran a continuación, junto con algunas de sus características y aplicaciones:

Exponencial

A veces se denomina exponencial negativa; esta distribución se ha generalizado su uso en sistemas de colas. Que se utiliza para generar valores aleatorios para el tiempo entre la llegada de clientes en un sistema. El término "clientes" puede darse a más de un número infinito de posibilidades que van desde paquetes que llegan a un muelle de entrega, a las solicitudes de empleo en un sistema informático o cualquier otra entrada a ser procesada por un sistema.

Uniforme

Una distribución uniforme en el rango de cero a uno es la base para la generación de los valores estándar de distribuciones de probabilidad. También puede ser utilizado para generar valores aleatorios a partir de algoritmos personalizados. Otra aplicación es común para la representación de la duración de una tarea, cuando se sabe la mínima información acerca de la tarea. Algunas veces el tiempo para completar una tarea que se cree que varía aleatoriamente y uniformemente entre dos valores. En estas condiciones, la distribución uniforme es una buena estimación preliminar para el ciclo de tiempo de duración.

Triangular

La distribución triangular es particularmente útil para situaciones en las que sólo conoce alguna información acerca de una tarea. Al preguntar a los montadores de una línea de producción el tiempo necesario para realizar una operación, su respuesta será probablemente "la mayoría de los casos y, pero puede ir de x hasta z." El mínimo (x), moda (y) y máximo (z), de esta manera pueden utilizarse como la definición de los parámetros de una distribución triangular.

De tal forma se efectuó la distribución de tiempos para cada una de las operaciones de la línea de AIRE en el software STATFIT, para cada una de las familias y sus operaciones se presentan en el ANEXO I10. En la figura 33 se muestra el resumen de distribuciones sugeridas.

distribution	rank	acceptance
Weibull[14, 1.51, 6.74]	99.7	accept
Pearson 6[14, 582, 1.99, 192]	81.4	accept
Exponential[14, 5.5]	69.1	accept
Lognormal[14, 1.53, 0.812]	49.2	accept
Log-Logistic[14, 2.14, 4.98]	45	accept
Beta[14, 220, 1.92, 63.3]	39.1	accept
Pearson 5[14, 1.52, 4.88]	26.2	accept
Inverse Gaussian[14, 7.69, 5.5]	26.1	accept
Gamma[14, 2.99, 1.84]	16	accept
Erlang[14, 3, 1.83]	15.7	accept
Pareto[14, 3.24]	13.9	accept
Triangular[13, 35.1, 14.4]	11.1	accept
Uniform[14, 34]	0	reject

Figura 33. Distribuciones sugeridas por STATFIT. Fuente: STATFIT.

En la figura 34 se presenta la gráficamente la distribución seleccionada, que en este caso fue la distribución exponencial.

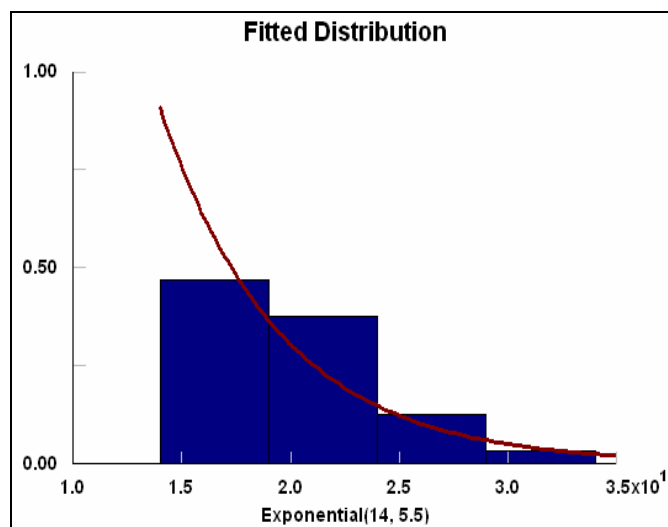


Figura 34. Gráfica de distribución sugerida. Fuente: STATFIT.

5.3 SIMULACIÓN DEL PROCESO ACTUAL

En la línea *AIRE*, se cuenta con filtros tipo TapaxTapa, de Poliuretano, carburador y Pocket para Full Injetion. El sistema productivo posee varias máquinas que deben operar para cada una de las familias, otras solo para TapaxTapa, Poliuretano o Pocket.

De igual forma las entidades implicadas en cada una de las familias, se codificó para evitar bloqueos en el software o resultados estadísticos erróneos. Las llegadas dependen de la disponibilidad de los recursos en bodega. La ruta que cada familia sigue en la planta de *AIRE*, fue definida por medio de "*Path Network*".

El modelo de simulación actual se efectuó sobre el plano de distribución de planta actual a escala 1:100, junto con las imágenes reales de las máquinas implicadas en el proceso.

Las estaciones que se determinaron para el modelo de simulación son:

LOCATION

1. *Bodega*: es el lugar en el cual se disponen todos los materiales e insumos que serán transformados o utilizados en el sistema de producción. De la misma manera la empresa dispone de cada uno de los recursos que implican la producción, pues las ordenes de compra se realizan de acuerdo a históricos y basados en los presupuestos de cada periodo. Así se cuenta con el papel filtrante, la lámina y los insumos necesarios.
2. *Cizalla*: la cizalla neumática es la encargada de seccionar cada rollo de malla según el diámetro exterior de cada cuerpo y el diámetro interior según el tubo central, también se debe perfilar la altura de cada cuerpo y tubo central, para que las características dimensionales de cada referencia sean adecuadas y no se presenten problemas al momento del ensamble.
3. *Enchurcado*: en este centro de trabajo la malla de cada cuerpo y tubo central del elemento filtrante, adquiere la forma cilíndrica de los filtros de *AIRE*.
4. *Soldadura*: en la anterior estación se da la forma cilíndrica del cuerpo y tubo central, en ésta se unen sus extremos de manera permanente y así éste componente del filtro será determinante en la estructura del mismo.

5. *Troquelado*: en esta estación de trabajo se obtienen los conos y aros de las familias TapaxTapa y el cono para la familia de PolioliXTapa. Algunos de estos componentes continúan a repujado para formar el cono.
6. *Repujado*: luego de obtener por troquelado el disco de cada cono, se continúa en la estación de repujado para formar el respectivo cono, enderezar la base del cono y punzonarlo.
7. *Limpieza*: cada cono y aro debe ser limpiado para garantizar la fijación de la pintura electrostática a cada uno de ellos y no evitar problemas en la calidad de la misma.
8. *Pintura*: la operación de pintura conlleva el aplicar la pintura en polvo a cada cuerpo, tubo central, cono y aro. Para garantizar que cada filtro no va a ser afectado por el oxido, el cual puede afectar en gran medida a cada motor.
9. *Plisado*: en las plisadoras, el papel es transformado a papel plisado, el cual será el componente principal de cada elemento filtrante, garantizando una adecuada filtración del aire. También se efectúa el curado del papel.
10. *Cerrado*: es la estación que realiza el ensamble de cada elemento filtrante. El papel filtrante es acomodado en cada cuerpo, se cierra con silicona en sus extremos y finalmente se introduce el tubo central, para formar así el elemento filtrante.
11. *Inyectado*: luego de obtener cada papel plisado de la familia Pocket, se debe inyectar poliuretano para determinar su estructura y dimensiones. Las familias de Polioli y Carburador, están conformadas de un disco y un aro de poliuretano en cada uno de sus extremos. Y la familia PolioliXTapa esta conformada solo por un aro de poliuretano.
12. *Adhesivo*: las familias de TapaxTapa, requieren que cada cono y aro sea adherido al elemento filtrante, que anteriormente ha sido subensamblado. Cada cono o aro es inyectado con pegante adhesivo que garantizará la adecuada fijación de los componentes.
13. *Empaque*: en esta estación a cada filtro tipo Pocket se le cortan las rebabas de Poliuretano, se empaacan y embalan. A los filtros tipo TapaxTapa se le colocan lo respectivos empaques de caucho prefabricados o de espuma y embolsados. Los filtros tipo Polioli y Carburador son revisados y embolsados. Pero lo común en cada uno de los filtros es la marca de cada referencia en la Video Jet.

En la tabla 39 se presenta un resumen de cada entidad definida en el modelo

de simulación del sistema de producción de la línea AIRE, bajo la distribución de planta actual.

Tabla 39. Resumen de Locations en PROMODEL.

NAME	CAP	UNITS	DTs	STATS	RULES
Bodega	INF	1	None	Time series	Oldest
Cizalla	1	1	Clock	Time series	Oldest
Enchurcado	10	1	None	Time series	Oldest
Soldadura	1	1	None	Time series	Oldest
Troquelado	1	1	Clock	Time series	Oldest
Repujado	1	1	Clock	Time series	Oldest
Limpieza	1	1	Clock	Time series	Oldest
Pintura	1	1	Clock	Time series	Oldest
Plisado	1	1	Clock	Time series	Oldest
Cerrado	1	1	None	Time series	Oldest
Inyectado	1	1	Clock	Time series	Oldest
Adhesivo	1	1	Clock	Time series	Oldest
Empaque	50	1	None	Time series	Oldest

Fuente: autores.

ENTITIES

En la presente simulación se utilizó la versión comercial estándar de PROMODEL, la cual no restringe el modelo en cuanto a estaciones, entidades y atributos. Para las diferentes familias se definieron las respectivas entidades, las cuales se presentan a continuación por familia:

Familia *Pocket*

1. *Papel filtrante*: es la entidad fundamental de éste tipo de filtros, dado que el proceso de filtración del aire es realizada por el papel. Es la entidad que entra a la estación de plisado.
2. *Papel plisado*: esta entidad es la salida de la estación de plisado, en donde la tira de papel es plisada y dividida para cada unidad de filtración a producir.
3. *Filtro ensamblado*: a la estación de inyectado entra el papel plisado y sale el filtro ensamblado, la operación que se realiza en esta estación es la de acomodar cada unidad de papel en un molde el cual será inyectado con Poliuretano.
4. *Caja de producto terminado*: es la combinación de filtros terminados, que se enrutan a la bodega de producto terminado.

En la tabla 40 se resumen las anteriores entidades y sus especificaciones para el modelo.

Tabla 40. Resumen de entidades para Pocket.

Name	Código	Speed (rpm)	Stat
Papel Filtrante	PFF1	50	Time Series
Papel Plisado	PPF1	50	Time Series
Filtro ensamblado	FEF1	50	Time Series
Caja de producto terminado	CF1	50	Time Series

Fuente: autores.

Familia *Carburador*

1. *Rollo de malla expandida*: es la entidad que entra a la cizalla, para obtener la malla para el cuerpo y tubo central.
2. *Malla para cuerpo y tubo central*: es el resultado de la operación de la cizalla neumática y de esta familia entra directamente a soldadura, sin pasar por enchurcado.
3. *Cuerpo y tubo central*: a la estación de soldadura entra la malla necesaria para la formación del cilindro, que es la entidad de salida de soldadura.
4. *Papel filtrante*: similar al definido en la familia *Pocket*.
5. *Papel plisado*: similar al definido en la familia *Pocket*.
6. *Subensamble*: a la estación de cerrado entran las entidades de: cuerpo, tubo central y papel plisado. En esta estación los componentes se ensamblan, para obtener el subensamble inicial del filtro.
7. *Filtro ensamblado*: en la estación de inyección se reciben subensambles, los cuales tendrán un disco y aro de Poliuretano en cada uno de sus extremos y la entidad de salida de la estación de inyectado es el filtro ensamblado.
8. *Caja de producto terminado*: similar al definido en la familia *Pocket*.

En la tabla 41 se resumen las anteriores entidades para Carburador y sus especificaciones para el modelo.

Tabla 41. Resumen de entidades para Carburador.

Name	Código	Speed	Stat
Rollo de malla expandida	RMF2	50	Time Series
Malla para cuerpo y tubo central	MCTF2	50	Time Series
Cuerpo y tubo central	CTF2	50	Time Series
Papel filtrante	PFF2	50	Time Series
Papel plisado	PPF2	50	Time Series
Subensamble	S1F2	50	Time Series
Filtro ensamblado	FEF2	50	Time Series
Caja de producto terminado	CF2	50	Time Series

Fuente: autores.

Familia *TapaxTapa*

Las entidades de *Rollo de malla expandida*, *Malla para cuerpo y tubo central*, *Cuerpo y tubo central*, *Papel filtrante*, *Papel plisado*, *Subensamble*, *Filtro ensamblado* y *Caja de producto terminado*. Son similares para todas las familias de filtros tipo *TapaxTapa*. A continuación se definen las entidades que difieren totalmente a las otras familias de filtros.

1. *Churco para cuerpo y tubo central*: es la entidad que sale del centro de trabajo de enchucado, para luego ser soldado y formar el cilindro permanente para la estructura del filtro.
2. *Cuerpo y tubo central pintado*: para las familias *TapaxTapa* el cuerpo y el tubo central, requieren ser pintados, está es la entidad que sale de pintura.
3. *Lámina en fleje*: la entidad que entra a troquelado es la lámina en fleje, la cual debe ser troquelada para obtener el cono para el disco y el aro. La familia *TapaxTapa 4*, es aquella en la que el cono se obtiene completamente terminado en la estación de troquelado.
4. *Disco y aro*: es la entidad la cual sale de la estación de troquelado y entra a repujado, para ser formado el cono.
5. *Cono y aro*: sale de la estación de repujado y entra a limpieza, para garantizar la fijación de la pintura.
6. *Cono y aro limpiado*: es la entidad que sale de la estación de limpieza y se enruta a la estación de pintura.
7. *Cono y aro pintado*: es la entidad que sale de la estación pintura y entra a la estación de adhesivo, para poder pegar el cono y aro a los

extremos del subensamble y enrutar el filtro terminado a empaque.

En la tabla 42 se resumen las anteriores entidades TapaxTapa y sus especificaciones para el modelo.

Tabla 42. Resumen de entidades para TapaxTapa.

Name	Código	Speed	Stat
Rollo de malla expandida	RMF3	50	Time Series
Malla para cuerpo y tubo central	MCTF3	50	Time Series
Churco para cuerpo y tubo central	CCTF3	50	Time Series
Cuerpo y tubo central	CTF3	50	Time Series
Cuerpo y tubo central pintado	CTPF3	50	Time Series
Lámina en fleje	LFF3	50	Time Series
Disco y aro	DAF3	50	Time Series
Cono y aro	KAF3	50	Time Series
Cono y aro limpiado	KALF3	50	Time Series
Cono y aro pintado	KAPF3	50	Time Series
Papel filtrante	PFF3	50	Time Series
Papel plisado	PPF3	50	Time Series
Subensamble	S1F3	50	Time Series
Filtro ensamblado	FEF3	50	Time Series
Caja de producto terminado	CF3	50	Time Series

Fuente: autores.

Familia *Poliol*

Al igual que para la familia Carburador las entidades de *Rollo de malla expandida*, *Malla para cuerpo y tubo central*, *Cuerpo y tubo central*, *Papel filtrante*, *Papel plisado*, *Subensamble*, *Filtro ensamblado* y *Caja de producto terminado*. Son similares para todas las familias de filtros tipo Poliol, pero la familia de Poliol 6, el cuerpo y tubo central, no requiere ser pintado, pues es de lámina galvanizada.

En la tabla 43 se resumen las anteriores entidades Poliol y sus especificaciones para el modelo.

Tabla 43. Resumen de entidades para Polioli.

Name	Código	Speed	Stat
Rollo de malla expandida	RMF8	50	Time Series
Malla para cuerpo y tubo central	MCTF8	50	Time Series
Churco para cuerpo y tubo central	CCTF8	50	Time Series
Cuerpo y tubo central	CTF8	50	Time Series
Cuerpo y tubo central pintado	CTPF8	50	Time Series
Papel filtrante	PPF8	50	Time Series
Papel plisado	PPF8	50	Time Series
Subensamble	S1F8	50	Time Series
Filtro ensamblado	FEF8	50	Time Series
Caja de producto terminado	CF8	50	Time Series

Fuente: autores.

Familia *PolioliXTapa*

Para la familia *PolioliXTapa* se deben realizar las operaciones de la familia *TapaxTapa* y *Polioli*, dado que este tipo de filtros están compuestos de un cono metálico y un aro de Poliuretano.

1. *Filtro subensamblado*: la entidad que sale de la estación de cerrado es el *subensamble*, el cual se enruta a la estación de inyectado en la cual se le forma el aro, que conforma el filtro subensamble. Éste es enrutado a la estación de adhesivo.
2. *Filtro ensamblado*: es la entidad que se genera luego de efectuar la operación en la estación de adhesivo y se enruta el *filtro ensamblado* a *empaque*.

En la tabla 44 se resumen las anteriores entidades *PolioliXTapa* y sus especificaciones para el modelo.

Tabla 44. Resumen de entidades para *PolioliXTapa*.

Name	Código	Speed	Stat
Rollo de malla expandida	RMF9	50	Time Series
Malla para cuerpo y tubo central	MCTF9	50	Time Series
Churco para cuerpo y tubo central	CCTF9	50	Time Series
Cuerpo y tubo central	CTF9	50	Time Series
Cuerpo y tubo central pintado	CTPF9	50	Time Series

Lámina en fleje	LFF9	50	Time Series
Cono	KF9	50	Time Series
Cono limpiado	KLF9	50	Time Series
Cono pintado	KPF9	50	Time Series
Papel filtrante	PFF9	50	Time Series
Papel plisado	PPF9	50	Time Series
Subensamble	S1F9	50	Time Series
Filtro subensamblado	FSF9	50	Time Series
Filtro ensamblado	FEF9	50	Time Series
Caja de producto terminado	CF9	50	Time Series

Fuente: autores.

PATH NETWORKS

Para efectuar un enrutamiento por cada location implicada en la producción de cada familia se utilizaron “*Path Networks*” o redes utilizadas para determinar el recorrido a seguir de cada entidad en el proceso. Todas las familias no siguen la misma red y por ello se ha realizado la construcción de Path Network para cada una de ellas. A continuación se asocian las redes a las familias:

1. Red 1: familia *Pocket*.
2. Red 2: familia *Carburador*.
3. Red 3: familia *Poliol 1*.
4. Red 4: familia *Poliol 2*.
5. Red 5: familia *Poliol 3*.
6. Red 6: familia *TapaxTapa 1*.
7. Red 7: familia *TapaxTapa 2*.
8. Red 8: familia *TapaxTapa 3*.
9. Red 9: familia *PoliolxTapa*.

ARRIVALS

Las llegadas se especifican en la construcción del modelo en PROMODEL, para los materiales principales de los filtros para *AIRE*. Por ello la lámina en flejes, es el material para la conformación del cono y aro, de los filtros

TapaxTapa. El papel filtrante es el material relevante de la operación de filtrado de cada filtro. Y la malla expandida, la cual es la que conforma la estructura cilíndrica de cada filtro, pues gracias a ella, se evita la deformación de la unidad filtrante. Se determinó para estos materiales sus llegadas, para facilitar de alguna manera, la construcción del modelo, dado que estos materiales son el inicio de los componentes de cada filtro.

Tabla 45. Especificaciones de arrivals.

Entity	Location	Qty each	First Time	Ocurrences	Frecuency
Malla	Bodega	2	0	INF	8
Papel	Bodega	2	0	INF	8
Fleje	Bodega	11651	0	1	

Fuente: autores.

PROCESSING

El proceso realizado para el modelo de simulación de la planta actual, comprende cada una de las operaciones implicadas en la producción de las diferentes familias, también cada una de ellas conlleva el tiempo necesario para la operación respectiva, de este tiempo se ha realizado una distribución probabilística en STATFIT. También para el proceso de cada familia se han contemplado las combinaciones de filtro de cada familia, al conformar otro tipo de entidad, como es el caso de las cajas de producto terminado, las cuales agrupan cierta cantidad de filtros de cada tipo para su despacho al cliente final. Cada operación de ensamble entre dos o más tipos de entidades, es realizada por el comando literal de "JOIN", uniendo cantidades específicas y generando otra entidad de salida en la location en la cual se realiza el ensamble.

5.4 SIMULACIÓN TOMANDO COMO BASE LA DISTRIBUCIÓN PROPUESTA

Para el modelo de simulación en el cual se toma como base la propuesta de distribución de planta presentada a la empresa por los autores. Está opta por la propuesta en la cual se disminuye el área de la planta destinada a mantenimiento. De esta manera se disponen las máquinas para garantizar el adecuado flujo de materiales, partes, producto en proceso y producto terminado. Para esta simulación se utilizó el plano de la distribución propuesta a escala 1:100.

En desarrollo de cada una de las actividades implicadas en la presente práctica, se evidencio el despilfarro que ocurre en el desplazamiento desde la

planta de *AIRE*, hasta el horno de curado de papel. Por lo tanto la empresa actualmente usa papel filtrante precurado.

Se definen igual cantidad de “*Path networks*”, para cada una de las familias de la línea *AIRE*, donde la diferencia radica en la ubicación de los nodos. Las entities, arrivals y processing, son similares a las del modelo de simulación actual del proceso.

5.5 ANÁLISIS DE CADA MODELO DE SIMULACIÓN EFECTUADO

5.5.1 Modelo de simulación actual del proceso

Del modelo de simulación en el cual se utilizó como base la distribución de planta actual y con respecto a la familia Pocket, que es más representativa, se puede concluir que:

- ⊖ La producción máxima de filtros de la familia Pocket en el presente modelo es de 32.904, en el modelo de simulación no se restringe la producción, lo cual ocurre en la realidad, pues es el departamento de mercadeo, quien determina para cada periodo la cantidad de filtros a producir. Basados en la demanda pronosticada del mercado, cada periodo la planta de *AIRE* debe producir un promedio de 7.032 filtros de esta familia. Si produjera a su máxima capacidad, operando la parte metálica y de poliuretano de esta línea en forma simultanea, no se cuenta con la demanda del mercado.
- ⊖ El filtro para sistema Full Injection, presenta un promedio de 81.48 segundos en el sistema y 25.16 segundos en desplazamientos entre las estaciones implicadas en su proceso.
- ⊖ Con una confianza del 95%, un n igual a 10, desviación estándar de 3.57 y un promedio de la desviación de cada replica igual a 3.04. Se puede concluir que la producción puede oscilar entre 6903 y 7356, unidades de filtro tipo Pocket.
- ⊖ En la presente simulación, se tomo como base el plano realizado por los autores, de la distribución de planta actual. Y las distancias recorridas por cada una de las familias de la línea *AIRE*, se presentaron en la tabla 6, del capítulo 2.

5.5.2 Modelo de simulación con base en la distribución propuesta

En el modelo de simulación efectuado para la propuesta de distribución elegida por la empresa, se puede concluir:

- ⊖ La producción máxima de filtros de la familia Pocket en el modelo de simulación propuesto es de 40.356, de igual forma que en la simulación anterior, los datos que se generan es en condiciones normales. Determinando que la producción real es 7.032 filtros de esta familia.
- ⊖ El filtro de la familia *Pocket*, presenta un promedio de 81.48 segundos en el sistema, pues la operación no cambia en nada para esta familia y 24.79 segundos en movimientos entre las estaciones implicadas en su proceso.
- ⊖ En la simulación de la distribución propuesta, se tomó como base el plano realizado para la distribución de planta propuesta. En la tabla 46, se presenta un resumen de las distancias recorridas por cada una de las diferentes familias de la línea *AIRE* en plano de la propuesta. Efectuando una comparación entre las distancias de las diferentes familias resumidas en la tabla 6 y 46, se evidencia que algunas de ellas aumentan y otras disminuyen significativamente. Los datos oscilan debido a que la distribución de planta propuesta por los autores, contempla sitios destinados a almacenamiento de producto en proceso en zonas definidas en las estaciones de *Cerrado* y *Soldadura*. Con la distribución de planta actual el proceso presenta contra flujos de material y en la propuesta se logra generar un flujo más acorde con la linealidad.

Tabla 46. Resumen de distancias para la propuesta de distribución en la línea *AIRE*.

FILTROS <i>AIRE</i>	PAPEL		LÁMINA PARA CUERPO y TUBO		LÁMINA TAPAS		SUB- ENSAMBLE	FILTRO	TOTAL (METROS)
	RE	RI	RE	RI	RE	RI	RI	RI	
POCKET	70,30	7,75						23,49	101,54
POLIOL	70,30	14,63	111,22	53,53			6,68	23,49	279,85
POLIOL- TAPA	70,30	14,63	111,22	53,53	91,33	44,15	13,68	17,37	416,21
TAPA-TAPA 1	70,30	14,63	111,22	53,53	91,33	80,64	21,21	17,37	460,23
TAPA-TAPA 2	70,30	14,63	111,22	53,53	156,33	44,15	21,21	17,37	488,74
TAPA-TAPA 3	70,30	14,63	111,22	53,53	156,33	80,64	21,21	17,37	525,23

RE: recorrido externo; RI: recorrido interno.

Fuente: autores.

Tabla 47. Porcentaje de diferencia entre distribuciones.

FILTROS AIRE	ACTUAL	PROPUESTO	PROCENTAJE DE REDUCCIÓN
POCKET	117,97	101,54	13,93%
POLIOL	578,78	279,85	51,65%
POLIOL- TAPA	718,91	416,21	42,11%
TAPA-TAPA 1	714,27	460,23	35,57%
TAPA-TAPA 2	804,49	488,74	39,25%
TAPA-TAPA 3	818,31	525,23	35,82%

Fuente: autores.

CONCLUSIONES

- ⊕ La línea de producción de *SELLADO*, esta automatizada y las únicas operaciones de alta influencia humana es el ensamble de elemento, la inspección de roscas, probadores de fugas, metal-empaque y embalaje final. Para poder ejercer un adecuado control de tiempo productivo de cada máquina, la planta de *SELLADO* cuenta con un programa que registra las paradas efectuadas por cada una de ellas.
- ⊕ En la planta de *AIRE* no se cuenta con todos los recursos necesarios para la realización total del proceso, por lo tanto se debe trasladar el subensamble a la planta de *MALLA*, pues allí se utiliza el horno para curar el elemento filtrante. Las distancias aumentan también a causa de los desplazamientos de materiales hasta la planta de *AIRE*, debido que las bodegas están en la periferia de la planta de *SELLADO*.
- ⊕ El espacio destinado a producción y almacenamientos en general, suman 71.58% del total de área de la planta 2 de Industrias PARTMO S.A., de los cuales el 30.28% está destinado para los diferentes almacenamientos de la planta. Con esto se evidencia la cultura de almacenar la mayoría de los productos en proceso e interrumpir el flujo.
- ⊕ Una de las posibles alternativas de crecimiento de la planta de *AIRE*, es hacia el área de mantenimiento, la cual representa 9.38% del área total de la planta.
- ⊕ En la actualidad el Departamento de producción carece de una adecuada programación que permita el uso correcto de cada rollo de papel y las tiras generadas de éste, para no permitir su desperdicio, acumulación y posterior obsolescencia.
- ⊕ Cuando se realice una correcta distribución de planta sobre la línea *AIRE* y se compense con un seguimiento a los métodos de trabajo, el estudio de tiempos que se realizó durante el proyecto deberá ser actualizado pues las condiciones no serán las mismas y estos quedaran obsoletos.
- ⊕ Las maquinas MPA y HO-14 restringen el flujo sobre la línea *AIRE*, su ubicación es la base para mejorar o empeorar el flujo de partes.
- ⊕ Existe dentro de la línea *AIRE* un conjunto de maquinas que actualmente no se utilizan en ningún proceso de la planta, estas acaparan un espacio de la línea y dificultan el flujo.

- ⊕ La línea *SELLADO* fabrica un filtro cada 3,5 segundos aproximadamente, este tiempo de ciclo tan corto exige una capacidad de respuesta en los centros de apoyo (inventario, almacén, mantenimiento) que le permita mantener la línea en funcionamiento.
- ⊕ En el modelo de simulación tomando la distribución de planta actual, se evidencian problemas de contra flujos y excesos de desplazamientos, lo cual genera despilfarros de tiempo en cada una de las familias.
- ⊕ La producción máxima del sistema de la línea *AIRE*, se incrementaría en un 22.65%, con la propuesta de distribución sugerida a la empresa por los autores. El proceso de fabricación de los filtros cambiaría solo en la utilización de papel filtrante precurado.

RECOMENDACIONES

- ⊕ En Industrias PARTMO S.A. es imperante involucrar a un profesional en la consecución de métodos de trabajo en la línea *AIRE*.
- ⊕ Es necesario estandarizar los procesos de los centros de trabajo de la línea *AIRE* cuyo proceso dependa de el desempeño del operario y no de una máquina.
- ⊕ Los centros de trabajo *PINTURA (PMA)* y *HORNO (HO-14)* deben operar de forma sincronizada, de esta forma se aprovechara al máximo la eficiencia del HO-14, ya que es éste y no la MPA quien determina el flujo por las dos estaciones.
- ⊕ Es importante dar a conocer al personal de las líneas cuales son las estaciones que se consideran Recursos restrictores de capacidad y establecer una política de prioridades con estos centros de trabajo.
- ⊕ Es importante que la línea *AIRE* aumente su numero de operarios y de este modo no estar obligados a rotarlos en estaciones flotantes, así se reducirán considerablemente los inventarios de partes en proceso.
- ⊕ Se aconseja que la línea *SELLADO* mejore la transición de los filtros que salen del horno de asentamiento de pintura y se dirigen a los probadores neumáticos, pues este es su recurso restrictor de capacidad y no debe desperdiciar tiempo esperando filtros.
- ⊕ La línea *SELLADO* debe estandarizar su proceso de refrigeración de filtros y de ese modo evitar la acumulación de partes en proceso.

BLOGRAFÍA

- ⊕ BLANCO RIVERO Luís Ernesto y FAJARDO PIEDRAHITA Iván Darío. Simulación con producción. Casos de producción y logística. Segunda edición. Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2003. 146 p.
- ⊕ CHASE Richard y AQUILANO Nicholas. Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva. Producción sincronizada y teoría de las restricciones. Décima edición. México, D.F.: Mc Graw-Hill Interamericana, 2005. 817 p.
- ⊕ Departamento de SIG. Manual Integrado de Gestión de la Calidad. Industrias PARTMO S.A.: Presentación de la empresa.
- ⊕ HARREL Charles, GOGG Thomas, BATEMAN Robert y MOTT Jack. System improvement using simulation. Second edition. United States of America: JMI Consulting Group and PROMODEL Corporation, 1992. 155 p.
- ⊕ KONZ Stephan. Diseño de instalaciones industriales. Líneas de producción. México, D.F.: Grupo Noriega Editores, 1997. 398 p.
- ⊕ MONTGOMERY C. Douglas y RUNGER C. George. Probabilidad y estadística ajustada a la ingeniería. México, D.F.: Mc Graw-Hill Interamericana, 1996. 373p.
- ⊕ Niebel, Benjamín W y Freivalds, Andris. Ingeniería Industrial Métodos, estándares y diseño del trabajo. Estudio de tiempos. México D.F.: ALFAOMEGA DRUPO EDITOR S.A. de C.V., 2004. 373 p.
- ⊕ ORTIZ PIMIENTO Néstor Raúl. Análisis y mejoramiento de los procesos de la empresa. Técnicas para el mejoramiento de procesos productivos. Bucaramanga: Publicaciones UIS, 1999. 187p.
- ⊕ PROMODEL Corporation. Users guide, manufacturing simulation software. Getting started. Estados Unidos de América.: 1997. 620 p.
- ⊕ SULE Dileep R. Instalaciones de manufactura. Esquema de planta elaborado por computadora. Segunda edición. México, D.F.: Thomson Editores, 2001. 713 p.



- ⊖ <http://www.univalle.edu/publicaciones/brujula/brujula17/pagina06.htm>
- ⊖ <http://www.promodel.com.mx/promodel.php>
- ⊖ <http://www.partmo.com.co>