

PROPUESTA DE REORGANIZACIÓN DEL SISTEMA PRODUCTIVO DE LA PLANTA
2 DE INDUSTRIAS PARTMO S.A BAJO LOS LINEAMIENTOS DE LEAN-
MANUFACTURING.

Marcos Daniel Ortega González

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD FISICO MECANICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA

2013

PROPUESTA DE REORGANIZACIÓN DEL SISTEMA PRODUCTIVO DE LA PLANTA
2 DE INDUSTRIAS PARTMO S.A BAJO LOS LINEAMIENTOS DE LEAN-
MANUFACTURING.

Marcos Daniel Ortega González

Trabajo de grado bajo la modalidad de práctica empresarial presentado como requisito
para optar por el título de

INGENIERO INDUSTRIAL

Director
EDWIN GARAVITO
Mg. en Ingeniería Industrial

Co-Director
Olga Lucía Mantilla
M.Sc. Sistemas de Manufactura

Tutor
Luis Fernando Páez Carantón
Director de productividad y calidad Industrias PARTMO S.A

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD FISICO MECANICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA

2013

**"Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado. Un
esfuerzo total es una victoria completa."**

Mahatma Gandhi (1869-1948)

DEDICATORIA

A mis padres Marcos Henry Ortega Ortega y Amparo González Bueno, a mis hermanos Henry Fabián Ortega y José Armando porque por ellos debo ser un ejemplo a seguir y toda mi familia, la cual aprecio mucho, y sé que para ellos es un logro muy importante, a Nataly Cruz Sarmiento quien ha sido muy importante en mi crecimiento como persona.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por establecer un modelo regido por leyes universales que permiten que ocurra una serie de fenómenos controlables y no controlables, pues gracias a ello he podido conocer y compartir momentos buenos y malos, encontrándome con personas especiales, como lo es la profesora Olga Lucía quien me dirigió gran parte de mi proyecto y fue un apoyo en ésta etapa de mi vida, a mis amigos quienes me daban ánimos en circunstancias adversas, a los profesores que me impartieron en sus clases parte del conocimiento que poseo ahora y a mi familia por darme las bases para ser la persona que soy y enseñarme la importancia de perseverar, el valor de la humildad y otros valores importantes en la universidad de la vida.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	16
1. FUNDAMENTOS DEL PROYECTO	18
1.1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	18
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.2.1. Identificación del problema.....	19
1.2.2. Alcance	19
1.2.3. Objetivos	20
1.2.3.1. Objetivo general.....	20
1.2.3.2. Objetivos específicos	20
1.3. CARACTERIZACIÓN DE LA EMPRESA	21
1.3.1. Reseña Histórica	21
1.3.2. Razón social.....	23
1.3.3. Objeto social	23
1.3.4. Misión.....	23
1.3.5. Visión.....	24
1.3.6. Estructura Organizacional	24
1.3.7. Productos elaborados.....	24
1.3.8. Mercados atendidos	27
1.3.9. Unidades presupuestadas, capacidad de producción y ventas.....	27
1.3.10. Proyección de ventas de las familias.....	28
1.4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	30
1.4.1. Descripción de los procesos productivos.....	30
1.4.2. Montajes	33
1.5. DISTRIBUCIÓN DE MÁQUINAS	35
1.5.1. Máquinas	35
2. MARCO DE REFERENCIA	39
2.1. MARCO TEORICO	39
2.1.1. Sistemas de producción.....	39
2.1.2. Tipos de sistemas de producción	40
2.1.2.1. Sistema de Producción Intermitente.....	41
2.1.2.2. Sistema de Producción por Unidad	41
2.1.2.3. Sistema de Producción en Celdas	42
2.1.2.4. Sistema de Producción por Línea	42
2.1.2.5. Sistemas Jalar	42
2.1.2.6. Líneas en "U"	43
2.1.3. "Lean manufacturing"	43
2.1.3.1. Principios de la filosofía "Lean Manufacturing"	44
2.1.3.2. Herramientas "lean manufacturing"	44
2.1.4. Simulación	46
3. CARATERIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO	50
3.1. RECONOCIMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO	50
3.1.1. Análisis de diagramas de flujo.	50
3.1.2. Análisis del entorno de trabajo.....	50
3.1.3. Análisis de los diagramas de recorrido.....	51
3.1.4. Análisis de desperdicios.	51
3.1.5. Árbol de problemas.....	53
4. ESTUDIO DE CAPACIDAD	55

4.1. SELECCIÓN DE LAS REFERENCIAS Y PARTES DEL FILTRO.....	55
4.2. ESTUDIO DE TIEMPOS.....	61
4.2.1. Asignación de suplementos.....	65
4.2.1.1. Análisis y Asignación de los suplementos	66
4.3. ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE LAS MÁQUINAS Y/O CENTROS DE TRABAJO	69
4.3.1. Montajes	69
4.3.2. Capacidades de los centros de trabajo	71
5. SIMULACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL	74
5.1. “TAKT TIME” DEL MERCADO	74
5.1.1. Selección de la referencia	74
5.1.2. Análisis de la familia	76
5.1.3. Cálculo del “takt time”.....	76
5.2. ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS EN LAS MÁQUINAS.....	77
5.3. REALIZACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN	77
5.4. RESULTADOS	78
6. PROPUESTAS DE MEJORA PARA UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN ESBELTO	80
6.1. DEMANDA	80
6.1.1. Takt time.....	80
6.1.1.1. Takt time operacional.....	81
6.1.2. “Pitch”.....	81
6.1.3. Inventario amortiguador (Buffer inventory).....	81
6.1.3.1. Cálculo del inventario amortiguador	82
6.1.4. Sistema Andon y paro del sistema en una posición fija (Fixed position stop system) 83	
6.1.4.1. Ventajas y desventajas del sistema.....	83
6.1.4.2. Fases para la implementación del sistema Andon y paro del sistema en una posición fija (Fixed position stop system).....	84
6.1.4.3. Resultados esperados del sistema andon.....	85
6.2. FLUJO CONTINUO.....	85
6.2.1. Célula o celda de manufactura	86
6.2.1.1. Determinación de la ruta crítica.....	86
6.2.1.2. Layout de la célula de manufactura	87
6.2.2. Balanceo de la celda de manufactura.....	90
6.2.2.1. Tiempo de ciclo de las celdas de manufactura.....	90
6.2.2.2. Balanceo de operadores (Operator Balance).....	90
6.2.3. Trabajo estandarizado.....	91
6.2.3.1. Descripción del formato	91
6.2.4. cambios rápidos o SMED (Single Minute Exchnage Die).....	94
6.2.4.1. Transformación de tiempos internos en externos	95
6.2.4.2. Aportes y posibles mejoras a realizar a partir de SMED.....	98
6.2.5. Mantenimiento autónomo	101
6.2.6. Sistemas Kanban	101
6.2.6.1. Cálculo del kanban	102
6.2.6.2. Diseño del Kanban	102
6.2.7. Kaizen	103
6.2.7.1. Metodología DMAICC	103
6.3. NIVELACIÓN.....	104
6.3.1. Heijunka.....	104
6.3.1.1. Programación heijunka	104

6.3.1.2. Caja heijunka.....	105
6.4. SIMULACIÓN CON LAS MEJORAS TIPO LEAN MANUFACTURING	106
6.4.1. Comparaciones de los resultados de la simulación.....	107
7. OTRAS POSIBLES MEJORAS	108
8. CONCLUSIONES.....	112
9. RECOMENDACIONES	114
BIBLIOGRAFIA.....	117
ANEXOS	

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Cumplimiento de objetivos.....	17
Tabla 2. Pronóstico en unidades por familias para 5 periodos	28
Tabla 3. Número de pasos en las prensas	31
Tabla 4. Límites de alturas de las referencias en el área de prensas.....	32
Tabla 5. Inventario y Relación de las partes con las máquinas, operación que realizan y líneas	35
Tabla 6. Inventario de las máquinas troqueladoras y la parte asignada	38
Tabla 7. Técnicas y herramientas de la filosofía Lean Manufacturing.	44
Tabla 8. Los siete desperdicios según el pensamiento esbelto	45
Tabla 9. Resultados de la evaluación de desperdicio.....	51
Tabla 10. Referencias más importantes de la planta 2 de PARMTO S.A.	55
Tabla 11. Participación de las referencias más importantes por familias de la planta 2 de industrias PARMTO S.A	58
Tabla 12. Listado de referencias relacionando sus especificaciones y partes.	59
Tabla 13. Relación de partes de referencias de acuerdo a las operaciones	59
Tabla 14. Tiempos de las máquinas.....	64
Tabla 15. Días asignados para la producción de cada familia.....	70
Tabla 16. Tiempos de preparación según los procesos.....	70
Tabla 17. Capacidad de los centros de trabajo por partes producidas	71
Tabla 18. Capacidad de cada uno de los centros de trabajo del área de prensas.	73
Tabla 19. Parámetros de selección	74
Tabla 20. Ponderación de las familias	75
Tabla 21. “Takt time” familia A-4053.....	77
Tabla 22. Tipo de distribución de tiempos en el sistema productivo.....	77
Tabla 23. Inventario amortiguador de las referencias de la familia A-4053	82
Tabla 24. Relación de buje y troquel	99
Tabla 25. Porcentaje de tiempos en los montajes.....	101
Tabla 26. Pasos DMAIC.....	103
Tabla 27. Unidades a fabricar de las referencias de la Familia A-4053	105
Tabla 28. Producción de las referencias con programación heijunka.....	106
Tabla 29. Inventarios de las celdas de manufactura.....	107

LISTADO DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Mapa de procesos.....	25
Gráfico 2. Organigrama de la empresa.....	26
Gráfico 3. Filtros producidos vs filtros presupuestados enero 2011-abril 2012.....	27
Gráfico 4. Árbol de problemas para el sistema productivo de la planta 2 industrias PARTMO S.A.....	54
Gráfico 5. Encabezado hoja de trabajo estandarizado.....	92
Gráfico 6. Información de la producción.....	92
Gráfico 7. Información de operadores asignados a la celda.....	92
Gráfico 8. Celda de manufactura con sus respectivos movimientos.....	93
Gráfico 9. Convenciones del formato.....	93
Gráfico 10. Revisión y aprobación.....	93

LISTADO DE ANEXOS

- ANEXO 1. Gráficos de presupuesto, la capacidad de producción y las ventas por líneas y familias
- ANEXO 2. Pronóstico de ventas
- ANEXO 3. Diagrama de operaciones general
- ANEXO 4. Diagramas de flujo
- ANEXO 5. Layout planta
- ANEXO 6. Observaciones de las máquinas
- ANEXO 7. Resumen y resultados de los estudios de temperatura y material particulado
- ANEXO 8. Distancias de recorridos
- ANEXO 9. Lista de chequeo
- ANEXO 10. Paretos de las referencias
- ANEXO 11. Toma de tiempos
- ANEXO 12. Análisis de los tiempos
- ANEXO 13. Tabla de suplementos
- ANEXO 14. Estadística del programa de seguridad y salud ocupacional
- ANEXO 15. Tabla de asignación de suplementos
- ANEXO 16. Tiempos de montajes
- ANEXO 17. Diagramas de Recorridos
- ANEXO 18. Diagrama de operaciones familia A-4053
- ANEXO 19. Información referencias
- ANEXO 20. Diagrama multiproducto
- ANEXO 21. Distribuciones de los tiempos en las máquinas
- ANEXO 22. Teoría SMED
- ANEXO 23. Ruta crítica del proceso de la A-4053
- ANEXO 24. Celda de manufactura
- ANEXO 25. Hoja de trabajo estandarizado
- ANEXO 26. SMED
- ANEXO 27. Montaje del troquel
- ANEXO 28. Plan de implementación de mantenimiento autónomo
- ANEXO 29. Tarjeta Kanban
- ANEXO 30. Formato metodología DMAICC
- ANEXO 31. Simulación
- ANEXO 32. Caja Heijunka
- ANEXO 33. Cantidad Defectos

RESUMEN

TITULO: PROPUESTA DE REORGANIZACIÓN DEL SISTEMA PRODUCTIVO DE PLANTA 2 DE INDUSTRIAS PARTMO S.A BAJO LOS LINEAMIENTOS DE LA LEAN MANUFACTURING.¹

AUTOR: Marcos Daniel Ortega González.²

PALABRAS CLAVES: manufactura esbelta, distribución de planta, celdas de manufactura, sistemas de producción.

DESCRIPCIÓN:

El presente proyecto busca generar alternativas para la reorganización del sistema productivo de industrias Partmo S.A, a través del uso y desarrollo de propuestas a partir de las herramientas de la filosofía lean manufacturing transformando el sistema de producción de partes flow shop a un sistema one piece flow, a través de la creación y propuestas de aplicación de celdas de manufactura, partiendo desde el análisis de cantidad-precio de las referencias, lo que permite identificar las referencias más importantes y la variedad de las mismas además de la realización de una caracterización del proceso productivo para la identificación de puntos clave de mejora, sirviendo como base para las propuestas hechas en éste proyecto, teniendo en cuenta el layout de la planta, y la capacidad de cada una de las operación y las líneas de producción de la compañía, mediante un estudio de tiempos se determina las distribuciones de los mismos, lo que permite hacer una inferencia estadística sobre los tiempos de cada uno de los centros de trabajo y facilitar la toma de tiempos, y permitiendo establecer unas celdas de manufactura las cuales son insumos para la comparación de los sistemas, finalizando con las simulación del sistema actual y de las propuestas de las celdas de manufactura creadas, y otras soluciones para fortalecer los puntos susceptibles a mejora, brindando las bases para el mejoramiento continuo de la organización.

¹ Trabajo de grado, Modalidad práctica empresarial.

² Facultad Físico-mecánica. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.
Director Edwin Alberto Garavito. Co-director: Olga Lucia Mantilla Celis.

ABSTRACT

TITLE: PROPOSAL REORGANIZATION OF THE PRODUCTION SYSTEM FOR FACTORY 2 OF THE PARTMO INDUSTRY S.A UNDER THE DRIVERS OF THE LEAN MANUFACTURING PHILOSOPHY.³

AUTHOR: Marcos Daniel Ortega González.⁴

KEYWORDS: Lean manufacturing, layout, manufacturing cells, production system.

DESCRIPTION:

The present project search generate alternatives for the reorganization of the productive system of Industries Partmo S.A, throw the use and development of proposals by the use of some tools of the lean manufacturing philosophy transforming the flow shop production system parts to one piece flow system, throw the creation and offers to apply the manufacturing cells, starting with the analysis of quantity-price of the references, which allows identify the most important references and the variety of them, In addition to a characterization of the productive process for the identification of key points to improve, serving as base for the offers done in this project, considering the layout of the manufacturing plant and the capacity of each one of the operation and the productions lines of the company by means of a study of times and the determination of the distribution of them, which allows statistical inference times each workplace and facilitate decision-times and allowing to establish a manufacturing cells which are inputs for the comparison of systems, finishing with the simulation of the current system and of the offers of the created manufacturing cells, and other solutions to strengthen the determined points to improve, giving the bases for the continuous improvement of the organization.

³ Project Degree, Practice Mode.

⁴ Faculty of Engineering Physics and Mechanics. School of Industrial and Managerial Studies. Director Edwin Alberto Garavito. Co-director Olga Lucia Mantilla Celis.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad los mercados mundiales son muy dinámicos debido a la cultura de consumo fomentada por el modelo capitalista, donde se demandan cada vez más, nuevos y mejores productos a gran velocidad, acelerándose la economía de los países, liderando dicha marcha los países desarrollados. En los países en vía de desarrollo, estos se ven enfrentados a competir con dichas potencias o a vincularse a ellas a través de alianzas estratégicas, o de otras formas como la producción de maquila o outsourcing, lo que arrastra a las empresas de estos países a estar a la vanguardia de tecnologías o filosofías que las ayuden a ser más competitivas o no caer en la obsolescencia. Para esto, las empresas buscan aplicar filosofías, modelos, entre otras estrategias para lograr dicha meta, y lograr ser competitivas ofreciendo productos de excelente calidad, al precio justo, en el tiempo justo, mediante el uso efectivo de los recursos. Es por eso industrias PARTMO S.A, en busca de ser una empresa competitiva frente a la llegada de productos de empresas de origen Asiático y Norteamericanos, se encuentra interesada en aplicar estrategias que se enfoquen en aumentar su velocidad de respuesta y nivel de cumplimiento al cliente con una calidad y precio competitivos.

En el presente proyecto se realizan propuestas en puntos clave para la mejora del sistema productivo de INDUSTRIAS PARTMO S.A estableciendo pautas para llevarlo de un sistema de producción de grandes lotes a un sistema de producción de una pieza, a través de herramientas de la filosofía de manufactura esbelta, buscando la flexibilidad de la producción además de la minimización de distancias e inventario por medio de la eliminación de mudas o desperdicios.

TABLA DE CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

Tabla 1. Cumplimiento de objetivos

OBJETIVO	NUMERALES
❖ Conocer los procesos productivos de la empresa a través de una caracterización de los mismos, haciendo uso de herramientas de análisis de procesos.	Capítulo 1 y 3
❖ Identificar las referencias y familias más importantes de la empresa, así como su demanda para la posterior realización del análisis de capacidad y realización de las propuestas de rediseño con base a éstas familias o referencias.	Numeral 4.1
❖ Determinar la capacidad utilizada e instalada de la producción de partes.	Numeral 4.2, 4.3 y capítulo 5
❖ Realizar una propuesta de reorganización del sistema productivo bajo los principios de manufactura esbelta	Numerales 6.1 y 6.2
❖ Proponer un modelo de programación de la producción bajo el nuevo sistema	Numeral 6.3
❖ Comparar el modelo actual de operación de la empresa con el modelo propuesto a través de una simulación del proceso productivo en ambos escenarios.	Numeral 5 y 7

1. FUNDAMENTOS DEL PROYECTO

1.1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En el mercado de producción de filtros, PARTMO S.A es una empresa líder a nivel nacional, sin embargo, actualmente se ve amenazada por productos que llegan de China y Estados Unidos a precios más accesibles para el cliente, por lo que se ha presentado una disminución del mercado de filtros para PARTMO S.A. Debido a esto, la empresa ha definido entre sus estrategias realizar el maquilado de productos a empresas como BOSCH y GMC, para lo cual debe mejorar sus sistemas de producción para que sean más eficientes, de tal manera que permitan cumplir al cliente como lo plantea su sistema de gestión. El proyecto que se lleva a cabo permite ofrecer a industrias PARTMO S.A propuestas para alcanzar tal fin buscando aumentar la flexibilidad y esbeltez de sus procesos, también le ofrece información actualizada de los mismos, que le permitirán continuar con su proceso de mejoramiento continuo.

El presente proyecto, de pertinencia práctica, permite ofrecer a industrias PARTMO S.A propuestas de mejora, siendo la principal de ellas un nuevo sistema de producción, con el propósito de que logren flexibilizar sus procesos, y le permita a su vez conocer información relevante acerca de los mismos para continuar con un mejoramiento continuo de la organización

Es importante resaltar que en la planta 1 reubicada en el mes de noviembre del 2011 en el parque industrial 2, recientemente se realizó un trabajo en el cual se tenía como objetivo primordial el análisis de la capacidad instalada, utilizada y proyectada, ya que se realizaron inversiones en infraestructura y nuevos equipos, con el objetivo de mejorar los procesos de producción incrementando así la capacidad de esa de la planta, mientras la planta 2 posee aún tecnología y maquinaria viejas.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente industrias PARTMO S.A se enfrenta a competidores más agresivos como lo son los productos asiáticos y americanos, y

consecuentemente a mercados más exigentes, lo cual le demanda a la empresa incrementar sus esfuerzos en mejoramiento, innovación y desarrollo, de tal manera que garanticen su liderazgo en el mercado nacional y su éxito en la incursión en mercados internacionales. Industrias PARTMO consiente de la tendencia de globalización que se presenta en el mercado de filtros y no ajeno a las políticas que se han venido desarrollando en Colombia para el libre comercio con otros países, se están desarrollando proyectos de carácter estratégico que le permitan crear y mantener una ventaja competitiva en el mercado nacional e internacional de filtros.

1.2.1. Identificación del problema

En el diagnóstico realizado en la empresa, se observó el potencial de mejora de sus procesos productivos a través de una mejor organización de los mismo, en los cuales se puede hacer una aplicación intensiva de herramientas de la manufactura esbelta que le permitan ser más eficiente, razón por la cual se decide a través del presente proyecto presentar a la empresa éstas propuestas y una comprobación de la funcionalidad de las mismas a través de la simulación de diferentes escenarios.

1.2.2. Alcance

El trabajo se lleva a cabo en el área de producción de industrias PARTMO S.A comenzando por el conocimiento general y el análisis de los pronósticos de la organización hasta la simulación del rediseño del sistema productivo y las propuestas de mejora bajo los lineamientos de manufactura esbelta, obteniendo unos resultados que permitirán establecer nuevos parámetros dentro del proceso de producción de industrias PARTMO.

1.2.3. Objetivos

1.2.3.1. Objetivo general

Proponer una reorganización del sistema productivo para la familia A-4053, bajo la teoría de la manufactura esbelta, que permita al área de producción mejorar su desempeño, considerando las restricciones del sistema.

1.2.3.2. Objetivos específicos

- ❖ Conocer los procesos productivos de la empresa a través de una caracterización de los mismos, haciendo uso de herramientas de análisis de procesos.
- ❖ Determinar la capacidad utilizada e instalada de la producción de partes.
- ❖ Identificar las referencias y familias más importantes de la empresa, así como su demanda para la posterior realización del análisis de capacidad y realización de las propuestas de rediseño con base a éstas familias o referencias.
- ❖ Realizar una propuesta de reorganización del sistema productivo bajo los principios de manufactura esbelta.
- ❖ Proponer un modelo de programación de la producción bajo el nuevo sistema.
- ❖ Comparar el modelo actual de operación de la empresa con el modelo propuesto a través de una simulación del proceso productivo en ambos escenarios.

1.3. CARACTERIZACIÓN DE LA EMPRESA

1.3.1. Reseña Histórica

Con la idea de fabricar PARTES para motores nace INDUSTRIAS PARTMO el 6 de diciembre de 1962, fabricando filtros del tipo elemento intercambiable para aceite, combustible, aire y agua en aplicaciones de motores de vehículos, maquinaria agrícola e industrial.

Desde sus inicios Industrias Partmo se posicionó como una Empresa Colombiana en Calidad, Servicio y Economía en el mercado de los filtros y filtración de los equipos diesel, principios básicos que a lo largo de su existencia, han llevado a la organización a una acertada gestión, para convertir sus productos en Filtración Positiva Partmo.

En la década de los 70 fundamentó su desarrollo en incluir nuevas líneas de producto, ampliar su portafolio de referencias y los volúmenes de producción, para todos los sectores de mercado.

Para la década de los 80 la estrategia fundamental fue su especialización en el mercado de los filtros y la filtración para toda clase de motores diesel, en automotores pesados, maquinaria agrícola, industrial y minera, motores marinos y equipos especializados de movimiento de tierras, consolidando un liderazgo que aún hoy, se mantiene en Colombia.

Iniciar un Sistema de gestión normalizado a lo largo de cada uno de los procesos administrativos, técnicos, operativos y de control unido a un proceso de planeación estratégica, fue tarea de la década de los 90, que conllevó a una reconversión tecnológica bajo un plan de inversiones, un mejoramiento de los procesos, la formulación de proyectos de expansión, procesos de mejoramiento personal y acción grupal y el mejoramiento de todas las líneas de los productos del sector liviano, mediano y pesado logrando al culminar la década convertirse en la primera Empresa de Filtros en Colombia en Volúmenes de producción y comercialización.

Éste trabajo en administración participativa, aprendizaje empresarial, planeación estratégica y normalización de sus prácticas crearon una cultura dentro de la organización que pronto dio sus frutos, y es así que en el año 2001 Industrias Partmo logra ser la primera Empresa de filtros en Colombia en certificar su Sistema de Gestión de Calidad bajo la Norma Internacional ISO 9000.

La década del 2000 ha sido y seguirá siendo el tiempo para sus productos y su mercado, sus clientes, su planeta y su gente; es el tiempo de fortalecer los procesos de modernización en las prácticas de gestión de calidad, medio ambiente, seguridad y salud ocupacional, con un pensamiento dinámico hacia nuevas prácticas administrativas, tecnológicas y de mejora continua, que ratifique a Industrias Partmo como Empresa de filtros Líder en Colombia en Calidad, y continúe evolucionando hacia un liderazgo en la protección del medio ambiente y la Seguridad y Salud Ocupacional.

Una representación de la filosofía empresarial, en éste sentido está en el premio otorgado a Industrias Partmo como la primera Empresa de Filtros en Colombia a nivel novel en producción más limpia en el año 2004 y la Primera Empresa en Mejoramiento continuo en producción más limpia en el año 2007, premio otorgado por ECOPROFIT.

En el año 2008 Industrias Partmo S.A. logra certificar sus sistema de gestión ambiental bajo los requerimientos de la norma internacional ISO 14001:2004.

Industrias Partmo S.A. continuará con el genuino compromiso de ofrecer los mejores filtros en Colombia, con el mejor servicio y los mejores precios del mercado para permanecer a la vanguardia en Filtros y Filtración, con el respaldo de un Sistema Integrado de Gestión SIG certificado bajo los más altos estándares internacionales, y un Proceso de Mejoramiento Continuo, en directa correspondencia con su proyección como Empresa exportadora, con presencia

en más de 12 países de América, y la Primera Empresa en Colombia en Protección de equipos diesel y a Gasolina⁵.

1.3.2. 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.

1.3.3. Objeto social

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.

1.3.4. Misión

La misión de la organización encierra en forma general el horizonte de la empresa incluyendo a todos y cada una de las personas que hacen cada día más sólida la organización

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

⁵ Tomado de manual de calidad industrias PARTMO

1.3.5. Visión

INDUSTRIAS **Partmo** S.A. dirigirá durante los próximos cinco años sus esfuerzos hacia el cambio de pensamiento, buscando la diversificación, integración y alianzas estratégicas en la fabricación y/o Comercialización nacional e internacional, convirtiéndonos en líderes del servicio de filtración y/o distribución de productos afines, en correspondencia con la dinamización de una cultura de mejoramiento individual y grupal de quienes la integren.

1.3.6. Estructura Organizacional

La organización se encuentra certificada en las normas ISO 9001:2008 y la ISO 14001:2004, por lo que cuenta con un mapa de procesos lo que permite observar los procesos de la organización de manera global, permitiendo comprender de una mejor forma la estructura de la organización (Gráfico 1), la estructura organizacional de los cargos y roles de la empresa trata de mantener una forma a través de los procesos definidos por la organización en el mapa de procesos (Gráfico 2).

1.3.7. Productos elaborados

En el sector metalmecánico y automotriz hay muchas empresas dedicadas a la elaboración de partes, filtros PARTMO S.A, se dedica a la elaboración de filtros para diferentes sistemas de operación, entre los filtros que la empresa fabrica se tiene filtros de aceite, combustible, aire, agua, entre otros. En la planta 2 se realizan filtros de agua, aceite y separador agua combustible, los cuales sirven para automóviles y camiones pequeños, en marcas como alfa romeo, aro carpati, asia, daewo, Chevrolet, cherry, citroen, Peugeot, Pontiac, Cadillac, buick, BMW, Audi, Beijing, chana, change, Chengdu, Chrysler, clarck, Dodge, fiat, daihatsu, Ford, GMC, great Wall, hafei, Ford, porsche, honda, hammer, hiunday, Isuzu, kia, Mazda, mercedes Benz, Mitsubishi, nissan, mercury, lincoln, Renault, jeep, sang yong, Suzuki, skoda, Toyota, subaru, seat, Pontiac, volswagen, volvo, simca entre otras.

Gráfico 1. Mapa de procesos

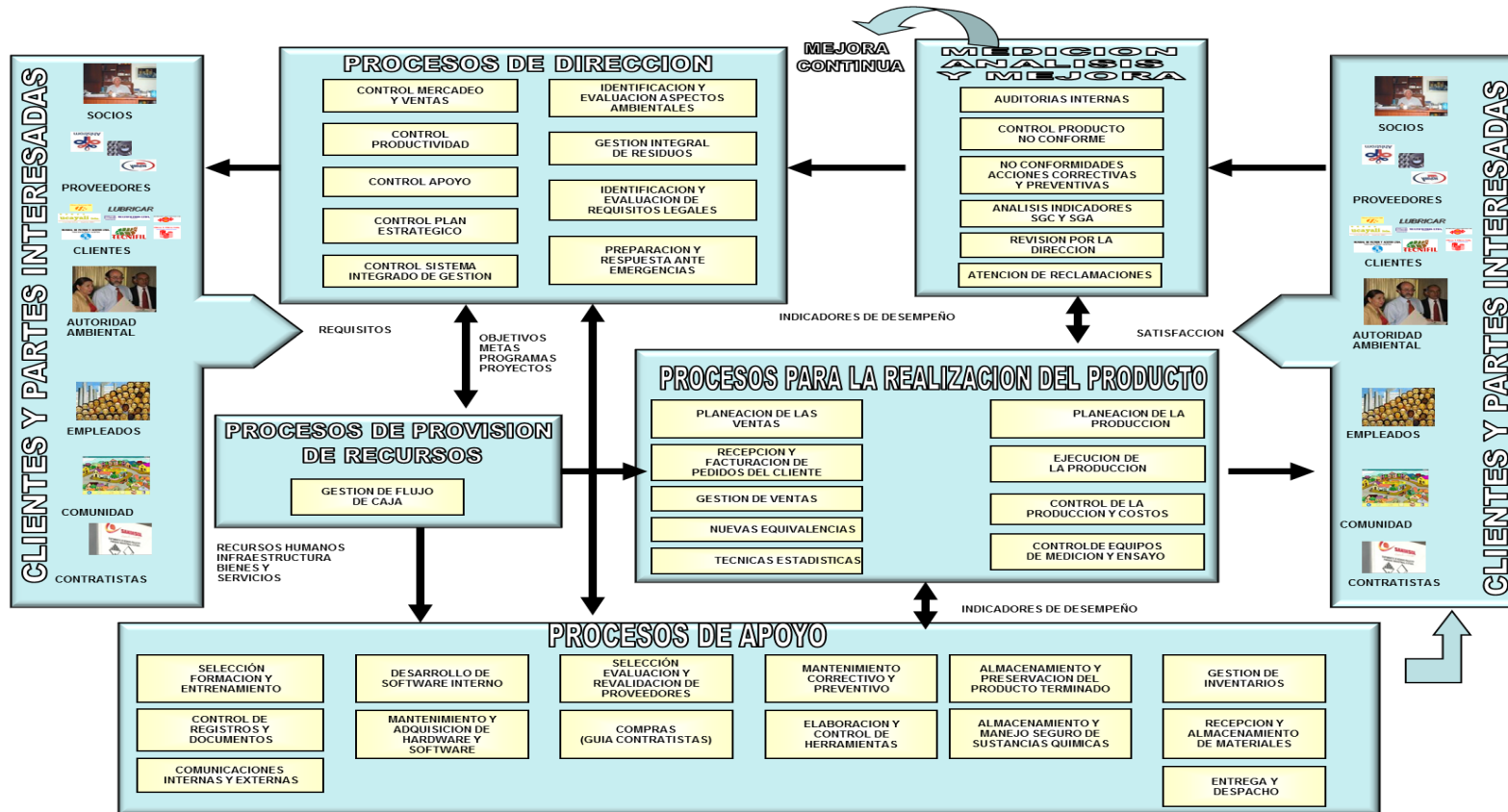
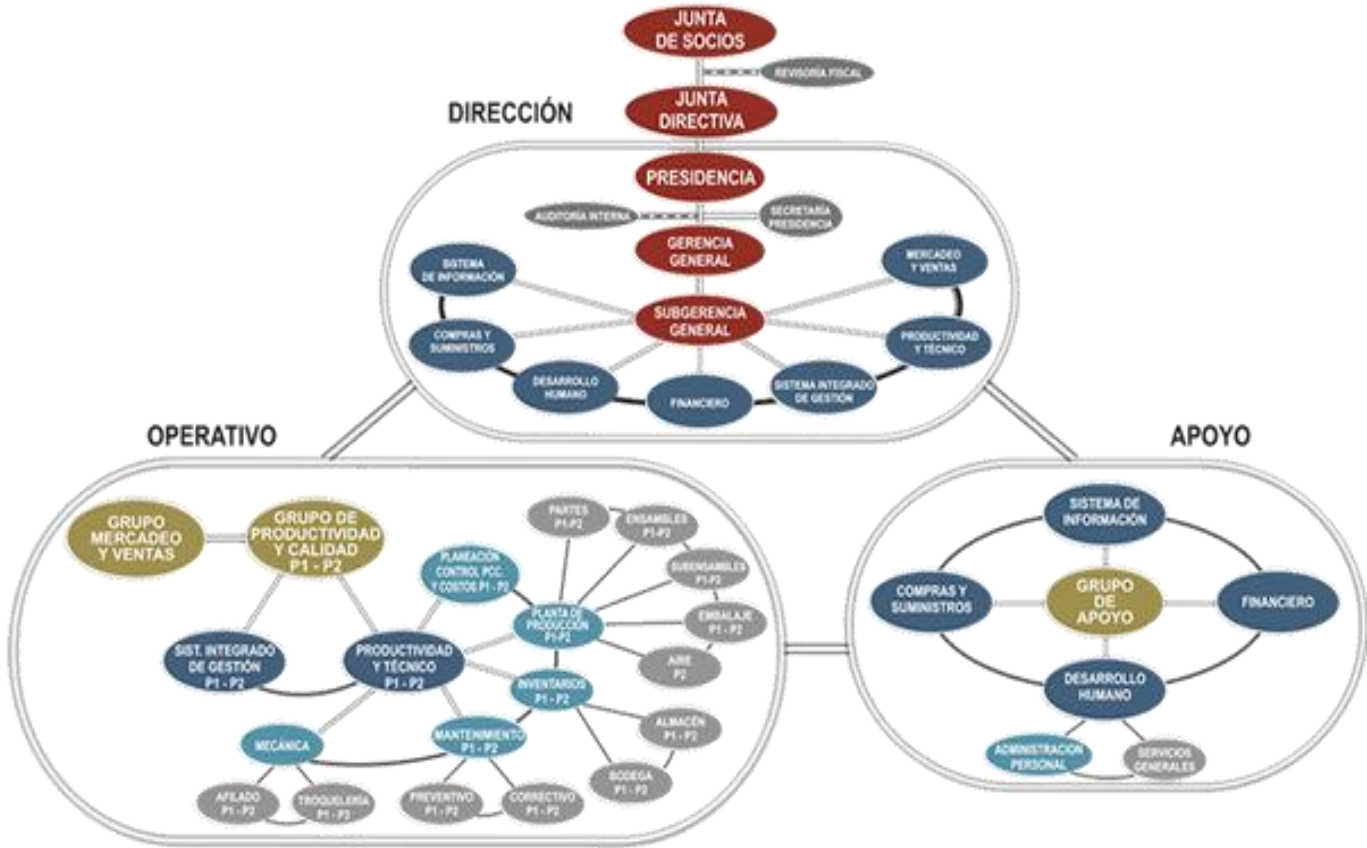


Figura 1. Mapa de Procesos. Sistema Integrado de Gestión. SIG. Industrias Partmo S.A.

Fuente: Industrias Partmo S.A

Gráfico 2. Organigrama de la empresa



Fuente: Industrias Partmo S.A

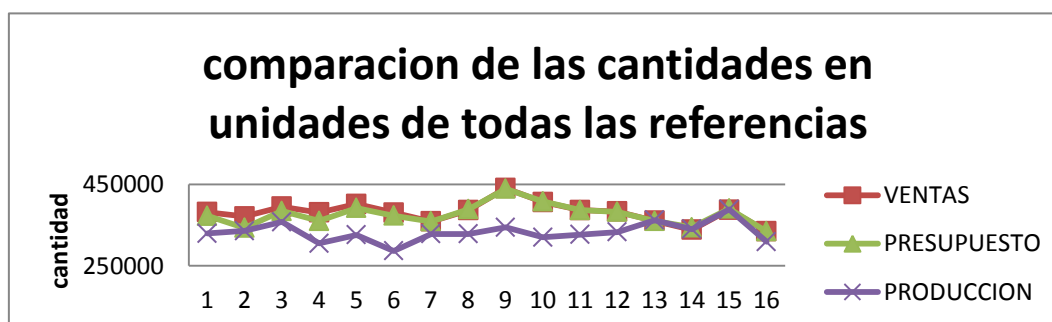
1.3.8. Mercados atendidos

Filtros Partmo es una empresa proveedora del sector automotriz y vende sus filtros a distribuidoras tanto nacionales como internacionales. Las distribuidoras a nivel nacional se encuentran en Cúcuta, Bucaramanga, Cartagena, Santa marta, Barranquilla, Valledupar, Bogotá, Saravena, Medellín, Cali, Pereira, Manizales, Tolima y Ocaña, y a nivel internacional las distribuidoras se encuentran en Venezuela, Ecuador, Chile, Honduras, Costa rica, República dominicana, Puerto rico, El Salvador, USA; actualmente la empresa está en proceso de certificación para realizar maquila de filtros a GMC y BOSCH.

1.3.9. Unidades presupuestadas, capacidad de producción y ventas

En filtros PARTMO S.A, la producción mensual se realiza con base en las proyecciones de mercadeo. Durante el periodo de 16 meses comprendidos entre el mes de abril se ha tenido una producción de aproximadamente 6.000.000 de filtros con un promedio mensual de 376.114 filtros, el departamento de producción en la planta 2 ha tenido producciones entre los 290.000 y 390.000 filtros aproximadamente, teniendo en cuenta todas sus referencias. En la gráfica 1 se muestra la cantidad de filtros producidos vs. La cantidad presupuestada para el mes correspondiente, que permite evidenciar un desfase en general en cuanto a las solicitudes por parte del departamento de mercadeo, ya que la empresa vende sobre pedidos y lo que no se entregue en un determinado periodo se deberá producir en el siguiente, en caso de que se mantenga la solicitud en pie. Con esto se deduce que la planta 2 está dejando pedidos insatisfechos, lo que es un problema para la empresa.

Gráfico 3. Filtros producidos vs filtros presupuestados enero 2011-abril 2012



Fuente: Industrias PARTMO S.A

En la planta 2 de industrias PARTMO las referencias se tienen agrupadas en 2 líneas: la línea de sellado y la línea de malla; la línea de malla no tiene una agrupación por tecnologías mientras la línea de sellado está conformada por 12 familias que son:

- A-1
- A-11
- A-111
- A-111M
- A-1402
- A-243004
- A-291
- A-323
- A-4053
- A-5368
- C.A.V

1.3.10. Proyección de ventas de las familias

Se realizaron pronósticos de las referencias considerando los datos históricos de las ventas totales de 16 periodos (desde noviembre de 2010 hasta marzo de 2012), por líneas (anexo 2) y familias (tabla 2), para obtener los pronósticos de los meses de abril hasta septiembre de 2012. La forma en que se realizaron dichos pronósticos fue mediante la asignación de un modelo matemático, ya fuera logarítmico, exponencial, lineal, polinómico, o potencial, seleccionando el modelo que mejor se ajustara a los datos, es decir que presentara un valor de r de correlación entre los datos de la regresión r por encima de 0,5.

Tabla 2. Pronóstico en unidades por familias para 5 periodos

familias	función	meses				
		17	18	19	20	21
A-1	media móvil 2 periodos	64576	63861	64218	64040	64129
	expo	57696	59691	61756	63891	66101
	lineal	69752	71971	74191	76411	78631
	poli	69353	71452	73538	75611	77671
	media móvil 6 periodos	61164	61350	59423	61602	61821
	promedio	64508	65665	66625	68311	69671
A-11	media móvil 2 periodos	7102	9223	8163	8693	8428
	media móvil 6 periodos	7488	7462	6916	6775	7141

	promedio	7295	8343	7539	7734	7784
A-111	media móvil 2 periodos	101936	90892	96414	93653	95034
	media móvil 6 periodos	99450	98958	101995	102521	101133
	promedio	100693	94925	99204	98087	98083
A-111M	media móvil 2 periodos	1200	900	1050	975	1013
	media móvil 6 periodos	3135	2926	2198	2315	2162
	promedio	2168	1913	1624	1645	1587
A-1402	media móvil 2 periodos	12452	8226	10339	9283	9811
	media móvil 6 periodos	12293	13741	15432	14430	13467
	logarítmica	8537	7343	6215	5144	4126
	polinómica	12762	14494	16807	19701	23176
	promedio	11511	10951	12198	12139	12645
A-243004	media móvil 2 periodos	8600	10900	9750	10325	10038
	media móvil 6 periodos	11027	10688	9889	9661	9744
	promedio	9813	10794	9820	9993	9891
A-291	media móvil 2 periodos	5000	5000	5000	5000	5000
	media móvil 6 periodos	4043	4033	3689	4053	4303
	promedio	4521	4517	4344	4527	4651
A-323	media móvil 2 periodos	57862	51331	54597	52964	53780
	media móvil 6 periodos	62482	61277	59737	58181	59567
	polinómica	49352	44736	39784	34497	28874
	promedio	84848	78672	77059	72821	71111
A-4053	media móvil 2 periodos	65700	71450	68575	70013	69294
	media móvil 6 periodos	62163	62071	59389	60834	62643
	promedio	63932	66760	63982	65423	65968
A-5368	media móvil 2 periodos	3650	3575	3613	3594	3603
	media móvil 6 periodos	2817	2653	2378	2525	2312
	promedio	3233	3114	2995	3059	2958
C.A.V	media móvil 2 periodos	8420	9390	8905	9148	9026

	exponencial	16177	17408	18733	20158	21693
	polinómica	11654	11051	10308	9427	8406
	potencial	13473	13848	14213	14568	14914
	media móvil 6 periodos	14043	13564	12908	12059	11569
malla	promedio	12753	13052	13013	13072	13121
	media móvil 2 periodos	16380	16170	16275	16223	16249
	media móvil 6 periodos	13726	14543	14029	14273	14889

Fuente: Industrias PARTMO S.A

La proyección de las ventas permite predecir el comportamiento de la demanda de las familias, lo que será útil para la programación de la producción para los siguientes meses, y determinar la utilización y los recursos necesarios de la planta y saber si se puede o no cumplir con la demanda con los recursos que actualmente se cuenta o si es necesario aumentarlos.

1.4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

1.4.1. Descripción de los procesos productivos.

En industrias PARTMO S.A el proceso de producción es una mezcla de automatización con trabajos manuales, al igual que la combinación de sistemas de producción. Para la realización de los filtros se describirán a continuación los procesos que se realizan, y en los anexos 3 y 4 se presentan los diagramas de los mismos.

Troquelado: los procesos de troquelado se realizan por medio del corte o moldeo de las piezas o partes (tapa superior, tapa inferior, porta válvula, cambrión). Es un proceso fundamental en filtros Partmo ya que es el proceso que predomina en la organización, y para su programación, dependiendo del tonelaje de la máquina se le asigna la parte que se debe producir, aunque en general las máquinas pueden realizar cualquier parte del filtro. En el troquelado según la etapa en la que se encuentre el filtro tiene un nombre para identificar la operación, estas operaciones son:

- Corte punzonado: El corte punzonado es un troquelado que se realiza a la tapa inferior y al disco del filtro; ésta operación realiza el corte de la

pieza pero a la vez realiza un agujero concéntrico que dependerá de la referencia del filtro que se esté realizando.

- Avellanado: es un desbaste que se le realiza en el área punzonado del disco, para poder realizar posteriormente roscado de la parte.
- Embutido: ésta operación se realiza al disco, y en éste proceso no se realiza ningún corte, ni desbaste, sino un hundimiento al filtro.

Plisado: es el proceso donde el papel filtrante se dobla de manera que queda como un “acordeón”, las Plisadoras poseen unos rollos y carretes que a medida que pasa el papel se le van realizando cortes, para obtener los tamaños deseados del papel filtrante que irá en el filtro.

Prensado: el formado del filtro se lleva a cabo en las prensas, mediante el estiramiento de la lámina o del disco tarro el cual ya viene de un proceso anterior; dicho estiramiento se puede realizar entre 1 y 3 pasos dependiendo de la altura del filtro, el calibre y la calidad de la lámina, ya que a través del embutido se debe estirar gradualmente hasta obtener la altura especificada del tarro. En las prensas las operaciones que se realizan son embutido y pestañeo (tabla 3).

Tabla 3. Número de pasos en las prensas

MÁQUINA	N° DE PASOS DE EMBUTIDO	PESTAÑEO
TR-21	1	NO
PH-02	2	SI
PH-05	2	SI
PH-06	2	SI
PH-07	1	NO
PH-08	0	SI
PH-09	0	SI
PH-11	2	SI
PH-12	2	SI
PH-15	1	NO

Fuente: Industrias PARTMO S.A

La prensa PH-08 Y PH-09 no realiza embutido del tarro, sólo realizan operaciones de pestañeo, mientras que la PH-05 y PH-06 si lo hacen. Las prensas PH-11 y PH-12 están acomodadas para realizar filtros que necesiten

tres embutidos, es decir para los tarros más altos que se tengan en producción. Estas características dimensionales se encuentran en la tabla 4.

Tabla 4. Límites de alturas de las referencias en el área de prensas

	tarro más alto			tarro más bajo		
máquina	FAMILIA	referencia	altura (mm)	FAMILIA	referencia	altura (mm)
PH-02	A-1	A-1	126	A-1	AR-12/18	
PH-05		A-1	126	A-111	A-3603	48
PH-06	A-4053	A-4051	100	A-111	A-3604	
PH-07	A-1	A-1	126			
PH-08	CUALQUIER REFERENCIA					
PH-09						
PH-11 Y PH-12	A-5368	A-5368	172,5	A-243004	A-4041	66

Fuente: Industrias PARTMO S.A

Subensamble: en el proceso de subensamble ocurre el armado del elemento del filtro, llegando las partes como las tapas tanto superior como inferior, el papel plisado y el tubo central, que son las partes conforman el elemento. Al tenerse armado el filtro éste pasa a través de un horno para realizar el curado del papel y del pegante; en el horno dura aproximadamente 15 minutos, donde luego sale y es almacenado para pasarlos a la línea de ensamble del filtro.

Ensamble: en el ensamble se realiza el armado del filtro al igual que las operaciones de pintura del filtro, el curado de la pintura en el horno, el enfriamiento en la banda transportadora, y la prueba del filtro para determinar si puede soportar presiones de hasta 80 bar; luego continua con su recorrido para que sea limpiado y le pongan los empaques respectivos de la referencia que se esté produciendo, continuando con el marcado del logo y otras especificaciones. Finalmente, pasa por un horno paletizador el cual realiza el curado del screen del filtro y si es necesario se le pone un sello de garantía, si no, pasa directamente a embolsado, luego se agrupan dependiendo de la cantidad especificada para ser embalados.

Cuando se arma el filtro las partes que llegan es el tarro, que viene del área de prensas, el disco aro, el elemento y en algunos casos cambrión o resorte, además del tipo de empaque de antidrenaje que se necesite en el filtro.

1.4.2. montajes

En los procesos productivos de industrias PARTMO se realizan actividades de preparación y/montaje (Alistamiento y/o preparación de) y cambio de materias primas y materiales en los diferentes centros de trabajo. Dentro del proceso productivo cabe resaltar que los tiempos de preparación más importantes se realizan en los centros de trabajo de plisado, troquelado y prensas.

- **Plisadoras:**

Alistamiento y/o preparación de materiales: mientras se realizan actividades productivas durante el plisado del papel se realizan montajes debido a: un cambio de familia la cual requiere otro tipo de papel, o debido a que el papel que estaba siendo utilizado se ha acabado. En la preparación de las Plisadoras interviene desde el montaje del rollo, hasta la puesta de las pesas sobre el papel para que le dé su forma característica de acordeón.

Alistamiento y/o preparación de herramientas: en el proceso de plisado de papel se realiza un alistamiento o acomodación de herramientas cuando se realiza un cambio de familia; en éste Alistamiento y/o preparación se ajustan los carretes de las cuchillas y depende del tamaño del rollo y la altura del papel filtrante, ya que si la altura es muy poca se deberá realizar la acomodación de un número de cuchillas y si el papel es de mayor altura será menor la cantidad de cuchillas a acomodar.

- **Troqueladoras:**

En los centros de trabajo de troqueladoras se tiene que las troqueladoras tr-03, tr-05, tr-15, tr-17, tr-13, tr-26, tr-16 que tienen alimentadores automáticos, y las otras troqueladoras carecen del alimentador ya que en el proceso no es necesario. Por lo tanto, para las troqueladoras que tengan alimentador se tiene en cuenta el Alistamiento y/o preparación de de materiales ya que las otras ya tienen cargado en sus tiempos dicho elemento por búsqueda de materiales.

Alistamiento y/o preparación de materiales: en el proceso de troquelado el material es acomodado en unos alimentadores automáticos, el material es traído por un montacargas desde el almacén y éste montacargas coloca el

material en el alimentador, que luego es ajustado por un operario de mantenimiento o el mismo operador de la troqueladora. Se realizan montajes por cambio de familia y se necesita otro tipo de lámina, también se hace Alistamiento y/o preparación de cuando la lámina que estaba siendo utilizada se acaba. Se realizó una toma de tiempos a ésta actividad, encontrándose que en éste Alistamiento y/o preparación de intervienen actividades desde el montaje del rollo de hojalata hasta que los inspectores de calidad dan el visto bueno y se aprueba por el jefe de planta, para que el operario ponga en operación la máquina y empiece la producción de la parte que se esté produciendo.

Alistamiento y/o preparación de herramientas: en el proceso de troquelado se realiza un alistamiento o cambio de troqueles cuando se realiza un cambio de referencia, en éste Alistamiento y/o preparación del ciclo de alistamiento va desde que se realiza la solicitud de cambio hasta que se le da el visto bueno a la parte que va a ser producida.

- **Prensas:**

Alistamiento y/o preparación de materiales: en las prensas, el centro de trabajo que tienen un alistamiento significativo son la troqueladora tr-21 y las prensas PH-15 y PH-03, ya que tienen alimentadores automáticos y se les realiza al igual que en las troqueladoras la acomodación del rollo en el alimentador. En las otras prensas ya se contempla el alistamiento de materiales dentro del tiempo de ciclo de la operación ya que hace parte de su actividad y son alistamiento de partes.

Alistamiento y/o preparación de herramientas: en el proceso de prensas, se realiza un alistamiento o cambio de troqueles cuando se realiza un cambio de familias, un cambio y ajuste de camisas y de la profundidad cuando es cambio de referencia; El ciclo de alistamiento va desde que se realiza la solicitud de cambio hasta que se le da el visto bueno a la parte que va a ser producida.

Para las otras partes se tiene en cuenta los tiempos de alistamiento dentro de los tiempos de ciclo.

1.5. DISTRIBUCIÓN DE MÁQUINAS

En industrias Partmo la distribución de las máquinas para la producción es una distribución mixta, la cual combina la *producción por procesos* donde las máquinas están acomodadas para sacar ciertas partes específicas como lo es el elemento, el aro disco y el tarro; las cuales llegarán a una *línea de ensamble*, donde se realizan las operaciones finales del ciclo productivo, como la pintura, probado y embalaje, como se puede observar en el Anexo 5.

1.5.1. Máquinas

PARTMO S.A cuenta con 68 máquinas de la cuales 63 (tabla 5) se encuentran en uso; Entre éstas máquinas están las troqueladoras, prensas, roscadoras, probadores, empacadoras, dosificadores, y cerradoras, además de contar con 4 hornos por donde pasan los filtros en los cuales se hace el curado ya sea de pintura o de pegante.

Con respecto a la distribución espacial de las máquinas dentro de la empresa se mantienen en tres líneas, la de sellado que es la más importante y donde están la mayor cantidad de máquinas; la de mallas y la línea alterna, las cuales son abastecidas por las otras máquinas que están en las áreas de troquelado y prensas, donde están las operaciones de troquelar tapa, soldar tapa válvula, plisado de papel y ensamble de elemento; en el proceso de formado de tarro están las operaciones de cortar disco tarro, embutir tarro paso 1, embutir tarro paso 2, pestañar tarro y soldar tarro tuerca.

Tabla 5. Inventario y Relación de las partes con las máquinas, operación que realizan y líneas

parte	proceso	operación	máquina	línea
tapas	troquelado	troquelar	tr-17	sellado
			tr-03	
			tr-13	
			tr-07	malla
			tr-22	
			tr-08	
porta válvula			tr-15	sellado
tapa válvula	soldadura	soldar	so-10	
			so-04	
tubo central	formar tubo central	formar	ft-01	

		punzonar	punzonadora 1	
		enroscar	enroscadora	
		soldar	so-02	
		punzonar	punzonadora 2	
		enroscar	so-06	mallas
		soldar	so-10	
papel filtrante	plisado del papel	plisar	pl-03	sellado
			pl-08	
			pl-01	
			pl-04	
			pl-04	mallas
elemento	Sub ensamble	dosificar	dosificador 1	sellado
			dosificador 2	
			dosificador 3	mallas
			dosificador 4	
		curar pegante	horno ho-01	sellado
			horno ho-03	mallas
tarro	cortar disco tarro	cortar	ph-03	
	embutir y formar	corte embutido	tr-21	
		embutir y pestañar	ph-02	
			ph-05	
		embutir	ph-06	
	embutir y pestañar	ph-07		
		ph-11		
	pestañar tarro	pestañar	ph-12	
pestañar		ph-08		
			ph-09	
disco punzonado	formar aro disco	corte punzonar	tr-16	sellado
			tr-25	
disco avellanado		avellanar	tr-08	
			tr-19	
disco embutido		embutir	tr-12	
			tr-10	
disco roscado		roscar	ro-01	
			ro-03	
			ro-04	
			ro-05	
aro paso 1	troquelar	tr-01		
		tr-04		
aro paso 2		tr-14		
		tr-02		
aro disco	soldar	so-06		
		so-05		
		dosificar	dosificador automático 1	sellado

filtro	ensamble y cerrado del filtro		dosificador automático 2	alterna
		cerrar	c-03	sellado
			c-04	
			c-05	alterna
			c-02	
c.a				
filtro pintado	pintura y curado	pintar	cabina de pintura 1	sellado
			cabina de pintura 2	alterna
filtro curado		curar pintura	ho-2	sellado
			ho-04	alterna
filtro probado		probar	pr-01	sellado
			pr-02	
			pr-03	
			pr-04	alterna
filtro marcado	marcar filtro	scr-01	sellado	
		scr-02	alterna	
		hop-01	sellado	
	curar marcado de filtro	hop-02	alterna	
filtro embolsado	embolsar filtro	embolsadora	sellado	
		embolsadora 1	alterna	
		embolsadora 2		
filtros embolsados	empacar	embolsadora 3	sellado	
	pesar	bascula		
caja de filtros	cerrar	cerradora caja		
	marcar	laser jet		

Fuente: Industrias PARTMO S.A

Durante el mes de julio se realizaron observaciones (ver anexo 6) para las máquinas ubicadas por líneas, de las cuales se observa que la línea de ensamble es la que muestra más tiempo no operativo, mientras que algunas máquinas en las operaciones anteriores se observan con ocupación total.

En la planta 2 de filtros Partmo no se lleva un registro o historial de las máquinas que muestre las especificaciones de ingeniería de las máquinas, ni los planos y/o manuales de éstas. Para el uso de las máquinas deberían programarse siempre de acuerdo a sus características y las de la parte que se va a producir, por ejemplo, para producir una tapa se necesitan 5 toneladas-

fuerza y entre las máquinas troqueladoras que se tienen hay de 30, 25 y 12 toneladas, muy por encima de lo requerido; mientras que la troqueladora 22 sí se acomoda a los requerimientos de tonelaje para sacar tapas. El análisis de máquinas y la parte que conviene que produzcan se encuentran en la tabla 6.

Tabla 6. Inventario de las máquinas troqueladoras y la parte asignada

Tonelaje (toneladas fuerza)	máquina	parte que produce
10	tr-15	porta válvula
100	tr-25	disco punzonado
12	tr-08	disco avellanado
	tr-18	tapa
125	tr-16	disco punzonado
15	tr-05	cambrión
160	tr-21	tarro
20	tr-02	disco aro
	tr-19	disco avellanado
25	tr-17	tapa
30	tr-03	tapa
	tr-13	tapa
40	tr-01	pestaño aro
5	tr-14	pestaño aro
	tr-22	tapa
	tr-07	tapa
50	tr-04	pestaño aro
60	tr-10	disco embutido
75	tr-11	tuerca hexagonal
80	tr-12	disco embutido

Fuente: Industrias PARTMO S.A

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. MARCO TEORICO

2.1.1. Sistemas de producción

Se puede considerar a un sistema de producción como la armazón o esqueleto de las actividades dentro del cual puede ocurrir la creación del valor. En un extremo del sistema se encuentran los insumos o entradas. En el otro están los productos o salidas. Conectando las entradas y las salidas existe una serie de operaciones o procesos, almacenamientos e inspecciones.⁶

Aun cuando los sistemas de producción varían con las diferentes industrias y empresas, puede aplicarse el concepto de un sistema de producción a cualquier actividad cuyos resultados sean productos o servicios. Por tanto, en el estudio de la producción, el sistema de producción es un punto de focal cuyo estudio es muy importante, puesto que es aplicable a cualquier situación de producción.

La producción es el acto intencional de producir algo útil. El significado de la palabra utilidad está sujeto a la opinión personal. La definición de producción se modifica incluyendo el concepto de sistema al decir que un sistema de producción es el proceso de diseño mediante el cual los elementos son transformados en productos útiles.⁷

Un proceso es un procedimiento organizado para lograr la conversión de insumos en productos. Una unidad de producto requiere normalmente varios tipos de insumos. En un proceso industrial, éstos representan la mayor parte del costo variable de producción.

Conociendo las características de las líneas, es necesario conocer los tipos de sistemas de producción más comunes para compararlos con dichas

⁶ HOPEMAN, Richard J. Administración de producción y operaciones. Compañía Editorial Continental, 1986.

⁷ RIGGS, James L. Sistemas de producción: Planeación, análisis y control. Tercera edición México, 1998.

Características mencionadas anteriormente y obtener un diseño óptimo del sistema de producción implantado.⁸

Los sistemas de producción son el ordenamiento de los recursos necesarios para lograr un propósito. Son el proceso de diseños por medio de los cuales los elementos se transforman en productos útiles. Puede incluir cualquier cantidad de recursos humanos y/o físicos o existir en los negocios, el gobierno, la industria, igual que en el hogar y en el ocio. Está caracterizado por la secuencia de insumos, conversión y resultados.

Aumentar la productividad y desarrollar la eficacia del ser humano son las razones u objetivos del diseño de los sistemas de producción. Elevar la productividad implica varias ideas. Una de las más importantes abarca el concepto general de aumentar las ganancias y/o reducir los costos. Éste es, por cierto, un objetivo típico de toda unidad organizacional.

Ventajas al Diseñar los Sistemas de Producción: El diseño de sistemas de producción es algo esencial en la empresa ya que maneja todos sus departamentos, llevando un control de costos, de inventarios, de la producción, de procesos y de calidad.

El diseño de sistemas de producción le da a la empresa la habilidad de entrar al mercado junto con otras compañías, y los proveedores y clientes pueden ejercer una presión sobre los costos de los competidores. Las características de cada tipo de producción implican medios de planificación, de diseño y de control apropiado. El sistema deseado representa un esquema o arreglo de componentes y recursos que permitirán lograr los propósitos una vez que aquél funcione.

2.1.2. Tipos de sistemas de producción

Diferentes sistemas de producción son usados de acuerdo a varias etapas del ciclo de vida del producto. Hoy en día, los ciclos de vida de los productos cortos y con alta demanda dificultan el mover la producción hacia un flujo en línea y por lotes, ocasionando la insatisfacción del cliente junto con la elevación de los niveles del costo de la calidad.

⁸ NADLER, Gerald. Diseño Sistema De Producción. Editorial el ateneo. Buenos Aires (1971).

Askin y Standridge⁹ sugieren que para escoger entre los sistemas de producción por lotes, "job shop", por línea o en "U", depende de dos aspectos:

- Número de productos
- Volumen de producción

Además de lo anterior, se recomienda dibujar un diagrama de Pareto del volumen de producción anual para cada producto; determinando así, si el sistema de producción de una pieza debe usarse. Si el 40% de los productos seleccionados equivale al 60% del total de la producción, entonces se debe utilizar éste sistema. Algunos de los tipos de sistemas de producción más comunes son:

2.1.2.1. Sistema de Producción Intermitente

La producción por pedido es la base del sistema de producción intermitente. Aunque la planificación detallada tiene como finalidad establecer las cantidades que deberán fabricarse por periodo para cada producto, éste procedimiento no es suficiente en el caso de un sistema de producción intermitente porque cada pedido tiene su propia secuencia de producción, su tiempo de ejecución, su cantidad a producir y sus demoras de entrega.

2.1.2.2. Sistema de Producción por Unidad

El re-arreglo físico de una división de una fábrica, la instalación de nuevos equipos y el mantenimiento de un sistema complejo de producción, son algunos ejemplos del sistema de producción por unidad.

El sistema de producción por unidad requiere, en su etapa planificación, un análisis de cada operación, un estudio de la interdependencia de las operaciones, así como la previsión de las fechas de inicio y término de cada actividad y evaluación de las demoras tolerables.

Es importante que se cuente además con la determinación de las operaciones cuyas fechas de realización son críticas; es decir, para las cuales no es posible retardo alguno si se quiere entregar el producto dentro de ciertas demoras.

⁹ASKIN, Ronald G y STANDRIDGE, Charles R. Modelado y análisis de los sistemas de fabricación. Michigan.1993.

2.1.2.3. Sistema de Producción en Celdas

La manufactura celular es un alineamiento de máquinas en la secuencia correcta de proceso, donde los operadores permanecen dentro de las celdas y los materiales les son presentados desde afuera.

El proceso se lleva a cabo con una visión de los procesos de manufactura en la cual el equipo y las estaciones de trabajo, son combinados para facilitar la producción de pequeños lotes y mantener flujos de producción continuos. Todas las operaciones necesarias para producir un componente o el sub-ensamblaje de partes son realizadas cerca para permitir la retroalimentación entre operadores ante problemas de calidad u otros.

Para que se lleve a cabo la manufactura celular, es necesario que los tiempos de montaje o preparación de las unidades sean bajos, que el producto esté agrupado por familias y que se fabrique suficiente volumen de producción. Es importante además que se les haya dado a los operadores un entrenamiento funcional para que se tenga la habilidad de dar solución rápida a los problemas.

Para el diseño de una celda de manufactura, es importante balancear la celda definiendo el tiempo de ciclo general del sistema para equilibrar la velocidad de producción con la del consumo, así como definir la demanda del producto final y establecer la razón de producción global del sistema para cada producto final.

2.1.2.4. Sistema de Producción por Línea

El sistema de producción por línea es cuando la maquinaria se coloca de acuerdo a una secuencia de las operaciones requeridas por piezas; además, la maquinaria debe tener ciclos de producción generalmente largos, secuencia de carga planeada y un control de inventarios satisfactorio.

2.1.2.5. Sistemas Jalar

Los sistemas jalar tienen un componente técnico y un concepto administrativo. El objetivo es proporcionar una técnica de control sencilla que reduzca el tiempo de entrega y el trabajo en proceso. La palabra japonesa "kanban", cuyo significado es tarjeta, es la herramienta original que se usa para lograr estos objetivos.

2.1.2.6. Líneas en "U"

Una línea de producción en forma de "U" es un tipo de fabricación celular usado en sistemas de producción justo a tiempo (JIT).

En éste tipo de producción, se acomodan las máquinas alrededor de una línea en forma de "U" en el orden en el cual se realizan las operaciones de producción. Los operadores trabajan dentro de la línea en "U". Se busca que el trabajo de las máquinas sea independiente de los operadores tanto como sea posible, mientras que las hojas de método de la operación deben especificar exactamente cómo se hace todo el trabajo.

Las líneas en "U" se reequilibran periódicamente cuando los requisitos de la producción cambian. Éstas satisfacen el principio de la fabricación del flujo; lo anterior requiere que los operadores sean multifuncionales para operar varias máquinas o procesos.

En las líneas en "U", las máquinas diferentes pero secuencialmente relacionadas, se agrupan en celdas para resolver las necesidades del proceso de una familia de productos.

En JIT, cada célula ayuda al movimiento de empleados, sitios de trabajo, o ambos, en una configuración en forma de "U" que aumenta la interacción entre los empleados.

2.1.3. "Lean manufacturing".

Es una filosofía de gestión la cual muchos autores la muestran como algo nuevo, pero la realidad es que es un conjunto de herramientas técnicas desarrolladas por la compañía Toyota a partir de la década de los 50's, las cuales sirven para mejorar y optimizar los procesos operativos de cualquier compañía industrial, independiente de su tamaño. La totalidad de esas técnicas estaban incluidas en lo que se conoció como justo a tiempo, donde destacan autores como Shingyo Shingo y Edward Hay¹⁰.

¹⁰Tomado de: http://www.grupokaizen.com/mck/Que_es_el_Lean_Manufacturing.pdf

2.1.3.1. Principios de la filosofía “Lean Manufacturing”.

El pensamiento esbelto inicia con el cliente y la definición de valor. Para ser realmente esbeltos. Es necesario enlazar aquellos elementos de la cadena de suministros en lo que se necesita asegurar el flujo del valor.

Womack define cinco principios base del pensamiento esbelto, los cuales son¹¹:

- ❖ definir valor
- ❖ Identificar la cadena de valor
- ❖ Hacer que el valor creado se mantenga en el flujo
- ❖ Sistema de producción “pull”
- ❖ Buscar la perfección

2.1.3.2. Herramientas “lean manufacturing”.

Algunas técnicas de la filosofía de Lean Manufacturing (tabla 7) son el VSM (value Stream Mapping), 5S's, TPM, Kanban, Jidoka y SMED., son herramientas muy importantes ya que en la filosofía Lean contribuyen a un mejoramiento de los procesos facilitando por ésta parte su implementación.

Tabla 7. Técnicas y herramientas de la filosofía Lean Manufacturing.

Flujo	Flujo sincronizado. El propósito es que el valor fluya a través del proceso . El flujo del valor debe iniciar desde el momento en que llega el pedido del cliente y debe mantenerse hasta que éste recibe el producto.
Heijunka	Creación de un programa nivelado que permita nivelar la producción con la demanda del cliente. Para esto, se hace uso de la variación del volumen de producción y determinación de la óptima mezcla de productos, tomando como base de programación el <i>takt time</i> .
Hoshin Kanri	Herramienta estratégica para la toma de decisiones, que enfoca los recursos en las mejoras que verdaderamente contribuyen al cumplimiento de los objetivos de la empresa.

¹¹ Introducción a la manufactura esbelta, Mantilla. Olga Lucia, 2012, pg. 9-11

	Permite unificar y alinear los recursos y establecer indicadores claros que midan el progreso de los objetivos.
Justo a Tiempo (JIT)	Es una filosofía que se basa en entregar al cliente interno o externo lo que requiere, cuando lo requiere y en las cantidades exactas . Los elementos clave del JIT son: el flujo tipo jalar, celdas de manufactura, SMED, kanban, TPM y trabajo estandarizado.
Kaikaku	Mejora radical para eliminar el desperdicio.
Kaizen	Mejora incremental o continua para crear más valor y eliminar el desperdicio.
Jidoka	Sistemas automatizados de prueba y error en un proceso con el fin de prevenir un defecto.
Mapeo del flujo de valor (VSM)	Identificación de la secuencia de actividades, de forma específica, que ocurren a lo largo del flujo de valor.
5 S's	Consiste en cinco actividades que se utilizan para crear un mejor ambiente de trabajo, y que a su vez facilitan el control visual de la empresa.
Flujo de una pieza	También conocido como flujo continuo. Consiste en el sistema de mover pieza por pieza (o lotes pequeños) a través del sistema productivo.

Fuente: Introducción a la manufactura esbelta, Mantilla. Olga Lucia, 2012

De acuerdo a la filosofía del pensamiento esbelto, la técnica principal para crear valor es eliminando las actividades que no agregan valor llamadas desperdicios o mudas. Estos desperdicios se han catalogado como 7 y se definen en la tabla 8.

Tabla 8. Los siete desperdicios según el pensamiento esbelto

desperdicio	definición
Sobreproducción	Fabricar lo innecesario, en cantidad innecesaria cuando no se requiere.

Tiempo de espera	Son tiempos ociosos donde la máquina o el personal espera material o sub ensamble del proceso anterior.
Transporte	Tomar, colocar, mover, amontonar, contar para después volver a mover.
Inventarios	Es consecuencia principalmente de fabricar o comprar demasiada para almacenar.
Sobre procesamiento	Operaciones que realizan porque el proceso está mal diseñado y por lo tanto no agregan valor.
movimiento	Movimientos innecesarios que no generan ningún valor y desgastan recursos.
defectos	Producción de artículos defectuosos

Fuente: Introducción a la manufactura esbelta, Mantilla. Olga Lucia, 2012

De igual forma, entre otras herramientas de análisis de desperdicio en ingeniería se encuentra la conocida como 5MQS (por sus siglas en inglés), que asocia los desperdicios de acuerdo a su fuente así:

- Material
- Mano de obra
- Método
- Maquinaria
- Dirección
- Calidad
- Seguridad

2.1.4. Simulación

La definición de Simulación consiste en: *“construir un sistema “virtual” que funcione a manera de experimento y actúe como el sistema real o de interés, controlando algunos aspectos importantes ya definidos antes del proceso¹².”*

La mayoría de los sistemas de hoy en día son de clase dinámica y estocástica. Un sistema dinámico implica acción, con factores influyentes cambiando con el tiempo. Un sistema de atención médica, por ejemplo, está sujeto a cambios de

¹² Tomado y modificado del manual de simulación de procesos de manufactura 1. Teoría de la simulación, manual básico de PROMODEL y talleres de entrenamiento, Garavito H. Edwin, Arenas. Piedad, 2008, página 3.

acuerdo a la llegada de usuarios, disponibilidad de equipos, niveles de personal, etc. La simulación estocástica sugiere que estos cambios puedan variar indiscriminadamente.

Las opciones disponibles para analizar y tratar de encontrar solución a muchos problemas de estos sistemas dinámicos y estocásticos se centran básicamente en tres alternativas:

- ❖ Modelos de opinión
- ❖ Modelos matemáticos
- ❖ Modelos de simulación¹³
- ❖ Para realizar una simulación se deben tener claro ciertos conceptos:

Simulación de eventos discretos: es el conjunto de relaciones lógicas, matemáticas y probabilísticas que integran el comportamiento de un sistema bajo estudio cuando se presenta un evento determinado.

Sistema: conjunto de elementos que se relacionan para funcionar como un todo, los desde el punto de vista de la simulación deben tener una frontera clara.

Entidad: representación de los flujos de entradas a un sistema, éste elemento es el responsable de que un sistema cambie.

Estado del sistema: es la condición que guarda el sistema bajo estudio en un momento determinado.

Evento: es un cambio en el estado actual del sistema, los tipos de eventos pueden ser actuales o futuros, los **eventos actuales** son los eventos que están sucediendo en el sistema en un momento dado y los **eventos futuros** son los cambios que se presentaran en el sistema después del tiempo de simulación, de acuerdo a la programación específica.

Localizaciones: son todos los lugares en los que la pieza puede detenerse para ser procesada esperar a serlo.

¹³ manual de simulación de procesos de manufactura 1. Teoría de la simulación, manual básico de PROMODEL y talleres de entrenamiento, Garavito H. Edwin, Arenas. Piedad, 2008, página 1-2.

Recursos: son los dispositivos diferentes a las localizaciones, necesarios para llevar a cabo una operación.

Atributo: es una característica de una entidad

Variabes: son condiciones cuyos valores se crean, modifican por medio de ecuaciones matemáticas y relaciones lógicas.

Reloj de simulación: es el contador de tiempo de la simulación, y su función consiste en responder preguntas tales como cuánto tiempo se ha utilizado el modelo en la simulación y cuánto tiempo total se quiere que dure ésta última. Se puede hablar de dos tipos de reloj de simulación, **reloj de simulación absoluto**, el cual parte de cero y termina en un tiempo total de simulación definido y el **reloj de simulación relativo**, que solo considera el lapso de tiempo que transcurre entre dos eventos.

Modelos: los modelos permite simular o representar diversas situaciones reales de diferentes tipo y se puede clasificar como **modelos físicos** o **modelos matemáticos**, entre estos están **modelos continuos**, que son aquellos en los que las relaciones entre las variables relevantes de la situación real se definen por medio de ecuaciones diferenciales, dado que éstas permiten conocer el comportamiento de las variables en un lapso de tiempo continuo, **los modelos discretos**, son aquellos en los que el comportamiento que nos interesa puede representarse por medio de ecuaciones evaluadas en un punto determinado, otro tipo de clasificación de los modelos, son según el estado entre estos modelos están los **modelos dinámicos** que son aquellos en los que el estado del sistema que se ésta analizando cambia respecto al tiempo, y los **modelos estáticos**, que son los modelos que representan un resultado bajo un conjunto de situaciones o condiciones determinados, y por ultimo podemos hablar de **modelos determinísticos y modelos probabilísticos o estocásticos**, los modelos determinísticos se refieren a relaciones constantes entre los cambios de las variables del modelo, mientras

los modelos estocásticos están ligados a una distribución de probabilidad, la cual determina el comportamiento de las variables del modelo de simulación.¹⁴

¹⁴ Simulación y análisis de sistemas con ProModel, editorial PEARSON, pagina 3, 4,5.

3. CARATERIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

3.1. RECONOCIMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO

Para conocer con mayor detalle los procesos productivos de industrias PARTMO S.A, se utilizaron técnicas de verificación y análisis como son:

- Análisis de los diagramas de flujo
- Análisis del entorno de trabajo
- Análisis de diagramas de recorrido
- Análisis de desperdicios
- Verificación del cumplimiento de las 5 S's

3.1.1. Análisis de diagramas de flujo.

Se realizó el levantamiento de los diagramas de flujo que se presentan en el anexo 4, con el fin de analizar a detalle los procesos de: formación del elemento, formación de tarro, formación de aro disco y los procesos de la línea de ensamble. También, en la observación del proceso productivo se evidenció el almacenamiento no controlado de productos en proceso, que funcionan como amortiguadores de cada parte en las áreas de ensamble y en la producción de partes. De igual forma, finalizadas las operaciones los productos terminados quedan almacenados en piso junto a la última máquina.

3.1.2. Análisis del entorno de trabajo.

Para el análisis del entorno de trabajo se buscaron los estudios que se han llevado a cabo en la organización para el área de producción, y se encontraron de ergonomía, material particulado, temperatura, ruido e iluminación (anexo 7), y que sirvieron a la empresa para tomar las medidas necesarias para mitigar el impacto directo sobre el trabajador, asignando elementos de protección personal (EPP's). De los elementos los más utilizados son los de protección al ruido, y aquellos que previenen los problemas de las malas posturas, trabajos repetitivos y levantamientos de cargas. También existen riesgos más focalizados asociados a maquinaria como es el caso del horno, donde las personas están expuestas a altas temperaturas y podrían presentar problemas

de estrés térmico, golpes de calor entre otras; a estos trabajadores se les rota cada 4 horas, al igual que en el área de pintura en la que se encuentra material particulado.

3.1.3. Análisis de los diagramas de recorrido.

Para éste análisis se realizó el levantamiento de los diagramas de recorrido y se generó la distancia recorrida total (Anexo 8) a partir de los diagramas de recorrido del anexo 17. Estos diagramas se realizaron utilizando la herramienta de Microsoft Visio y se tomaron como base para realizar las respectivas variaciones según las partes que se incluyeran a cada referencia.

De éste análisis se concluye que dentro de la empresa las referencias de una misma familia siguen el mismo recorrido, aunque algunas referencias necesiten más o menos partes que otras, y lo que aumenta la distancia recorrida entre éstas son casos particulares dentro de las mismas familias, en las cuales existen referencias que necesitan ciertas partes adicionales. Esto impide conocer con exactitud la distancia recorrida de cada familia, ya que la distancia total estará relacionada con el número de operaciones en cada filtro.

3.1.4. Análisis de desperdicios.

En el área de producción se analizaron los siete desperdicios a través de una lista de chequeo (ver anexo 9), de la cual se obtuvieron los resultados que se presentan en la tabla 9.

Tabla 9. Resultados de la evaluación de desperdicio

Fuentes de desperdicio	porcentaje
material	80%
mano de obra	65%
método	55%
maquinaria	47%
dirección	80%

calidad	80%
seguridad	64%

Fuente: Información generada de la aplicación de la lista de chequeo de 5S's

De éste análisis las observaciones más significativas fueron:

- **Material:** en cuanto al desperdicio de material se ve reflejado en la producción de piezas defectuosas del material de desecho además de los residuos de material que se generan de la producción de partes (anexo 33), ya que no se le ha encontrado una utilidad a éste que le pueda generar valor a la empresa por lo que se realiza la venta.
- **Mano de obra:** en cuanto a los tiempos de preparación, en algunos procesos se observa poca agilidad en dichos tiempos debido a la baja estandarización de las máquinas y demoras en entregas de material, y por parte de mantenimiento no se lleva un control de las herramientas que se deben llevar para la realización del alistamiento de la máquina, lo que en ocasiones se ve reflejado en múltiples desplazamientos mientras se realiza un montaje.
- **Método:** dentro de la planta la organización espacial de los centros de trabajos es lineal principalmente, sin embargo, se encuentran para la fabricación de algunas partes una distribución por procesos, lo que impide un flujo continuo entre centros de trabajo, poca eficiencia por grandes distancias recorridas y generación de material acumulado en centros de trabajo. Adicionalmente, se presentan reprocesos, debido a que en los puntos de inspección pasan filtros que no son aptos, representando filtros devueltos y en algunos casos pérdida de las partes.
- **Maquinaria:** debido a la cantidad de referencias y a la baja estandarización de las mismas se presenta una subutilización e promedio del 9,5% del tiempo de la maquinaria. Entre éstas máquinas se encuentran las del área de prensado, que presenta altos tiempos de preparación de las máquinas debido a que todas son diferentes, no hay procedimientos estandarizados, ni un programa eficiente para su

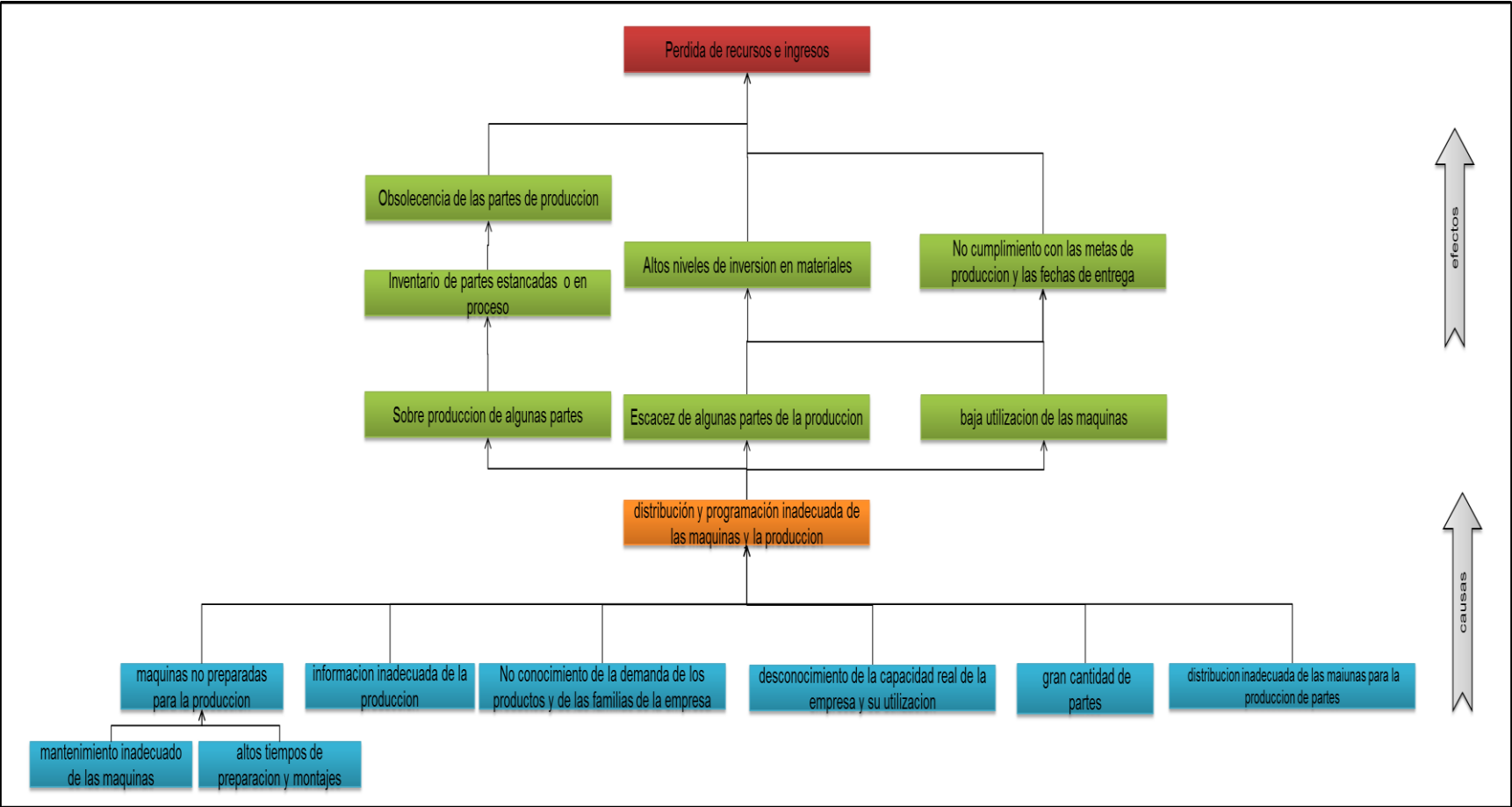
mantenimiento, por lo cual no es posible aprovechar al máximo su capacidad.

- **Dirección:** dentro de la organización se tienen políticas como seguridad de la información, de gestión humana entre otras, se realizan reuniones semanales para controlar y realizar seguimiento a las acciones tomadas y compromisos adquiridos anteriormente.
- **Calidad:** existen estándares dentro de la organización y parámetros para controlar la producción de filtros, desde el proceso de abastecimiento de materia prima hasta llegar al y producto terminado. Sin embargo, aún se presenta filtros que no cumplen con las especificaciones y en ocasiones terminan el proceso, llegando incluso hasta el cliente. Los problemas de calidad más frecuentes son abolladuras, discos descentrados, mal empaque, entre otros.
- **Seguridad:** se han realizado estudios para determinar los problemas ocupacionales al igual de la búsqueda de formas que permitan mitigar su impacto sobre el trabajador; En la planta se realiza aseo mensual, y las máquinas presentan grasa en lugares donde no deberían, al igual que aceites regados y partes de productos en el piso, la señalización es difícil de percibir.

3.1.5. Árbol de problemas

A partir de los análisis se identifica que el problema es la programación y la distribución de las máquinas, por lo tanto se determina las posibles causas y los efectos de éste problema que se plantea.

Gráfico 4. Árbol de problemas para el sistema productivo de la planta 2 industrias PARTMO S.A



Fuente: Análisis del árbol de problemas

4. ESTUDIO DE CAPACIDAD

Para el cálculo de la capacidad de la planta 2 de producción de industrias PARTMO el análisis se llevó a cabo en tres partes: la primera consiste en la selección de las referencias y las partes más representativas; la segunda la realización del estudio de métodos y tiempos para las referencias anteriormente seleccionadas; y en la tercera fase se lleva a cabo el análisis y el establecimiento de las capacidades para desarrollar las propuestas de mejora.

4.1. SELECCIÓN DE LAS REFERENCIAS Y PARTES DEL FILTRO

Para el estudio se realizó un análisis Pareto con información del área de producción y otro con información del área de mercadeo y ventas (anexo 10), teniendo en cuenta un periodo de un año desde el mes de abril del 2011 al mes de abril del 2012. Estos dos análisis se cruzaron y de ésta forma se establecieron las referencias más importantes para la planta 2 de industrias PARTMO S.A. La tabla 10 presenta organizadas de manera jerárquica las referencias en orden de importancia, de más a menos importantes.

Tabla 10. Referencias más importantes de la planta 2 de PARTMO S.A.

REFERENCIA	LÍNEA	FAMILIA
A-034L	sellado	A-4053
A1	sellado	A-1
A11	sellado	A-11
A-111	sellado	A-111
A-113	sellado	A-323
A-18	sellado	A-111
A-20	sellado	A-1
A-223	sellado	A-111
A-243004	sellado	A-243004

A-243004D	sellado	A-243004
A-292	sellado	A-291
A-323	sellado	A-291
A-329	sellado	A-323
A-3603	sellado	A-111
A-3726	sellado	A-323
A-4041	sellado	A-243004
A-4044	sellado	A-323
A-4050	sellado	A-323
A-4051	sellado	A-323
A-4053	sellado	A-4053
A-4054	sellado	A-4053
A-52	sellado	A-323
A54	sellado	A-1
A-73	sellado	A-323
A-941	sellado	A-4053
A-941C	sellado	A-4053
AR-12/18	sellado	A-1
AR-9	sellado	A-1
AW2010SP	sellado	A-1
BL1043	sellado	A-1402
BL1087	sellado	A-111
P-346/1	sellado	C.A.V
P-346P	sellado	C.A.V

PM-194-0	malla	
A1C	sellado	A-1
A-178	sellado	A-111
AR-4/6	sellado	A-1
A-1402	sellado	A-1402
A28	sellado	A-1
A-5368	sellado	A-5368
A-7533C	sellado	A-323
AS-103SP	sellado	A-111M
A-33358	sellado	A-1
AR-4	sellado	A-1
BL1040	sellado	A-1402
BL1055	sellado	A-111
FL1055 (A-111)	sellado	A-111
FL1068 (A-323)	sellado	A-323
BL1086	sellado	A-111
BL1068	sellado	A-323
FL1087 (A-43S)	sellado	A-111
PM-9-88511191-1	malla	
A-14476	sellado	A-1402
A-2862C	sellado	A-111M
A7602	sellado	A-1
PP-2200	malla	
A-1406	sellado	A-1402

AR-4/6	sellado	A-1
BL1086	sellado	A-111

Fuente: Datos del análisis de cantidad-precio

En la tabla 11 se puede apreciar el porcentaje de participación de las familias de las referencias que resultaron más importantes en la tabla 10.

Tabla 11. Participación de las referencias más importantes por familias de la planta 2 de industrias PARMTO S.A

FAMILIA	CANTIDAD	%
A-1	13	22%
A-111	11	18%
A-323	11	18%
A-4053	5	8%
A-1402	5	8%
malla	4	7%
A-243004	3	5%
A-291	2	3%
A-111M	2	3%
CAV	2	3%
A-11	1	2%
A-5368	1	2%
total	60	100%

Fuente: Datos del análisis de cantidad-precio

Debido a que las referencias poseen partes comunes entre ellas, y sabiendo que éste un criterio para organización de una celda, se realizó un análisis de las partes de las 60 referencias, para poder relacionarlas según sus especificaciones como se observa en la tabla 12, tipo de parte, las operaciones (tabla 13), máquinas y/o centros de trabajo, obteniendo de ésta manera las partes más importantes para la toma de tiempos, según los procesos de la empresa.

Tabla 12. Listado de referencias relacionando sus especificaciones y partes.

PARTE	ESPECIFICACIONES	REFERENCIAS
TS-TI	72-82	A-111, AL1040, A-1406, A-3603, A-241,
	82-91	AL14459, AR-4, A-4047,
	91-101	A-23, A-1, AW-2010, AR-12/18 SOF, A-9N5570
PAPEL	10	A-1406, A-14476, AL1040, AL1043
	12,5	A-111, A-178M, A-18, A-33358, A-3603
	16	A-034, A-113, A-243004, A-4051, A-4047, A-4053, A-52, A-941, P-346/1, P-346P
	17,2	A-9N5570
	17,5	A-1, A1C, A-20, A-292, A-3726, AR-12/18, AR-4/6, AW2010SP
TC	40	A-034, A-111, A-113, A-1406, A-4047, A-178M, A-18, A-243004, A-4040, A-33358, A-3603, A-4051, A-52, A-941, A
	47	A-1, A-20, A-292, A-3726, A-4049, A-54, AR-12/18, AR-4/6, P346/1
PORTAVALVULA	23	A-1
	57	AR-4
CAMBRION	50	BL1040
	80	A-111
	90	AR-4, CAM1098
	100	A-1
CORTE PUNZONADO DISCO	67	A-1406, BL1043
	72,9	A-111, A-178
	80	A-243004, A-4053
	92	A-1, A1C, A-23, A-291
ARO	83-93	A-111, BL1040
	93-102	A-4053, A-4040
	102-112	A-1, A-292
DISCO TARRO	143-170	A-3603, A-4041, A-4054
	170-198	A-111, A-292, A-4053
	198-225	A-1, A-20, A-3726, A-73, A-941
EMBUTIDO	68	A-1402 FAC
	74,2	A-173FAC, A-111, A-18, A33358, A-3603, BL1087FAC
	81,1	A-243004, A-64, A-4040, A-4051, A-4053, A-4047, A-52, A-4051, A-941, BL1070FAC
	93,4	A-292, A-20, A-3726, A-1, AR12/18, AR-4/6

Fuente: Datos del análisis de partes de Industrias PARTMO S.A

Tabla 13. Relación de partes de referencias de acuerdo a las operaciones

OPERACIONES	REFERENCIA DEL FILTRO
Tuerca hexagonal A-1	A-1, A-11, A-111, A-113, A-18, A-20, A-223, A-2862C, A-323, A-3603, A-4041, A-4044, A-4050, A-52, A-73, AR-12/18, AR-4/6, AR-4M, AR-9
Soldar tuerca hexagonal A-1	A-1, A-11, A-111, A-113, A-18, A-20, A-223, A-2862C, A-323, A-3603, A-4041, A-4044, A-4050,

	A-52, A-73, AR-12/18, AR-4/6, AR-4M, AR-9
Soldar porta válvula	A-034L, A-1, A-11, A-113, A1402, A-1406, A-14476, A-178, A1C, A-243004, A-243004D, A-2862C, A-292, A-33358, A-3603, A4049, A54, A-73, A-941, AR-4/6, AW2010SP, FL1055
Ensamble del elemento	cualquiera de las referencias seleccionadas
Avellanado	cualquiera de las referencias seleccionadas
Embutido del disco	cualquiera de las referencias seleccionadas
Roscado del disco	cualquiera de las referencias seleccionadas
Inspección del disco	cualquiera de las referencias seleccionadas
Soldadura del aro disco	cualquiera de las referencias seleccionadas
Pestañar aro	cualquiera de las referencias seleccionadas
LINEA DE ENSAMBLE	
Ensamble del filtro	cualquiera de las referencias seleccionadas
Pintado del filtro	cualquiera de las referencias seleccionadas
Prueba de presión	cualquiera de las referencias seleccionadas
Colocación de empaque y revisión	cualquiera de las referencias seleccionadas
Impresión del screen	cualquiera de las referencias seleccionadas
Embolsado mecanizado	cualquiera de las referencias seleccionadas
Embolsado semiautomático por grupos	cualquiera de las referencias seleccionadas
Encajado	cualquiera de las referencias seleccionadas

Fuente: Datos del análisis de partes de Industrias PARTMO S.A

4.2. ESTUDIO DE TIEMPOS

El estudio de tiempos que se llevó a cabo en la organización PARTMO se hizo con el fin de detectar técnicamente los cuellos de botella a través del cálculo de las capacidades, y poder brindar información sobre el tiempo de operación de cada máquina para establecer propuestas de mejora. Además se realizó toma de tiempos a algunos montajes para detectar mejoras aplicativas por medio de la herramienta SMED.

Para el estudio se realizó una toma de tiempos preliminar (anexo 10) para calcular el tamaño de la muestra la cual debe ser de tamaño significativo. Se tomó una premuestra de 15 ciclos productivos para cada uno de los centros de trabajo y/o máquinas, cuyos datos se analizaron de acuerdo a la fórmula de distribución t-student. Para calcular el tamaño de la muestra se consideró un nivel de significancia del 99,5%, y el error e que se tomó fue el error absoluto de los datos.

Una vez conocida dicha información se retoma el teorema del límite central, el cual se resume en: *“el promedio de las muestras obtenidas de las observaciones con distribución normal también tiene una distribución normal alrededor de la media de la población. La varianza muestral (s) es igual a σ^2/n , donde n es igual al tamaño de la muestra y σ^2 es la varianza poblacional”*¹⁵

La ecuación (1) de la varianza muestral está dada por:

$$s = \sqrt{\frac{\sqrt{(\sum \chi^2) - \left(\frac{\sum \chi^2}{n}\right)^2}}{n-1}} \quad (1)$$

Y para el cálculo de la muestra está dada por la ecuación (2):

$$N = \left(\frac{s \times t}{e}\right)^2 \quad (2)$$

Para los centros de trabajo se puede escribir una ecuación (3) en la que se contemplan los factores involucrados durante el ciclo productivo:

¹⁵ MONTGOMERY, 1992

$$T = tA + tO + td + \varepsilon \quad (3)$$

Donde;

tA: es el tiempo externo del alimentador con referencia a la máquina para pasarle el material necesario a la máquina.

tO: son los tiempos de operación con base en fórmulas de ingeniería, teniendo en cuenta el tonelaje y la longitud o distancia recorrida para la máquina al realizar la operación.

Td: tiempo de interrupción entre la realización de la operación y la actividad de alimentación, que evita tener una producción continua.

Pero,

$$tA = VAxDe \quad (4) \quad Y \quad td = tH + tM + tc \quad (5)$$

Al reemplazar en (3) se obtiene;

$$T = (VAxDe) + tO + tH + tM + tc + \varepsilon \quad (6)$$

Donde;

VA: es la velocidad del alimentador en pasar el material a la máquina.

De: es la distancia recorrida desde el alimentador hasta cuando se realiza la operación.

tH: tiempo promedio relacionado al trabajador por paradas en la operación.

tM: es el tiempo en que se debe para la operación relacionado con las máquinas (paradas de mantenimiento)

tc: tiempo de alistamiento promedio o cambio de materiales para iniciar un nuevo producto o referencia o por agotamiento de materiales.

Según el método de estudios por cronometro se realizó la toma de tiempos a todas las máquinas y centros de trabajo, los datos se registraron en las tablas

que se encuentran en el anexo 11, obteniendo los tiempos de cada centro de trabajo.

Para los procesos de troquelado, soldadura, roscado, embutido y corte de partes como tapas, cambi3n, tapa v3lvula, porta v3lvula, disco roscado, disco avellanado, disco punzonado, disco tarro, tarro, tuerca hexagonal, aro y realiz3 se realiz3 unas pruebas estadística para determinar si los tiempos de operaci3n eran iguales, teniendo en cuenta que el calibre del material, el diámetro y en algunos procesos la altura de los filtros puede afectar el tiempo, para el procesamiento de los datos se utiliz3 el software SPSS, y se realiz3 una comparaci3n de medias seg3n el estadístico t ya que las muestras representativas de los procesos fueron inferiores a 50 datos, los procesos a los que se le realizo dicha prueba fueron: avellanado, cambi3n, corte punzonado, embutido, pestañeo aro, formado tarro, corte disco tarro, roscado, soldadura, troquelado tapas (ver anexo13).

Tabla 14. Tiempos de las máquinas

proceso	maquina/centro de trabajo	parte	referencia	unidad para estudio	tiempo tipo (s)
troquelado	tr-17	tapa	BL1040	6	8,867
	tr-03	tapa	A-4	6	7,276
	tr-07	tapa	A-2200	1	6,78
	tr-17	tapa	A-4047	6	7,251
plisado	pl-08	papel	A-1406	1	7,049
formado	ft-01	tubo central	A-4054	2	5,878
	so-02	tubo central	A-4047	4	20,34
	EN-01	tubo central	A-4047	4	11,16
corte embutido	tr-21	tarro	A-4040	1	8,225
			A-18	1	6,0352
corte	ph-03	disco tarro	A-941	1	6,92
		disco tarro	A-4040	1	6,3
		disco tarro	A-371	1	4,53
		disco tarro	A-111	1	5,23
		disco tarro	A-4051	1	5,84
	ph-15	disco tarro	A-4053	1	8,04
embutido	ph-02	tarro	A-111	1	9
	ph-05	tarro	AR-12/18	1	13
	ph-06	tarro	AR-4/6	1	11
	ph-07	tarro	A-1	1	13,26
	ph-11	tarro	A-4040	1	16
	ph-12	tarro	A-4040	1	16
pestaño	ph-09	tarro	A-18	1	5,67
	ph-08	tarro	P-346P	1	11
corte punzonado	tr-25	disco punzonado	AL-14459	4	9,021
	tr-16	disco punzonado	A-4053	4	7,814
avellanado	tr-19	disco avellanado	A-111	2	6,645
avellanado	tr-08	disco avellanado	AL-14459	4	13,152
embutir	tr-10	disco embutido	A-111	2	7,38
				4	13,86
roscado	ro-04	disco roscado	A-4053	4	11,99
	ro-01	disco roscado	A-1	1	13,47
inspeccion	inspeccion	disco roscado	A-111	10	38,01
soldadura	so-04	tapa valvula	AR-4	3	10,56
	so-10	tapa valvula	AR-4	3	25,71
soldadura	so-09	tarro tuerca	A-4040	3	12,56
pestaño	tr-01	aro un paso	A-1	6	10,28
	tr-02	aro un paso	A-4040	6	8,121
pestaño 2	tr-14	aro	A-4053	3	10,617
	tr-04	aro	A-1	3	11,64
troquelado	tr-11	tuerca hexagonal	A-1	10	7,483
troquelado	tr-15	portavalvula	AR-4	10	11,7
soldadura	so-05	aro disco	A-48	3	11,3
	so-06	aro disco	A-4053	2	6,699
troquelado	tr-05	cambrion	A-111	6	10,09
		cambrion	A-1	4	4,664
cerrado	c-03	filtro cerrado	A-18	2	4,1965
	c-02			1	4,74
	CA		A-941	1	3,457
pintura			A-034L	3	6,73
probar filtro			A-034L	4	14,24
limpiar y poner empaque			A-034L	1	4,01
marcado	screen	filtro marcado	A-111	1	5,255
poner etiqueta/revisar	punto de revisado	fitro con garantia	A-111	1	2,45
embalaje	embolsado	fitro con garantia	A-034L	1	2,45
	empacado	fitro con garantia	A-034L	12	12,18
	encajado	fitro con garantia	A-034L	48	72,35

Fuente: Datos obtenidos del estudio de tiempos

4.2.1. asignación de suplementos.

Los suplementos que se asignarán en Partmo corresponden al 9% por suplementos básicos más los elementos variables (anexo 13), donde para estos últimos se tendrán en cuenta los estudios de salud ocupacional realizados en la empresa que se resumen en el anexo 7. Los suplementos variables a considerar serán:

- Posición
- Uso de la fuerza o energía muscular
- Iluminación
- Condiciones atmosféricas (Temperatura y Humedad)
- Nivel de ruido
- Monotonía
- Tedio

Para la asignación de suplementos se realizó por líneas: Línea de sellado, Línea de malla y Línea alterna, las líneas se dividirán en procesos, ya que cada proceso tiene máquinas similares y éstas a su vez proporcionan características o condiciones semejantes para dicha asignación, por lo tanto los procesos quedan distribuidos de la siguiente manera.

Línea de sellado

- | | |
|-----------------------|---------------------|
| • troqueladoras | • cerradoras |
| • prensas | • pintura |
| • ensamble elemento | • horno |
| • roscadoras | • probadores |
| • Plisadoras | • marcado screen |
| • inspección | • inspección screen |
| • soldadoras | • empaçado |
| • ensamble del filtro | • embalaje |

Línea alterna

- | | |
|-----------------------|--------------|
| • ensamble del filtro | • soldadoras |
|-----------------------|--------------|

- pintura
- horno
- probadores
- marcado screen
- empacado
- embalaje

Línea de malla

- troqueladoras
- Plisadoras
- soldadoras
- ensamble del filtro
- horno

4.2.1.1. Análisis y Asignación de los suplementos

- **Posición:** dentro de la planta en cada centro de trabajo se tienen sillas por lo que el operario puede trabajar sentado a excepción de los procesos de embutido en el área de prensas, ensamble del filtro y del elemento, en las plisadoras, embalaje y pintura; por lo que a estos centros se les asignó el suplemento por trabajo de pie. Para los centros de trabajo donde los operarios permanecen sentados, según la estadística de salud ocupacional de la empresa hay en promedio 30 de 100 casos con problemas de lumbagos causa de las malas posturas del operario y/o del centro de trabajo, por lo tanto se asignó el 10% a los centros de trabajo de troqueladoras, soldadura, inspección, cerradoras, screen, inspección screen y empacado según lo establecido por la tabla de suplementos (ver anexo 14).
- **Uso de la fuerza o energía muscular:** En los procesos de la empresa no se debe cargar más de 35 Kg, para lo cual la empresa cuenta con un montacargas y estibadores. Sin embargo, en lugares como embalaje, las roscadoras, y en los ensambles de elemento y de filtro la frecuencia de levantamiento de cargas es alta, razón por la cual para la asignación de suplementos se realizaron promedios de frecuencia de levantamientos por observación de videos y de manera directa. La cantidad o frecuencia de levantamientos se puede observar en el anexo 14.
- **Iluminación:** En la parte de iluminación no se han realizado estudios en la organización y no se tiene un parámetro para realizar la asignación a

los suplementos de las operaciones, pero mediante preguntas a los operarios y a la enfermera de la empresa, en las líneas de sellado y malla se han presentado quejas y recomendaciones para mejorar la iluminación, pero aun así no son razones de peso para asignar suplementos razón por la cual no se asignaron.

- **Estrés visual:** El suplemento por estrés visual está asociado al trabajo fino o de precisión, lo que requiere una habilidad del operario para realizar actividades con cierto nivel de concentración. En la organización algunos centros de trabajo o máquinas requieren de éste suplemento a los que se le asignó un 2% según la tabla del anexo 14.
- **Condiciones atmosféricas (Temperatura y Humedad):** La organización ha realizado estudios de temperatura y material particulado, y se encontraron centros de trabajo por fuera de lo permitido, para estos se hicieron recomendaciones que la empresa adoptó, por consiguiente no se asignaron suplementos por temperatura y material particulado (ver resultados anexo 7).
- **Nivel de ruido:** en estudios realizados anteriormente (anexo 7) en la organización se han detectado falencias ya que éste ítem es especial debido al riesgo que se tiene por disminución de la audición, para lo cual la empresa ha implementado en sus programas de salud ocupacional controles para mitigar dichos impactos, por lo que le permite al trabajador operar durante 8 horas continuas según lo estipula la ley.
- **Monotonía:** En las operaciones de Partmo el centro de trabajo que mayor presenta el uso repetitivo de las facultades mentales del operario es el centro de trabajo de inspección, por lo que a estos se les asignó cada dos puntos porcentuales por hora según estudios realizados por Baker, Wake y Sipowicz (1962). Los centros a los que se les aplicaron estos suplementos serán inspección, los probadores e inspección screen.
- **Tedio:** El tedio es uno de los componentes más comunes que se observa en las operaciones de Industrias Partmo debido a las operaciones repetitivas, aunque no exista una asignación adecuada o una metodología desarrollada para éste suplemento se tuvieron en

cuenta los problemas osteo musculares (anexo 14) que se presentan en la organización, y se buscaron los centros que son causantes de estos para la asignación del suplemento.

Según datos epidemiológico de la NIOSH (1989) han indicado que 10000 movimientos de muñeca por turno es un punto límite en el que es notorio el aumento de casos de DTA y que en 20000 movimientos el número de casos aumenta de manera significativa, lo que indicaría que 10000 movimientos es un límite para que el desempeño empeore y para asignar suplementos de descanso hasta de 100%.¹⁶

De lo que se concluye que para la asignación de suplementos por tedio se puede realizar por regla de tres simple para los centros en los que se presente dichos trabajos tediosos, como en el caso de armar elementos a la actividad de dosificar pegante, o en el caso del proceso de troquelado específicamente a la tr-21 o las troqueladoras de pedal, lo que le asignaría un suplemento de casi la cantidad de la producción, de la siguiente manera:

"10000 movimientos es al 100% que es él % de asignación de suplementos por tedio para descanso, entonces en un turno en promedio se sacan cierta cantidad de X parte, esto será a un porcentaje Y por asignación de suplementos para esa actividad o centro de trabajo."

De ésta manera se puede establecer suplementos de manera lineal mientras se desarrollan otros modelos para la asignación de suplementos por tedio, del anterior enunciado se supone que la cantidad de producción X tendrá una serie de movimientos que son repetitivos, que serán equivalentes a la misma cantidad de unidades X producidas.

¹⁶libro ingeniería industrial métodos, estándares y diseño del trabajo, Niebel, Freivalds, Edición 11, editorial Alfa omega, Pagina 446-447.

Después del análisis de suplementos en el anexo 15 se hace el cálculo para la respectiva asignación de suplementos a los tiempos a los centros, procesos, actividades de trabajo en industrias PARTMO S.A.

4.3. ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE LAS MÁQUINAS Y/O CENTROS DE TRABAJO

En la planta 2 de industrias PARTMO S.A, las operaciones de producción se llevan a cabo en dos turnos cada uno de 8 horas, en los cuales los operarios tienen un descanso de 15 minutos durante el turno, se trabajan 6 días a la semana, lo que es equivalente a 24 días/mes, 360 horas/mes o 21600 minutos/mes, en los cuales se deben producir las referencias de las familias en la planta. Como cada familia tiene una producción diferente, se realizó el promedio mensual de las ventas de los últimos 12 meses (de abril 2011 a abril de 2012), para calcular la demanda promedio y asignar un porcentaje al tiempo de producción durante el mes a las familias (tabla 15), para el análisis de los montajes se tiene en cuenta la cantidad de montajes en cada centro de trabajo por medio de los tiempos tomados y la frecuencia de estos durante una jornada laboral (tabla 16), estos se tendrán en cuenta para ser descontados en el tiempo disponible para la producción lo que daría el tiempo real asignado para producir las partes, y de ésta forma conocer las cantidades reales de producción.

4.3.1. Montajes

En toda industria durante el proceso productivo se debe tener en cuenta el tiempo de preparación, cambio, y/o montajes de materias primas y materiales; industrias PARTMO también realiza dichas actividades en sus centros de trabajo. En el proceso productivo cabe resaltar que los tiempo Alistamiento y/o preparación más importantes se realizan en los centros de trabajo de plisado, troquelado y prensas; donde para las troqueladoras y el plisado el estudio de tiempos se realizó a través de un estudio de tiempos por cronómetro (Anexo 16) y entrevistas con los operarios de mantenimiento para validar los tiempos obtenidos. Para las prensas se realizó por entrevistas, aunque se tomó el tiempo a un montaje, y por su duración se evidenció que no era el adecuado, aunque de éste se tomaron todas las operaciones involucradas en el montaje

del troquel en una prensa (anexo 28), los datos de los tiempos de preparación se presentan en la tabla 16.

Tabla 15. Días asignados para la producción de cada familia

familia	cantidad promedio/mes	%	días asignadas (D)/mes	horas asignadas (Hr)/mes	minutos asignadas (mi)/mes
A-111	105796	29%	7	105	6303
A-4053	62642	17%	4	62	3732
A-1	60754	17%	4	60	3620
A-323	71472	20%	5	71	4258
A-1402	27661	8%	2	27	1648
A-243004	9103	3%	1	9	542
C.A.V	9686	3%	1	10	577
A-11	4899	1%	0	5	292
A-5368	2744	1%	0	3	163
A-291	3418	1%	0	3	204
A-111M	4370	1%	0	4	260
total	362544	100%	24	360	21600

Fuente: Resultados del análisis de los tiempos de producción de Industrias PARTMO S.A

Tabla 16. Tiempos de preparación según los procesos

proceso	tiempo	
	montajes rollos (min)	ajustes máquina/montajes troqueles (min)
Plisadoras	15	30
troqueladoras	20	40
prensas	N/A	240

Fuente: Datos suministrados del estudio de tiempos y entrevistas realizadas a los trabajadores de Industrias PARTMO S.A

En el sistema productivo de Partmo en los centros de trabajo de las prensas en la mayoría de éstas no se realizan montajes de rollos, sólo cambios de troqueles a excepción de la PH-03 que produce discos tarros. Las personas entrevistadas mencionaron que en promedio emplean entre 45 minutos hasta 2 horas en cambios de troqueles en las prensas cuando se realizan cambios de referencias de la misma familia, y cuando se realizan cambios entre familias se

dice que los cambios pueden oscilar entre 2 horas hasta las 8 horas, y que en promedio se estiman en cuatro horas.

En las troqueladoras y las plisadoras se realiza un montaje cuando se acaba el rollo de papel o lámina, por lo general se realizan 3 cambios en promedio al día de rollos tanto en plisado como en troquelado.

Para las otras partes se tiene en cuenta los tiempos de alistamiento dentro de los tiempos de ciclo.

4.3.2. Capacidades de los centros de trabajo.

Con el estudio de tiempos y los tiempos de montajes se puede tener una aproximación a la realidad de la capacidad instalada de la empresa en una capacidad de producción por partes. (Tabla 17).

Tabla 17. Capacidad de los centros de trabajo por partes producidas

máquina/centro de trabajo	parte	referencia	Capacidad	capacidad real
tr-17	tapa	BL1040	18684	15030
tr-03	tapa	A-4	22770	18317
tr-07	tapa	A-2200	4073	3276
tr-17	tapa	A-4047	22848	18380
pl-08	papel	A-1406	3917	3662
ft-01	tubo central	A-4054	9395	8783
so-02	tubo central	A-4047	5430	5430
EN-01	tubo central	A-4047	9897	9897
tr-21	tarro	A-4040	3357	2701
		A-18	4575	3680
ph-03	disco tarro	A-941	3990	3210
	disco tarro	A-4040	4383	3526
	disco tarro	A-371	6095	4903
	disco tarro	A-111	5280	4247
	disco tarro	A-4051	4728	3803
ph-15	disco tarro	A-4053	3434	2763
ph-02	tarro	A-111	3068	2468
ph-05	tarro	AR-12/18	2124	1709
ph-06	tarro	AR-4/6	2510	2019
ph-07	tarro	A-1	2082	1675
ph-11	tarro	A-4040	1726	1388

ph-12	tarro	A-4040	1726	1388
ph-09	tarro	A-18	4870	3917
ph-08	tarro	P-346P	2510	2019
tr-25	disco punzonado	AL-14459	12243	9849
tr-16	disco punzonado	A-4053	14135	11370
tr-19	disco avellanado	A-111	8311	6685
tr-08	disco avellanado	AL-14459	8398	6755
tr-10	disco embutido	A-111	7483	6020
			7969	6410
ro-04	disco roscado	A-4053	9212	7410
ro-01	disco roscado	A-1	2050	1649
inspección	disco roscado	A-111	7264	5844
so-04	tapa válvula	AR-4	7844	7844
so-10	tapa válvula	AR-4	3222	3222
so-09	tarro tuerca	A-4040	6595	6595
tr-01	aro un paso	A-1	16116	12964
tr-02	aro un paso	A-4040	20400	16411
tr-14	aro	A-4053	7802	6276
tr-04	aro	A-1	7116	5725
tr-11	tuerca hexagonal	A-1	36900	29683
tr-15	porta válvula	AR-4	23600	18985
so-05	aro disco	A-48	7331	7331
so-06	aro disco	A-4053	8244	8244
tr-05	cambrión	A-111	16419	13208
	cambrión	A-1	23681	23681
c-03	filtro cerrado	A-18	13160	13160
c-02			5825	5825
CA		A-941	7987	7987
		A-034L	12308	12308
		A-O34L	7756	7756
		A-034L	6886	6886
screen	filtro marcado	A-111	5254	5254
punto de revisado	filtro con garantía	A-111	11270	11270
embolsado	filtro con garantía	A-034L	11270	11270
empacado	filtro con garantía	A-034L	27204	27204
encajado	filtro con garantía	A-034L	18319	18319

Fuente: Datos del análisis de capacidad de Industrias PARTMO S.A

De la tabla 16 se concluye que el cuello de botella son las prensas, con un promedio de 1775 unidades por turno, por lo que se analizará con mayor detalle cómo se muestra en la tabla 18.

Tabla 18. Capacidad de cada uno de los centros de trabajo del área de prensas.

prensas	tarro mas alto		tarro mas bajo		referencia	tiempo	tiempo en montajes	tiempo real	capacidad instalada	capacidad utilizada
	FAMILIA	referencia	FAMILIA	referencia						
PH-02	A-1	A-1	A-1	AR-12/18	A-111	9	5400	22212	3068	2468
PH-05		A-1	A-111	A-3603	AR-12/18	13	5400	22212	2124	1709
PH-06	A-4053	A-4051	A-111	A-3604	AR-4/6	11	5400	22212	2510	2019
PH-07	A-1	A-1			A-1	13,26	5400	22212	2082	1675
PH-11 Y PH-12	A-5368	A-5368	A-243004	A-4041	A-4040	16	5400	22212	1726	1388

En conclusión, dado que las prensas en total tienen una capacidad instalada de aproximadamente 552000 filtros, actualmente se producen aproximadamente en promedio 360000 filtros lo que indica que se está utilizando el 65% de capacidad de la empresa.

5. SIMULACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

Para la simulación del proceso productivo se necesita contar con la demanda promedio del mercado para la determinación del “takt time” del mercado¹⁷, conocer los tiempos de operación de las máquinas, determinar si los tiempos entre máquinas son iguales, así como las distribuciones de operación de las máquinas de tal forma que se pueda realizar un análisis de los tiempos de operación.

5.1. “TAKT TIME” DEL MERCADO

Para la poder aplicar las herramientas de la manufactura esbelta, es necesario poder establecer el “takt time” o cuota del mercado de tal forma que se pueda nivelar la producción entre los procesos lo más posible, para lo cual lo primero que hará es seleccionar la familia para realizar el análisis debido a la complejidad y alcance del proyecto.

5.1.1. Selección de la referencia

De acuerdo a lo contenido en las tablas 11 (cantidad de referencias de cada familia que se encuentran entre referencias vitales) y 14 (cantidad de tiempo que se asigna a cada familia en el sistema productivo), se pueden definir dos parámetros para la selección de la familia como se muestra en la tabla 19.

Tabla 19. Parámetros de selección

parámetro	descripción
tiempo	Es la disponibilidad de tiempo que teóricamente se tiene para la producción de las referencias de esa familia
cantidad	Es la cantidad de referencias que se encuentran en el Pareto de las aproximadamente 50 referencias más importantes de la relación de paretos

¹⁷ Ritmo al cual se deben entregar los productos al cliente, de acuerdo a su demanda y al tiempo de producción disponible de la empresa.

Para realizar dicha ponderación (tabla 20) se asignaron los porcentajes que cada familia tenía en cada una de las tablas, ya que el porcentaje no tiene unidades, y luego se establecieron las familias que representan aproximadamente el 80% del peso de la puntuación, las cuales pasan a ser filtradas por selección del director de productividad y calidad de la empresa.

Tabla 20. Ponderación de las familias

familia	ponderación		promedio	porcentaje	% acumulado
	tiempo	cantidad			
A-111	29%	20%	0,24590751	25%	25%
A-1	17%	23%	0,198789	20%	44%
A-323	20%	20%	0,19857048	20%	64%
A-4053	17%	9%	0,1313923	13%	77%
A-1402	8%	9%	0,08314814	8%	86%
A-243004	3%	5%	0,03755365	4%	90%
C.A.V	3%	4%	0,03335873	3%	93%
A-111M	1%	4%	0,02602651	3%	95%
A-11	1%	2%	0,01675677	2%	97%
A-291	1%	2%	0,01471322	1%	99%
A-5368	1%	2%	0,01378368	1%	100%
		total	1		

Fuente: Resultados del análisis de los factores de las familias.

Las familias que salieron seleccionadas para aplicar el otro filtro son las familias A-111, A-1, A-323, A-4053. De éstas familias se escogió la A-4053, pues es la familia insignia de industrias Partmo S.A y es una referencia que para cambios futuros se seguirá produciendo en la planta 2, mientras las familias del A-323, y el A-111 se llevarán para la planta 1 y Bogotá.

5.1.2. Análisis de la familia

La familia A-4053 está comprendida por referencias importantes (Tabla 10) como: A-043L, A-4053, A-4054, A-941 y A-941C. Para analizar sus referencias y determinar si comparten los mismos recursos, se realizaron los diagramas de operaciones (anexo 18) y el diagrama multiproducto (anexo 20). Estos diagramas se realizaron a partir de datos de las partes, interrelación de máquinas, interrelación de materiales entre otros (anexo 19), en los cuales se observa que tienen las mismas operaciones utilizando los mismos recursos. La única excepción es la referencia A-034L, la cual presenta una operación menos que es la realización del cambiación.

De éste análisis se concluye que la empresa en su proceso productivo tiene un flujo continuo en las operaciones de pintura, marcado, y embalaje, mientras que en las operaciones anteriores a éstas poseen un sistema tipo “flow shop”¹⁸. Revisando las operaciones, en el área de prensado hay diferencias en los tiempos de procesamiento de las partes, pero en conclusión se aceptan las referencias pues tienen la misma tecnología de grupo, es decir, pertenecen a la misma familia.

5.1.3. Cálculo del “takt time”.

Para el cálculo del takt time se toma la demanda del mes de septiembre (anexo 3), lo que corresponde a 66.125 unidades (tabla 21). Teniendo en cuenta que el tiempo de producción destinado a ésta familia es del 13%, y el tiempo de producción es de 15 horas por día como se menciona en el numeral 4.5.3, lo que equivale a 900 minutos al día, el takt time se calcula mediante la fórmula 7.

$$takt\ time = \frac{tiempo\ disponible\ de\ producción}{cantidad\ total\ requerida} \quad (7)$$

¹⁸ Secuencia organizada o taller organizado donde la ruta de los diferentes productos está determinada por el mismo orden de las operaciones o centro de trabajo

Tabla 21. “Takt time” familia A-4053

REFERENCIA	Familia	Septiembre	demanda diaria	Ciclos de fabricación
A-034L	A-4053	1968,75	492,1875	1,8285714
A-4053	A-4053	33968,75	8492,1875	0,1059798
A-4054	A-4053	16562,5	4140,625	0,2173585
A-941	A-4053	12937,5	3234,375	0,2782609
A-941C	A-4053	687,5	171,875	5,2363636
total familia		66125	16531,25	0,0544423

Fuente: datos calculados mediante la fórmula 7

El takt time para la familia A-4053 es de 0,054 minutos es decir 3,27 segundos, lo que indica que *el mercado cada 3,27 segundos demanda un filtro.*

5.2. ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS EN LAS MÁQUINAS

Para realizar la simulación es necesario conocer el tipo de distribución de los tiempos de cada una de las máquinas o centros de trabajo, cuyo análisis se presenta en el anexo 21, donde se puede observar que en el sistema productivo predomina los tipos de distribución Log-normal y normal, explicando el 90% (tabla 22) de las distribuciones de los tiempos en las máquinas o centros de trabajo del sistema de producción de la planta 2 de Industrias Partmo S.A.

Tabla 22. Tipo de distribución de tiempos en el sistema productivo

DISTRIBUCIONES	CANTIDAD	PORCENTAJE
Exponencial	1	2%
Log normal	15	31%
Normal	29	59%
Uniforme	4	8%
TOTAL	49	100%

Fuente: Análisis de los tiempos

5.3. REALIZACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN

Para la simulación del proceso productivo de industrias Partmo se utilizó el software ProModel®, versión 4.2.2, en el cual se ejecutaron 10 réplicas, con el

fin de disminuir la variabilidad de los resultados, teniendo en cuenta que el tiempo de simulación es de 15 horas o 900 minutos, es decir 2 turnos. En el desarrollo de la simulación no se tienen en cuenta los “Downtimes”¹⁹, debido a que no se tiene determina el tiempo promedio entre fallas para cada una de las máquinas ya que en el numeral 4.3.1 se menciona que las troqueladoras y Plisadoras, tienen cambios de troquel es de 3 veces en promedio por día con los tiempos establecidos en la tabla 16, y en las prensas los tiempos de cambios son demasiados largos por lo que se trata de reducir la cantidad de cambios, por lo tanto se asume que al menos se realiza un cambio 1 vez al día ya sea por falla o cambio de material, por lo tanto en las troqueladoras y Plisadoras se efectuaran los cambios de material cada 300 minutos, mientras en las prensas se realizan en promedio cada 450 minutos, y con un tiempo de duración entre 2 y 8 horas, por ésta razón no se tiene en cuenta al momento de programar en el software por lo que la simulación lo tendrá en cuenta y solo se está simulando con una máquina para cada operación.

En la simulación se tiene en cuenta los tiempos que se transporta en las bandas desde la operación de pintura hasta el embalaje de los filtros (anexo 11.1), el layout que se usa para la simulación se encuentra en el anexo 5 junto con las medidas y las distancias de las máquinas (anexo 5.4), en el anexo 31.1 se encuentra las imágenes de la simulación, así como la definición de las entidades, del proceso, las localizaciones, y las llegadas de materiales, en la simulación no se definen rutas, ni recursos pues se asume que en cada operación se encuentra un operario realizando la actividad.

5.4. RESULTADOS

Los resultados generados de la simulación se muestran en el anexo 31.1.c. De la simulación del sistema actual con 15 horas y con un flujo de una pieza, teniendo locaciones definidas como inventarios de discos tarros, de elementos, de tarros, además de las bandas que se encuentran después de la operación de pintura, y poniendo el modelo en una situación de flujo de una pieza con el fin de compararlo con los resultados de las otras propuestas, se obtiene que el

¹⁹ Tiempos de paradas de los equipos ya sean por fallas, mantenimientos, descansos de los operarios, y al igual que agotamiento que el suministro de materiales.

sistema puede entregar al mercado 23 cajas de filtros con 36 unidades, lo que indica que puede entregar aproximadamente 840 filtros en un periodo de 15 horas, lo que corresponde que éste sistema entrega al mercado cada 65 segundos un filtro, lo que está muy por encima del takt time propuesto que es de 3,27 segundos, en los puntos clave como la del inventario almacenado de elemento se encuentra en promedio de 16955 unidades, el inventario de disco tarro oscila en los 6854 unidades y el inventario de disco tarro con unidades de 3508 tarros, es decir teniendo en éstas partes representativas un inventario de aproximadamente 27200 unidades, las bandas después de la pintura hasta antes de la operación de probado muestra una ocupación por encima del 80%, las bandas posteriores a la operación de probado del filtro no alcanzan a pasar del 1,5 % de utilización, por lo que se puede resultar viable disminuir distancias entre operaciones y de ésta reducir inventario llega a acumularse entre éstas operaciones.

Tabla 23. Inventarios de la simulación del proceso actual

unidades sistema	tiempo de producción (s)	inventario elemento	inventario tapa inferior	inventario tapa superior	inventario disco tarro	inventario tarro	total inventario partes	%ocupación bandas
23	8140	8104	8669	8667	6854	1523	33817	47%

Fuente: resultados de la simulación

6. PROPUESTAS DE MEJORA PARA UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN ESBELTO

Para poder realizar una propuesta de reorganización del sistema productivo para la familia A-4053, se hace necesario proponer mejoras al proceso productivo de la empresa, que deben implementarse previo a la reorganización del sistema, con el fin de lograr los resultados deseables cambiando a un sistema de distribución celular, y así poder cumplir con los objetivos fundamentales de manufactura esbelta.

Para plantear las mejoras de manufactura esbelta, se hará según los tres niveles establecidos para su aplicación que son: Demanda, flujo, y nivelación²⁰, en los cuales se aplican según cada nivel ciertas herramientas para el desarrollo de las propuestas de ésta tesis, las cuales dependiendo de la implementación y aceptación por parte de empresa se podrá ir avanzando hacia un sistema cada vez más esbelto.

6.1. DEMANDA

Dentro de los sistemas esbeltos, la demanda es el elemento fundamental para diseñar el sistema, dado su enfoque tipo “pull”²¹, donde sólo se debe producir lo que es demandado por el cliente y al ritmo demandado por el mismo (takt time).

6.1.1. Takt time.

El takt time para industrias Partmo se calculó en el capítulo 5 de éste proyecto para el mes de septiembre, donde se obtuvo que el mercado aproximadamente cada 3,27 segundos demanda un filtro. A continuación se establecerá un takt time operacional para tenerlo como holgura en caso de imprevistos o cambios inesperados de la demanda, esto se recomienda para tener mayor capacidad de respuesta.

²⁰ Manual de lean manufacturing, Guía básica, Villaseñor. Alberto, Página 33

²¹ Sistema tipo halar

6.1.1.1. Takt time operacional.

El takt time operacional se calcula mediante la fórmula (8) y se realiza un formato para el cálculo para un periodo de 4 meses (anexo 25)

$$takt\ time\ operacional = \frac{takt\ time}{(1 + indice\ de\ holgura)} \quad (8)$$

Para determinar índice de holgura se hace considerando el tiempo que se necesita como amortiguador en el cuello de botella en la producción de tarros, por lo que se establecerá el porcentaje de suplemento en dicho proceso que se determinó en 10%, por lo tanto el takt time operacional es de 0,049 minutos o 2,95 segundos aproximadamente.

6.1.2. “Pitch”

Para el cálculo del “pitch²²” o lote controlado se determina con la fórmula 9.

$$pitch = takt\ time * cantidad\ de\ unidades\ en\ el\ paquete \quad (9)$$

Lograr que la empresa decida implementar ésta filosofía con un “takt time” tan corto y establecer un flujo de pieza a pieza en el primer intento es algo complicado, considerando que se cuenta con volúmenes altos y productos mixtos donde el pitch debe estar entre los 12 y 30 minutos²³, es por esto, que se recomienda comenzar con la cantidad de unidades en el paquete, un promedio entre los 12 y 30 minutos sugeridos lo que corresponde a 21 minutos, y equivale a un lote controlable de 395 unidades, aunque su lote controlable oscilará entre las 550 y 240 unidades.

6.1.3. Inventario amortiguador (Buffer inventory)

Inicialmente para la propuesta de implementación de manufactura esbelta se determinará un inventario, que se debe controlar según el takt time y el tiempo de ciclo de la producción, ya que a medida esté tiempo de ciclo alcance el takt time, es posible ir reduciendo éste inventario que es el ideal dado que es uno de los desperdicios del pensamiento esbelto. El uso del inventario se justifica en que permitirá ir acoplando las técnicas de la manufactura esbelta y el

²² El pitch es la cantidad de piezas por unidad de tiempo que se basa en el takt time requerido para que las operaciones se realicen unidades que formen paquetes con cantidades predeterminadas de trabajo en proceso (WIP)

²³ Manual de lean manufacturing, Guía básica, Villaseñor. Alberto, Página 37

enfoque tradicional que opera actualmente en la empresa. Por lo tanto se determinarán para el mes de septiembre los inventarios amortiguadores para la familia A-4053.

6.1.3.1. Cálculo del inventario amortiguador

Para calcular el inventario amortiguador se realiza un formato (anexo 25) y se lleva a cabo a partir de los siguientes pasos²⁴:

- Elegir un producto en particular (un producto a la vez)
- Determinar el promedio semanal de la demanda de los últimos dos o tres meses
- Tomar el volumen más alto de la demanda, después se le resta el promedio de la demanda semanal.

Realizando estos pasos para la familia seleccionada A-4053, se calcula el inventario amortiguador de producto terminado para las referencias de ésta familia. (Tabla 23)

Tabla 24. Inventario amortiguador de las referencias de la familia A-4053

REFERENCIA	tres periodos			promedio tres periodos	promedio semanal	inventario amortiguador mensual	inventario amortiguador semanal
	18 junio	19 julio	20 agosto				
A-4053	29278	29157	29850	29218	7304	633	158
A-941	13222	12093	11441	12657	3164	565	141
A-4054	10444	10185	11883	10315	2579	1568	392
A-034L	3161	2688	2469	2925	731	237	59
A-941C	1431	1169	1030	1300	325	131	33
total familia	57536	55292	56674	56414	14104	3133	783

Fuente: Datos calculados basados en el análisis de pronósticos

Estos amortiguadores calculados dependerán de la variabilidad de la demanda para cada una de las referencias, por lo tanto el porcentaje de los inventarios son 2%, 4%, 15%, 8% y 10% respectivamente lo que indica que la referencia de A-4054 es la referencia de mayor variabilidad, seguida de la referencia A-941C; por lo cual son las que tienen mayor inventario. Aquí es necesario

²⁴ Manual de lean manufacturing, Guía básica, Villaseñor. Alberto, Página 38

resaltar, que la efectividad de ésta herramienta en un sistema esbelto radica en que la demanda no debe ser muy fluctuante, en caso de sistemas productivos demasiado fluctuantes por la demanda éste sistema es poco eficiente y hasta inconveniente.

Para reducir el impacto de los inventarios, debido al desperdicio que estos acarrearán como lo es la obsolescencia, el valor del dinero en el tiempo debido al almacenamiento; en caso de que la demanda fluctúe demasiado, se tendrá en cuenta el cuello de botella que se había determinado, las prensas, por lo tanto estos inventarios se convertirán en los amortiguadores de los tarros producidos en las prensas de acuerdo a la teoría de restricciones²⁵, de ésta forma se tendrá unos amortiguadores en la operación que marca el ritmo de la producción, evitando sobrecostos tanto de mano de obra y otros recursos, al comparar el costo de tener un filtro terminado en almacén vs el costo del producto en proceso antes de la operación de producción del tarro.

6.1.4. Sistema Andon y paro del sistema en una posición fija (Fixed position stop system)

Para reforzar los procesos de inspección de industrias Partmo se propone el sistema Andon y el paro del sistema en una posición fija, el cual es una extensión del sistema Andon, ya que es una herramienta que hace parte del sistema de producción Toyota y permite que el operario puede dar una señal visual y auditiva para generar ayuda inmediata cuando observe un error o defecto en la línea. La reducción de errores ayuda a estabilizar la demanda dentro en el sistema productivo.

6.1.4.1. Ventajas y desventajas del sistema

Ventajas:

- Permite que el operario sea autónomo en el proceso y la actividad sensibilizándolo para generar cultura de hacer las cosas bien desde el primer momento, incentivando a la creatividad del mismo para ayudar a

²⁵ Teoría de restricciones, sistema de programación DRB, donde se realiza la programación a través del cuello de botella y se establecen los amortiguadores de tiempo delante del cuello de botella o tambor

buscar problemas y elevando el sentido de pertenencia por la organización.

- Permite que se identifique el proceso donde se presentó el error y pone en marcha la búsqueda inmediata de la causa del problema para la corrección.
- Involucra a todos los operarios y no solo a los inspectores de calidad dentro de la organización.
- Disminución de la mala calidad y sus costos
- Disminución de reproceso

Desventajas:

- Mientras se implementa el andon en la organización se podrán generar muchas alarmas evidenciando las falencias del sistema de producción.
- Se requiere de inversión y el sistema de alarma en cada puesto de trabajo.

6.1.4.2. Fases para la implementación del sistema Andon y paro del sistema en una posición fija (Fixed position stop system)

Fase I: implantación del sistema

En ésta fase corresponde a la implantación del sistema de alarmas en cada uno de los centros de trabajo, con sus correspondientes pruebas y vistos buenos

Fase II: definición de los diferentes tipos de andon que se pueden presentar en cada uno de los puestos de trabajo

Con el sistema de alarmas se realizan la identificación, definición y codificación de los diferentes tipos de andon que se presentan en cada puesto de trabajo.

Fase III: establecimiento de las soluciones

De acuerdo con los andon identificados se establece la solución y el tiempo que ésta dura cuando se presenta, lo que permitirá determinar en qué

momentos es necesario para la producción y en qué circunstancias no será necesario.

Fase IV: capacitación

Al establecer los tipos de andon se debe capacitar a los supervisores y a los operarios con el fin de que el operario sepa reconocer las fallas y los errores que se presentan, éste deberá llamar al supervisor, el cual acudirá inmediatamente y determinará el tipo de error que es y su respectiva solución, determinando si es necesario detener la producción o no; si se determina que no se encuentra el identificado el andon que se presenta se debe notificar para volver a la fase II, y seguir con el sistema.

Fase IV: estandarización

Ya teniendo el sistema funcionando y después de haberse hecho las correcciones necesarias para su adecuado funcionamiento, se debe estandarizar y documentar en procedimientos los tipos de andon que se hayan identificado

6.1.4.3. Resultados esperados del sistema andon

Los resultados esperados del sistema se verían reflejados en la rapidez de respuesta y solución de cada uno de los errores que se determinen, intentando reducir el tiempo de solución de las fallas identificadas al tiempo de ciclo de producción del sistema, de tal forma que no se detenga la línea y permitiendo un flujo continuo en el sistema.

6.2. FLUJO CONTINUO

El flujo es el mejoramiento progresivo de la actividades a través de toda la cadena de valor, desde los procedimientos del diseño hasta el lanzamiento del producto: desde ordenar hasta entregar, y desde la materia prima hasta las manos del cliente sin paros, desperdicios o rechazos (Womack y Jones, 1996). Después de tener las propuestas que se proponen en el numeral 6.1 de demanda, que ayudan estabilizar la demanda dentro del proceso, se analizará

el flujo con el fin de asegurar que se reciban las partes correctas en el tiempo indicado y en las cantidades requeridas.

6.2.1. Célula o celda de manufactura

De acuerdo a Sekine (1993), para la creación de la célula de la manufactura es necesario conocer la ruta crítica del proceso²⁶ con el fin de conocer la secuencia de alimentación de las piezas y los materiales de las mismas. Posteriormente se establecen las operaciones de ésta partiendo del estado actual del sistema, reordenándolas a lo largo de un transportador justamente en el orden de la secuencia de alimentación de piezas. Finalmente, y después de ordenar las operaciones linealmente, la línea se puede transformar en una célula en forma de U.

Para las propuestas desarrolladas en éste proyecto se tuvieron en cuenta las operaciones referentes hasta el cerrado del filtro, ya que fue en estos procesos anteriores a la línea de ensamble donde se evidenció más distancia recorrida por las partes (anexo 17) y mayor cantidad de producto en proceso.

6.2.1.1. Determinación de la ruta crítica

En el anexo 23 se determina la ruta crítica del proceso de la realización de filtro de la familia A-4053, en la que se establecen dos escenarios:

En el escenario 1 se propone una sola celda de manufactura con todas las operaciones involucradas, por lo tanto no se tienen en cuenta el tiempo de pasar un filtro en los hornos suponiendo que el sistema alcanza su estabilidad y los tiempos que pasen por el horno no son relevante ya que estos tenderán a cero. Al tenerse en cuenta ésta consideración la ruta crítica queda establecida por las operaciones de la parte tarro, por lo que el suministro de materiales para producir las partes de la celda queda ordenado de la siguiente forma:

²⁶ Diseño de células de manufacturación, Sekine. Keniche página 100

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| 1. Disco tarro | 5. Lámina tubo central |
| 2. Lámina disco | 6. Lámina aro |
| 3. Papel | 7. Lámina tapa superior |
| 4. Lámina tapa inferior | |

En el segundo escenario se consideró tomar el tiempo de los hornos por lo que ésta consideración cambio el orden de suministro de materiales en la siguiente secuencia:

- | | |
|-------------------------|-----------------|
| 1. Papel | 5. Disco Tarro |
| 2. Lámina tapa inferior | 6. Lámina disco |
| 3. Lámina tubo central | 7. Lámina aro |
| 4. Lámina tapa superior | |

Al observarse ésta diferencia entre los suministros de materiales, se considera establecer dos propuestas para la creación de tres celdas de manufactura, la primera contendrá las operaciones siguiendo el suministro de materiales de disco tarro, hasta la operación del cerrado del filtro, y del segundo escenario plantear dos celdas, la primera será para obtener el elemento del filtro, y la segunda serán las demás operaciones para entregar un filtro cerrado.

6.2.1.2. Layout de la célula de manufactura

Para la creación de la célula, al estar estableciendo los tiempos a cada una de las operaciones, se observó que la unidad productiva operación de disco roscado será de 4 unidades mientras para las otras operaciones que lo anteceden y las posteriores es de una unidad ya que si siguiera con el flujo de un filtro la máquina se subutilizaría al tener un flujo de una pieza en las celdas los lotes de transferencia se realizan de a una unidad según el flujo, y cuando éste flujo llegue a la máquina de roscado debe esperar que se complete las 4 unidades y después de ésta otra vez reestablecer el flujo de una unidad.

Propuesta 1: Célula de manufactura 1

En la célula de manufactura 1 (anexo 24.1), la secuencia de materiales a suministrar en la célula de manera secuencial será: lámina para el tarro, lámina para el disco, papel, lámina para la tapa inferior, lámina para el tubo central,

lámina para el aro, lámina para la tapa superior, e intervienen todas las operaciones hasta el cerrado del filtro, las cuales son:

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| a. Embutido 1 tarro | m. Unir tapa inferior y papel |
| b. Embutido 2 tarro | n. Formar tubo central |
| c. Pestañeo | o. Unir tubo con tapa-papel |
| d. Cortepunzonado | p. Troquelar tapa superior |
| e. Avellanado | q. Dosificar pegantes |
| f. Embutido disco | r. Unir tapa superior |
| g. Roscado | s. Pestañeo 1 aro |
| h. Inspección | t. Pestañeo 2 aro |
| i. Plisado | u. Soldadura |
| j. Armar papel | v. Unión elemento-tarro |
| k. Troquelar tapa inferior | w. Cerrado filtro |
| l. Dosificar pegante | |

En el anexo 24.1.B muestra la celda de manufactura y el anexo 26.1.C, muestra la celda de manufactura en las instalaciones de la planta.

Propuesta 2: Células de manufactura 2

En la segunda opción (anexo 24.2) se plantea dos células de manufactura debido a que se tiene en cuenta el tiempo de operación del horno; por lo tanto, la primer celda de manufactura tiene las operaciones que conforman el elemento (anexo 24.2.A-1), está conformada por las operaciones:

- | | |
|-----------------------------------|--|
| a. Plisado | g. Unir tubo central con tapa-papel |
| b. Armar papel | h. Troquelar tapa superior |
| c. Troquelar tapa superior | i. Dosificar pegante tapa superior |
| d. Dosificar pegante | j. Unir tapa superior. |
| e. Unir tapa y papel | |
| f. Formar tubo central | |

La segunda célula conforma como anteriormente se ha mencionado las demás operaciones para terminar el filtro (Anexo 24.2.A-2), involucrando el elemento como suministro en ésta célula el cual se suministra en la operación L, las operaciones de ésta célula son:

- | | |
|--------------------------------|---------------------------------|
| a. Embutido 1 tarro | h. Inspección disco |
| b. Embutido 2 tarro | i. Pestañeo 1 aro |
| c. Pestañeo tarro | j. Pestañeo 2 aro |
| d. Cortepunzonado disco | k. Soldadura |
| e. Avellanado disco | l. Unión elemento tarro |
| f. Embutido disco | m. Unión disco aro-tarro |
| g. Roscado disco | n. Cerrado filtro |

En el anexo 24.2.B muestra la celda de manufactura y el anexo 24.1.C, muestra la celda de manufactura en las instalaciones de la planta.

Propuesta 3: células de manufactura 3

Se puede revisar una tercera propuesta considerando los tiempos de ciclo de las operaciones, al observarse que el tiempo de ciclo más alto es el del tarro con 11 segundos para producir un tarro, al establecer un lote de transferencia de una unidad, para las operaciones anteriores a la roscadora, por lo que la prensa para entregar esas 4 unidades tendría que esperar 44 segundos, por lo tanto se evidencia la necesidad de crear un amortiguador de tarros en ésta operación, por lo tanto la propuesta que se plantea de celda de manufactura es similar a la propuesta 2, difiriendo en que la operación de la prensa debido al amortiguador de producto en proceso requiere de mayor espacio, el cual la celda de manufactura no contiene. Por lo tanto, la propuesta de celda es igual para la celda del anexo 24.2.A-1 y la celda planteada en el anexo 24.2.A-2, estableciendo las operaciones relacionadas al tarro fuera de la celda de manufactura. Las operaciones de ésta nueva celda (anexo.24.3), serán las siguientes:

- | | |
|--------------------------------|----------------------------|
| a. Cortepunzonado disco | d. Roscado disco |
| b. Avellanado disco | e. Inspección disco |
| c. Embutido disco | f. Pestañeo 1 aro |

- g. Pestañeo 2 aro
- h. Soldadura
- i. Unión elemento tarro
- j. Unión disco aro-tarro
- k. Cerrado filtro

6.2.2. Balanceo de la celda de manufactura

Para realizar el balanceo de la celda de manufactura se debe tener en cuenta el “takt time”, permitiendo realizar la asignación personal a la celda de manufactura, para lo cual se debe rebalancear la línea cada vez que la demanda fluctúe. Luego de establecer la operaciones o de realizar el “layout”, se tiene en cuenta el tiempo de ciclo de la célula o celda de manufactura que se desea alcanzar; se debe tener en cuenta el tiempo de operación en el que el operario interviene con la máquina, sumando estos tiempos de todas las operaciones de la celda de manufactura, el tiempo calculado se divide entre el tiempo de ciclo establecido o deseado obteniendo los operarios que trabajaran en la celda de manufactura.

6.2.2.1. Tiempo de ciclo de las celdas de manufactura

El tiempo de ciclo en las celdas de manufactura propuestas será la operación que más se demore ésta se puede establecer en el anexo 25, en éste caso se determinó que las prensas son el cuello de botella con un tiempo de ciclo de 11 segundos por tarro (en las prensas PH-05 y PH-06 las cuales pueden embutir tarros de la familia A-4053). Para establecer un sistema de producción de flujo de una pieza, dentro de las celdas de manufactura se encuentra el proceso de roscado el cual necesita 4 unidades para la operación por lo tanto los procesos anteriores y posteriores se tiene un lote de transferencia y de producción de una unidad.

6.2.2.2. balanceo de operadores (Operator Balance)

Para realizar el balanceo de los operadores en las líneas se necesita contar con el “takt time” del mercado para el mes de septiembre que fue calculado en

el numeral 5.1.3, y el tiempo de ciclo total (TCT)²⁷ de las celdas de manufactura.

El tiempo total de las operaciones para la producción del filtro cerrado es de aproximadamente 49,25 segundos o 0,82 minutos para producir un filtro, por lo tanto el tiempo que el mercado demanda un filtro es 3,27 segundos o 0,054 minutos, por lo consiguiente, se puede calcular el número de operarios que necesitan las celdas de manufactura a través de fórmula 10.

$$\# \text{ operadores necesarios} = \frac{TCT}{Takt \text{ time}} \quad (10)$$

Éstos 15 operarios calculados, son los que deberán realizar las operaciones que se establecen en las celdas de manufactura propuestas. Se debe tener en cuenta que la cantidad de operadores de la celda de manufactura dependerá del takt time que se calcule, por lo que la cantidad de operadores puede variar.

6.2.3. trabajo estandarizado

Dentro de las herramientas de manufactura esbelta para que los procesos que agregan valor, se encuentra el trabajo estandarizado²⁸, con el que se pretende que los trabajadores de PARTMO S.A., sean capaces de producir dentro del takt time y mejorar consistentemente el tiempo de ciclo de los elementos de trabajo asignado. Para esto se propone el uso del formato que se muestra en el anexo 25, el cual debe estar en el área de trabajo para la consulta de los trabajadores que se encuentren en la celda de manufactura.

6.2.3.1. Descripción del formato


El formato consta de 6 partes, el encabezado, información para llevar control y trazabilidad a la producción, la parte de asignación de operadores, el “layout”, las convenciones y el control de aprobación de la programación de la producción.

²⁷ Es la suma de los tiempos de ciclo de cada operación individual dentro del proceso (tapping, et al., 2002)

²⁸ Conjunto de procedimientos de trabajo que establecen el mejor método y secuencia para cada procesos, Manual de lean manufacturing, Guía básica, Villaseñor. Alberto, Página 59

A. Encabezado: se encuentra el logo de la empresa, el nombre del formato, y el control del documento a través del código, la fecha y la versión del formato.

Gráfico 5. Encabezado hoja de trabajo estandarizado

	HOJA DE TRABAJO ESTANDARIZADO		CÓDIGO			
			FECHA			
			VERSIÓN			

B. Control y trazabilidad de la producción: en ésta parte del formato se establece la fecha en que se realizó la asignación y programación, la orden interna que se lleve a la producción, la familia (la familia que se va a producir), el proceso será el que se vaya a realizar, el nombre del filtro en caso de que se haya realizado dicha programación para una referencia en particular, el takt time que se ha calculado con antelación y el producto en proceso (WIP) existente y que se debe tener en la celda.

Gráfico 6. Información de la producción

FECHA		ORDEN		FAMILIA	
PROCESO				FILTRO	
TAKT TIME		WIP			

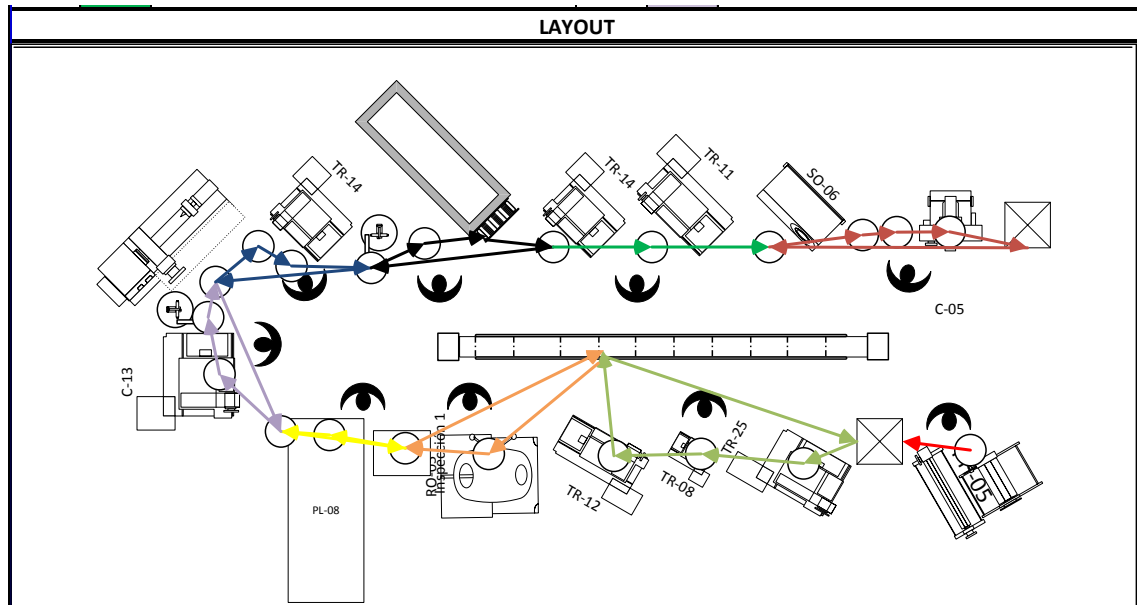
C. Asignación de los operadores: es la programación que se realiza de los operadores que deben estar en esa celda de manufactura, en ésta se tiene los ítems identificados como número, color y nombre, con el fin de cuando se realice el layout, se pueda establecer la secuencia de cada operador de manera visual, es decir por un color asignado ya predeterminado, donde el número indica la cantidad de operarios al llenar las casillas con los nombres, permitiendo una fácil identificación de cuantos operarios se encuentran asignados a dicha celda.

Gráfico 7. Información de operadores asignados a la celda

ASIGNACIÓN DE OPERADORES					
N	color	NOMBRE	N	color	NOMBRE
1			9		
2			10		
3			11		
4			12		
5			13		
6			14		
7			15		
8			16		
			92		

D. Layout: se puede visualizar los recorridos establecidos para cada uno de los operadores asignados, a través del color de la línea correspondiente a cada uno de los nombres asignados.

Gráfico 8. Celda de manufactura con sus respectivos movimientos



E. Convenciones: en ésta parte se establece las convenciones que se crean necesarias para poder instruir al operador al momento de leer el layout, en el cual se pueden considerar también la ubicación de elementos en caso de accidentes u emergencias en caso de presentarse algún percance en la operación.

Gráfico 9. Convenciones del formato

CONVENCIONES			
	inspección de calidad		WIP (inventario en proceso)
	Equipo de seguridad		

F. Control y aprobación de la programación: en ésta parte se deberá realizar el control de la programación de la producción a través del elaboró, revisó y aprobó.

Gráfico 10. Revisión y aprobación

elaborado	revisado	aprobado
-----------	----------	----------

6.2.4. cambios rápidos o SMED (Single Minute Exchnage Die)

Como se determinó en los análisis de los centros de trabajos, las prensas son el recurso restrictivo y además presentan tiempos de preparación muy altos (tabla 24). En las prensas hidráulicas hay que tener en cuenta que no se considera un alistamiento de materiales, por que como se mencionó anteriormente ya se tiene en cuenta dentro del tiempo tipo calculado, quedando para mejorar el alistamiento y cambio del troquel de la prensa.

Debido al tiempo que demora el cambio de troqueles en general, también se tomaron los tiempos de cambio para las troqueladoras, y así tener un mejor panorama de los tiempos de montaje, los cuales fueron tomados y se presentan en el anexo 27.

De las observaciones realizadas al montaje de los troqueles se pueden determinar los siguientes pasos (anexo 27) que son importantes para el montaje de un troquel²⁹:

- Preparación de todas las herramientas necesarias para el montaje y ubicación de éstas en el carro.
- Revisar los suplementos y diferentes accesorios requeridos a la hora del montaje de tornillos, recortes, discos, entre otros y ubicarlos en el carro.
- Preparación del troquel a montar, teniendo en cuenta que al ser sacado de la sección de troquelaría éste se encuentra en óptimas condiciones para ser instalado.
 - Se traslada el montacargas desde la sección de troquelaría hasta el carro
 - Se realiza el ajuste del troquel
 - Se realiza la ubicación del buje en el espigo teniendo en cuenta el diámetro del troquel y el diámetro externo requerido por la troqueladora
- Se transporta el troquel a montar desde la sección de troquelaría hasta el puesto de trabajo
- Desmontaje del troquel instalado en la máquina

²⁹ Tomado y modificado de un estudio realizado en planta 2 de Industrias Partmo S.A

- Desmontaje de la parte inferior de la troqueladora (plato, resorte)
- Desajuste de la medialuna
- Desajuste de mordazas
- Desmontaje de la medialuna
- Ubicación de la máquina para realizar el retiro del troquel
- Traslado del troquel desinstalado desde la mesa de trabajo hacia el carro
- Traslado del nuevo troquel desde el carro hacia la mesa de trabajo (éste troquel ya se encuentra listo para el ajuste)
- Montaje del nuevo troquel en la máquina. (las herramientas y accesorios ya se han seleccionado y alistado con anterioridad)
 - Ubicación de la máquina
 - Ubicación y ajuste de la medialuna
 - Ubicación y ajuste de mordazas
 - Verificación de la alineación del troquel (en caso de no estar alienado se ajustan nuevamente las mordazas y tratar de reubicar las piezas)
 - Ajuste de profundidad (ubicación del tornillo principal de la troqueladora)
 - Montaje de la parte inferior de la troqueladora (plato, resorte)
- Limpieza del lugar de trabajo (ubicación de las herramientas en el carro y retiro de elementos que no se utilizaron durante la colocación del troquel)
- Transporte del troquel desinstalado desde el puesto de trabajo hacia la sección de troquelaría
- Montaje y ubicación del materia en la máquina para realizar las pruebas
- Realización de pruebas para la revisión y certificado de calidad

6.2.4.1. Transformación de tiempos internos en externos

Con la transformación de tiempos internos en tiempos externos (anexo 26) se pretende reducir las actividades que se tienen que realizar con la máquina detenida y que podrían hacerse como la máquina en marcha, reduciendo de ésta forma los tiempos muertos y aumentan la productividad de las máquinas.

- TRASLADO DEL NUEVO TROQUEL DESDE LA SECCIÓN DE TROQUELERIA HASTA EL SITIO DE TRABAJO: Teniendo en cuenta que la orden para realizar los montajes se presentan con anterioridad, el

personal encargado debería tener el troquel ya listo y montado en el carro para que éste sea transportado hasta la máquina unos segundos antes de que ésta termine el proceso de producción, de tal manera que apenas finalice su trabajo se comience con el cambio de troquel. De ésta forma éste paso se realizaría con máquina en marcha y sería un tiempo externo.

- **PREPARACIÓN DE HERRAMIENTAS:** Es importante que cada montador tenga sus herramientas completas y disponibles a la hora del montaje. Éste proceso de alistamiento de herramientas se debe hacer a primera hora, de tal forma que antes de que la máquina deje de trabajar, las herramientas a utilizar ya se encuentren disponibles y se reduzca el tiempo de montaje.
- **INSTALACIÓN DE LA LÁMINA EN EL PUESTO DE TRABAJO:** Se puede observar que en algunas máquinas se utiliza un dispensador de lámina. Debido a que éste se encuentra en movimiento mientras la máquina está en funcionamiento, no es posible ubicar el nuevo material, pero si se puede tener disponible la lámina en el puesto de trabajo, para ser montada en el dispensador cuando pare, ya que el transporte de la lámina gasta un tiempo considerable, que actualmente se da mientras la máquina ésta parada, y la sugerencia es que esto se presente mientras la máquina todavía está en marcha. Esto puede ser posible debido a que los cambios de troquelería se hacen con una planeación.
- **TRANSPORTE DEL TROQUEL DESMONTADO HACIA EL ÁREA DE TROQUELES:** Ésta acción se realiza actualmente mientras la máquina ésta parada y en algunos casos se desmonta el troquel, se lleva hacia la sección de troquelería y se trae hasta el puesto de trabajo el nuevo troquel (operación realizada en cuatro pasos: transporte de antiguo y nuevo troquel, ida y vuelta, aunque puede realizarse solo en dos). El troquel desmontado se puede llevar hacia el cuarto de troquelería ya cuando la máquina éste en marcha nuevamente, puesto que éste se puede ubicar en el carro de transporte mientras se realiza el montaje.

- **TRANSPORTE DEL TROQUEL EN LA GRÚA PARA SER UBICADO EN LA SECCIÓN DE TROQUELES:** Éste procedimiento se puede realizar mientras la máquina éste en marcha nuevamente ya que no interfiere con el montaje directamente, aunque hay que destacar que ésta operación no debería hacerla el montador, puesto que a él le deberían entregar el troquel listo para ser montado y él entregar el troquel desmontado para realizar su revisión y arreglos pertinentes.
- **PREPARACIÓN DEL ESPACIO DE TRABAJO** (Limpieza, encendido de luces, máquina, entre otros): Para éste paso se sugiere que el operario de la máquina, al abandonar su puesto para proceder con el montaje, debe dejar el lugar organizado, con espacio suficiente, y con diferentes elementos como el caso de las luces auxiliares, disponibles. Esto se puede realizar mientras la máquina ya está por terminar su producción.
- **MONTAJE Y AJUSTE DEL BUJE DEL ESPIGO DEL TROQUEL:** Éste paso se puede realizar mientras la máquina está en marcha; y corresponde al tiempo en el cual se realiza la preparación de herramientas y elementos necesarios en el momento del montaje. Para realizar éste cambio es importante tener una estandarización de bujes con respecto al espigo del troquel.
- **MEDICIÓN Y ELECCIÓN DE LA VARILLA EXPULSORA:** Éste proceso también se puede realizar mientras la máquina se encuentra en marcha, igualmente debería hacer parte la preparación de elementos y herramientas necesarias a la hora de realizar el montaje.

Es importante aclarar que hay tiempos o acciones realizadas en el proceso de montaje que deberían eliminarse o evitarse al máximo; se está hablando exactamente de:

- Cuando el montador debe ir hacia la sección de herramientas a buscar alguna en especial que le hizo falta y es necesaria en el momento del cambio de troquel.

- Cuando el montador debe buscar piezas que funcionen como suplementos para las mordazas, para el agarre de la media luna, para el ajuste de la parte inferior de la máquina, entre otras.
- No debería haber pérdida de tiempo por parte del montador escogiendo una barra expulsora o un buje adecuado para el espigo, ya que esto debería estar estandarizado.

6.2.4.2. Aportes y posibles mejoras a realizar a partir de SMED.

- a. Transporte del troquel:** Respecto al transporte del troquel, éste debe ser de la siguiente manera: después de la orden de montaje, el troquel a montar debe estar preparado y se debe ubicar en el carro junto con las herramientas necesarias y transportarlo hacia la máquina de trabajo. Seguido de esto desmontar el troquel instalado, ubicarlo en el carro y montar el nuevo troquel. Después de haber terminado el montaje y de que la máquina se encuentre en marcha, se debe transportar el antiguo troquel hasta la sección de troquelería para ser entregado.
- b. Herramientas:** Cada montador debe tener a su disposición un equipo de herramientas necesarias para el montaje, y cargarlas junto con él en su carro en todo momento, con el fin de estar siempre disponibles y reducir tiempos en el montaje. Éste ítem debe ser muy importante debido a que actualmente se presenta con frecuencia que el montador deba dirigirse hacia la sección de herramientas a buscar alguna que fue olvidada o que seguramente no estaba disponible en el momento de su preparación. Como observación se puede decir que mientras se realice el montaje, ninguna persona debe acercarse a pedir alguna herramienta prestada, para esto debe existir un lugar especial donde dirigirse y solicitar el material de trabajo necesario.
- c. Sistema de transporte:** Debido a que algunos troqueles tienen un peso considerable, se le debería adicionar unas bandas al carro para transportarlo, de tal forma que a la hora de ser trasladado, el troquel se encuentre sujeto al carro y no haya posibilidad de algún deslizamiento provocando su caída, daños o lesiones para el montador. Aunque el paso de sujetar el troquel en el carro aumente el tiempo de montaje aparentemente, realmente está evitando que esto suceda, ya que en

algunos momentos el montador debe solicitar ayuda de algún otro compañero que sujete el troquel mientras él se dispone a subir el carro, evitando el deslizamiento del mismo, acción que requiere de tiempo y disponibilidad de otras personas.

Administración visual y programación del montaje: Teniendo el conocimiento de las especificaciones de cada troqueladora con respecto a sus medidas, y teniendo en cuenta que los troqueles presentan un diámetro para el espigo casi que estandarizado, se debería tener una ficha técnica donde se vean los datos de qué troqueladora y qué troquel va a ser montado, cual especifique que buje debe utilizarse, y éste debería ser ensamblado en el troquel en el momento de su preparación; evitando de ésta forma la prueba y error en la elección del buje a utilizar en el montaje.

Tabla 25. Relación de buje y troquel

Troqueladora Troquel	TR-7	TR-12	TR-17	TR-18	TR-19	TR-21
Corte y punzonado A-1406	B-2	B-3	B-4	B-5	B-2	B-5
Embutidor A-1	B-4	B-3	B-2	B-4	B-3	B-5

Fuente: estudio realizado de SMED

El código B-5 significa una referencia de buje, la cual presenta su descripción de medidas, material, entre otros, en la parte de debajo de la tabla.

En ocasiones el montador debe tomar medidas del espacio para el troquel en la troqueladora y del troquel, esto lo realiza debido a que es necesario colocar bases auxiliares cuando el espacio es muy grande. Para evitar que esto suceda, se debe tener la información de los troqueles que se pueden montar en determinadas troqueladoras. Ésta organización permite la reducción de tiempo en el momento del montaje ya que elimina ciertos pasos que no serían necesarios y evita que en alguna ocasión, el montaje no se pueda realizar y se cancele

d. Mecanismos para facilitar el trabajo y evitar errores (JIDOKA):

Considerando que se debe tener la información de que troqueles pueden ser instalados en determinadas troqueladoras, éstas deberían tener dibujadas unas guías que faciliten la ubicación del troquel sobre la mesa de trabajo y su alineamiento. Estas guías pueden ser líneas dibujadas con un color diferente sobre la mesa de trabajo.

e. 5 S's: Es importante que el operario trabajando en la troqueladora al abandonar el puesto, éste se encuentre organizado, limpio y disponible para que el montador pueda realizar su labor de inmediato y no tenga la necesidad de perder tiempo arreglando el espacio. Esto debe ser parte de una implementación de 5S's como elemento cultural, es decir, no como una actividad de realizar una vez sino como disciplina de trabajo, como lo sugiera la manufactura esbelta.

f. Requerimientos de materiales: Cuando se ejecute la orden del cambio de troquel, al mismo tiempo debe generarse la orden de materiales, para tener material disponible en el momento de realizar las pruebas y dar el certificado para poner en marcha la máquina; ya que actualmente en algunos casos no se puede realizar la prueba debido a que no hay material disponible.

g. Aditamentos para reducir tiempos: Respecto al dispensador de lámina se puede realizar un ajuste que permita girarlo, de tal forma que se puedan ubicar dos rollos de lámina, permitiendo que cuando se acabe uno, se gire el dispensador y se comience a utilizar el refuerzo, esto reduciría el tiempo tanto en el montaje como en a la hora de la producción, ya que se tendría más material disponible.

En la prensa PH-3 se genera una acumulación de material, por tanto es importante ubicar un cortador de retal. Esto permitiría una mayor visibilidad, liberación de espacio, evita accidentes, retención en el avance de la lámina, entre otros.

Si se aplica éstas recomendaciones el tiempo de montaje en las prensas se reduciría en el 80% de los casos hasta un 40% del tiempo de montaje actual (tabla 25), con reducciones promedio de un 25% del tiempo en los montajes, lo que en prensas correspondería de pasar de trabajar de

aproximadamente 240 minutos a 160 minutos, aumentando el tiempo en éste recurso que se identificó como restrictivo por tal razón se ganaría una hora en el sistema productivo³⁰.

Tabla 26. Porcentaje de tiempos en los montajes

Tabla de Frecuencias para reduccion tiempo montajes							
	<i>Limite</i>	<i>Limite</i>			<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia</i>
<i>Clase</i>	<i>Inferior</i>	<i>Superior</i>	<i>Punto Medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Relativa</i>	<i>Acumulada</i>	<i>Rel. Acum.</i>
	menor o igual	0,0		0	0,0000	0	0,0000
1	0,0	13,3333	6,66667	7	0,3500	7	0,3500
2	13,3333	26,6667	20,0	5	0,2500	12	0,6000
3	26,6667	40,0	33,3333	4	0,2000	16	0,8000
4	40,0	53,3333	46,6667	2	0,1000	18	0,9000
5	53,3333	66,6667	60,0	2	0,1000	20	1,0000
6	66,6667	80,0	73,3333	0	0,0000	20	1,0000
	mayor de	80,0		0	0,0000	20	1,0000

Media = 25,1 Desviación Estándar = 16,8176

6.2.5. Mantenimiento autónomo

El mantenimiento autónomo se propone con el fin de prevenir pérdidas de tiempo o recursos relacionadas con paros, pérdida de velocidad y defectos de calidad debido a las condiciones anormales bajo las cuales trabaja la máquina o equipo (inadecuada o falta de lubricación, desgaste excesivo debido a la contaminación o suciedad, pernos flojos o falta de estos, etc.). Esta práctica, también parte de las herramientas de la manufactura esbelta, y permite lograr el flujo de una pieza a través de un trabajo comprometido de todos los operarios, que deben estar capacitados para saber qué hacer en caso de encontrar fallas y así contribuir a la eficiencia del proceso.

Para lograr esto se propone un plan de implementación en el anexo 28, del cual puede salir una lista de chequeo de evaluación de implementación del mantenimiento autónomo cotidiana para cada puesto de trabajo, con el fin de que el operario antes de dejar su turno y su respectiva máquina asignada dedique una fracción de tiempo para realizar el chequeo de ésta y la deje en las mejores condiciones para el siguiente operador o el siguiente día.

6.2.6. Sistemas Kanban

Uno de los problemas que se presentan muy a menudo en las organizaciones es la demanda fluctuante, por lo tanto sus sistemas de producción deben ser

³⁰ Tercer principio de la teoría de restricciones, GOLDRAT, Eliyahu. Autor de la Meta.

más flexibles, es decir buscar la adaptación de los niveles de producción a las variaciones de la demanda.

Para esto, la manufactura esbelta utiliza las herramientas Heijunka y kanban, que ayudan a la empresa a ser más eficientes en su capacidad de respuesta y flexibles para una demanda fluctuante razonable, es decir, donde no hay fluctuaciones abruptas sino predecibles.

Para la aplicación e implementación del sistema de kanban se requiere de un compromiso total de la organización para la disminución de producto en proceso, con el único propósito de llegar a la producción e una sola pieza.

6.2.6.1. Cálculo del kanban

Para la realización del kanban es necesario calcular el número de tarjetas a utilizar en el sistema, las cuales se calculan de acuerdo a la fórmula 11.

$$k = \frac{DL(1 + S)}{C} \quad (11)$$

Para calcular el número de tarjetas kanban del proceso se tendrá en cuenta una demanda promedio diaria de 3306 unidades, el tiempo de proceso de producción para reponer un contenedor será de 21 minutos, lo que corresponde al *pitch*, un inventario de seguridad que corresponde al 5,5% y un tamaño del contenedor de 395 para manejar lotes controlable que es la cantidad establecida por el *pitch*, con lo que se obtiene un número de tarjetas kanban de aproximadamente 186 tarjetas.

6.2.6.2. Diseño del Kanban

Para el diseño del kanban se debe tener en cuenta: el proceso previo y el proceso posterior, la referencia y la familia a la cual pertenece, la cantidad que se debe mover o retirar, debe indicar el número de kanban de los kanban totales que hay, la forma de transporte, la localización en los sitios establecidos para estos (anexo 29).

6.2.7. Kaizen

Cuando se habla de mejoramiento continuo en manufactura esbelta es Kaizen³¹, cuyo fin es lograr mejoras incrementales para lograr los principios del pensamiento esbelto. Para esto, a PARTMO S.A., se propone utilizar una metodología organizada que permite el logro de esas mejoras y es la metodología DMAIC, herramienta fundamental de seis sigma³². Para esto, se describe a continuación la metodología y en el anexo 30 se sugiere un formato para que se lleve a cabo el seguimiento de la misma. (Anexo 30).

6.2.7.1. Metodología DMAICC

Dentro de la filosofía del seis sigma se establece la metodología DMAIC que es un proceso de bucle cerrado que elimina los pasos improductivos, a menudo se centra en nuevas mediciones y aplicación de tecnologías para el mejoramiento continuo³³.

Tabla 27. Pasos DMAIC

PASOS	Procesos claves
Definir	Define los requerimientos y expectativas del cliente Define los límites del proyecto Define el proceso por mapas de flujo de valor
Medir	Mide el proceso de la satisfacción de las necesidades del cliente Desarrolla un plan de recolección de datos Recolectar y comparar datos para determinar errores y deficiencias
Analizar	Analizar las causas de los defectos y fuentes de variación Determinar la variación de los procesos Priorizar las oportunidades para la futura implementación
Implementar	mejorar el proceso para eliminar variaciones Desarrollar alternativas creativas e implementar un plan de mejoramiento

³¹ Término en japonés para el mejoramiento continuo

³² Filosofía con el objetivo de reducir la variación de la salida de los procesos en largos periodos de tiempo, mediante el uso de herramientas estadísticas para el control de los procesos.

³³ Tomado y modificado artículo Benefits, obstacles and future six sigma approach

controlar	<p>Controlar las variaciones del proceso</p> <p>Desarrollar una estrategia de monitoreo y control del proceso mejorado</p> <p>Implementar los sistemas y estructuras de mejora</p>
-----------	--

Fuente: Benefits obstacles and future of six sigma approach

6.3. NIVELACIÓN

Ya se han aplicado una serie de herramientas para determinar la demanda, y las bases para poder establecer un flujo dentro del proceso de producción. Ahora, es necesario abordar el tercer y último punto de las tres fases, en la cual se usan herramientas como Heijunka (nivelación de cargas) con el fin de determinar cómo se deben distribuir y mover las tarjetas de kanban propuestas en el numeral 6.2.8, de forma tal que me permita realizar programar los requerimientos de producción para la familia A-4053, esto para nivelar y controlar la producción.

6.3.1. Heijunka

Heijunka es un método para planear y nivelar la demanda del cliente a través del volumen y variedad a lo largo del turno o del día, éste método puede ser la clave para establecer un verdadero sistema jalar, usando retiros constantes con base en el establecimiento de los *pitch* a través de los lotes controlables, pero se divide en unidades basándose en el volumen y la variedad de los productos que serán manufacturados³⁴. Por lo tanto para las mejoras propuestas se considera pertinente se realice éste tipo de programación.

6.3.1.1. Programación heijunka.

En la programación heijunka se debe tener en cuenta el takt time de las referencias, los *pitch* ya que estos me indicaran el tamaño de los contenedores para el kanban, los *pitch* calculados. De la tabla 21, ya se tienen calculados los ciclos de fabricación para cada una de las referencias, se toma el ciclo de programación más largo que corresponde al de la referencia A-941C con 5,23 minutos, por lo tanto se determinan las unidades a fabricar en cada corrida de producción (tabla 26).

³⁴ Tomado y modificado, Manual de lean manufacturing, Guía básica, Villaseñor. Alberto, Página 91

Tabla 28. Unidades a fabricar de las referencias de la Familia A-4053

REFERENCIA	tiempo de ciclo productivo (min)	unidades a fabricar por cada ciclo
A-034L	1,829	3
A-4053	0,106	49
A-4054	0,217	24
A-941	0,278	19
A-941C	5,236	1

Fuente: Autor

Por lo tanto se deben realizar en una corrida de producción lotes con una relación de 3:49:24:19:1 respectivamente para los lotes controlados que se establezcan, asumiendo que el lote sea de una unidad se deberán realizar 170 corridas de producción, la cantidad de corridas de producción está dada por estarán dadas por la fórmula 12.

$$\# \text{ corridas} = \frac{Q_p}{pitch} \quad (12)$$

Dónde, Q_p es la cantidad de unidades de la referencia en la que se obtuvo menos unidades a producir en cada ciclo y el ciclo queda de la siguiente manera: 49 unidades de A-4053, 24 unidades de A-4054, 19 unidades de A-941, 3 unidades de A-034L y una unidad de A-941C.

6.3.1.2. Caja heijunka.

En éste proyecto se propone la caja heijunka o la caja de nivelación con el fin de administrar la nivelación y la variedad de la producción sobre un periodo de tiempo específico; en ésta caja interviene en gran manera los kanban. La caja es un medio físico en el que se colocan las tarjetas kanban en los espacios correspondientes, en donde puede ser una caja con subdivisiones o un pizarrón en la que se establece las referencias a producir o pedidos a entregar, se definen las columnas en las que se definirán por cada lapso de pitch definido. (Anexo 32)

Tabla 29. Producción de las referencias con programación heijunka

referencia	total lotes	total filtros	meta
A-4053	21	8295	8492
A-4054	10	3950	4140
A-941	9	3555	3234
A-034L	2	790	492
A-941C	1	395	171
total familia		16985	16529

Fuente: Autor

De la tabla 28, teniendo un programación con un pitch de 12 minutos y un lote controlable de 395 unidades se observa que se deben programar 21 lotes de la familia A-4053, 10 de la familia A-4054, 9 de la familia A-941, 2 de la familia A-034L y A-941C, se observa cierto desfase en cuanto a la programación de la producción con respecto a los requisitos de las cantidades del cliente, esto debido a que se está tomando un tiempo controlable promedio. El sistema aunque no está totalmente ajustado al sistema, mejorará a medida que la cantidad de los lotes programables disminuya, es decir los pitch disminuyan y aumenten su frecuencia, esto mejorará también la capacidad de respuesta al cliente.

6.4. SIMULACIÓN CON LAS MEJORAS TIPO LEAN MANUFACTURING

En la simulación de las mejoras se tiene en cuenta las propuestas realizadas de las celdas de manufactura para los procesos de producción de partes del filtro hasta el proceso de pintura, los tiempos determinados y las distribuciones determinadas en el desarrollo del libro, ya que el objetivo era reorganizar el sistema para disminuir y controlar el producto en proceso, en las 3 simulaciones del sistema se tiene en cuenta un flujo de una pieza, con suministro de piezas cuando se encuentre, la definición de las entidades, el ruteo, las llegadas de material, y las locaciones se definen en el anexo 31.2.

6.4.1. Comparaciones de los resultados de la simulación

En las simulaciones efectuadas se realizó una simulación con 10 réplicas, al igual que en los resultados del sistema actual, los resultados se encuentran en el anexo 32.2. La simulación se realiza a partir del flujo de una sola pieza es decir que el lote de transferencia y el de producción es de una sola unidad, a excepción de la roscadora que su lote de producción es de 4 unidades, esto en el software se realiza a través de la función ACCUM, lo que permite acumular 4 unidades bajo el mismo nombre de la entidad.

Tabla 30. Inventarios de las celdas de manufactura

propuesta	unidades sistema	tiempo de producción (s)	inventario elemento	inventario disco	inventario disco tarro	inventario tarro	inventario filtro	total inventario partes	%ocupación bandas
propuesta 1	23,0	65,0	0,0	145,0	218,2	1118,3	94,5	1575,9	67%
propuesta 2	23,0	65,0	183,0	202,6	1,0	178,8	207,0	772,4	64%
propuesta 3	23,0	65,0	188,5	0,0	218,0	170,9	93,2	670,6	70%
promedio	23,0	65,0	123,8	115,9	145,7	489,3	131,6	1006,3	67%

Fuente: resultados de la simulación

Lo que se puede observar de las simulaciones es que al igual que los resultados de la simulación del sistema de producción actual, se obtienen 23 cajas o 828 filtros por lo tanto el tiempo de producción es de 65 segundos, pero de las propuestas se observa una reducción de aproximadamente del 90% en los inventarios de partes, y con un aumento de la utilización de las bandas de aproximadamente 42%.

7. OTRAS POSIBLES MEJORAS

En el transcurso de la toma de tiempos se ha observado posibles mejoras locales que pueden ayudar a controlar la producción, una disminución de tiempos en el montaje de papel y una posible reorganización de trabajo en los hornos de la línea de elemento y ensamble. A continuación se describe el hallazgo y la posible solución o propuesta.

❖ **Área:** banda de la línea de ensamble antes del screen.

Hallazgo: se observa en el recorrido del filtro hacia la operación de screen variabilidad en el paso de éste provocando una fluctuación en los tiempos que proceden a ésta operación, también produce un desgaste en el operario debido a que tiene que realizar una mayor elongación de sus extremidades superiores lo que le puede producir mayor fatiga, o malos movimientos para alcanzar el filtro, y los tiempos de búsqueda aumentan ya que el operario tiene que localizar el filtro para realizar la operación.

Propuesta: establecer unas barreras que cumpla con las funciones de una turbina que permita mantener el flujo continuo uno a uno de los filtros manteniendo la distancia constante entre el operario y el filtro.

Beneficios:

- Disminución de las fluctuaciones estadística.
- Disminución de riesgo lesiones o enfermedades profesionales por movimientos inadecuados para alcanzar el filtro por parte del operario.
- Mayor control en el flujo de filtros en éste último eslabón de la línea de ensamble.

Desventajas:

- acumulación excesiva de filtros en la banda.

❖ **Área:** troqueladoras (JIDOKA)

Hallazgo: durante la toma de tiempos de cambio de troqueles y de material se evidencia que es una actividad totalmente manual con la que se realiza el cambio, y la falta de herramientas apropiadas para el rápido cambio en las máquinas.

Propuesta: se propone una herramienta que sirva de guía ajustable entre el alimentador y la máquina que sirva como mediador para evitar ajustes innecesarios y empíricos de la máquina y encontrar rápidamente errores que puedan impedir la puesta en marcha oportuna de la máquina.

Beneficios:

- Disminución de los tiempos de preparación, alistamiento y montaje en las máquinas troqueladoras.

Desventajas:

- posible descalibración de la guía.

❖ **Área:** Plisadoras de papel. (MEJORA DE HERRAMIENTA)

Hallazgo: durante la toma de tiempos se observa una cantidad considerable en la acomodación y ajuste de carretes de cuchillas.

Propuesta: realizar una herramienta ajustable que permita ajustar las medidas que se necesitan de los carretes que se necesitan antes de que se realice el montaje transformando estos tiempos internos en tiempos externos.

Beneficios:

- Disminución de los tiempos de preparación, alistamiento y montaje en las máquinas Plisadoras.
- Disminución de los ajustes que se deben realizar a la máquina.

Desventajas:

- Mala utilización de la herramienta.

❖ **Área:** mantenimiento

Hallazgo: durante las observaciones que se han realizado de los montajes, se observa que los operarios no cuenta con herramientas automatizadas como se mencionaba anteriormente y carros adecuados para el rápido cambio y montaje de troqueles y de material.

Propuesta: acondicionar los carros con herramientas neumáticas y sitios marcados especiales para la ubicación de las herramientas.

Beneficios:

- Disminución de los tiempos de preparación, alistamiento y montaje en las máquinas Plisadoras.
- Disminución de los ajustes que se deben realizar a la máquina.

Desventajas:

- Costos altos de acondicionamiento.

❖ **Área:** mantenimiento

Hallazgo: En los montajes de los troqueles se observa que las piezas de los troqueles no están estandarizadas, ni cuentan con los sistemas de amarre (comprendidos por las mordazas del troquel y la cola de milano) adecuados en los troqueles, debido a las variaciones que tiene las mesas de las troqueladoras.

Propuesta: establecer una mesa y/o sistemas estándar de amarre de las bases de los troqueles.

Beneficios:

- Disminución de los tiempos de preparación, alistamiento y montaje en las máquinas troqueladoras.
- Disminución de los ajustes que se deben realizar a la máquina.

Desventajas:

- Altos costos de la hechura de las troqueladoras y los sistemas de amarres.

❖ **Área:** mantenimiento

Hallazgo: En los montajes de las prensas se observa que los ejes donde van montadas las camisas que le dan forma al tarro, no están estandarizadas, lo que conlleva que cuando ocurren cambios de familia se debe realizar el desmontaje de todos el sistema, teniendo en consideración el peso de los troqueles, y el tiempo que lleva desmontar el sistema.

Propuesta: estandarizar los ejes en donde se ponen las camisas que le dan formado al tarro según la altura del tarro del que la máquina pueda realizar

Beneficios:

- Disminución de los tiempos de preparación, alistamiento y montaje en las prensas.
- Disminución de los ajustes que se deben realizar a la máquina.

Desventajas:

- Altos costos de la estandarización de los ejes, al igual que el cambio de algunas camisas.

8. CONCLUSIONES

- De acuerdo al análisis de capacidad se determinó que el cuello de botella son las prensas con un tiempo de ciclo que oscila entre 9 a 16 segundos para producir un tarro lo que equivale a una producción de aproximadamente entre 2777 a 4936 unidades por turno, o en promedio 3857 unidades, teniendo una capacidad instalada de aproximadamente entre 3452 a 6136 unidades y en promedio es 4794 unidades en las prensas, es decir la producción mensual promedio es de 552000 filtros, actualmente se producen aproximadamente en promedio 360000 filtros lo que indica que se está utilizando el 65% de capacidad de la empresa.
- Las tres propuestas tienen una reducción considerable en los inventarios en proceso, el donde la mejor propuesta es la 3 con la menor cantidad reduciendo el inventario en un 98% con inventarios de producto en proceso y mayor utilización de las bandas pasando de un 47% a un 70% en los procesos posteriores al cerrado y pintura del filtro.
- Las celdas se pueden usar en diferentes escenarios como para un takt time inferior a 3,8 se van a presentar escasez de productos e incumplimiento de ordenes por lo tanto es necesario tener un inventario de producto terminado e inventario de producto en proceso en las operaciones con tiempos de ciclo mayores a 3,27 segundos, lo que le aplicaría a todas las celdas de manufactura propuestas, para takt cálculos de takt time entre 3,28 segundos y 13 segundos, es necesario aplicar un buffer de seguridad únicamente en las prensas por lo tanto es recomendable el layout de la propuesta 3, para takt time mayores de 13 segundos es aconsejable utilizar un layout de la propuesta 2.
- Las celdas de manufacturas permiten disminuir la distancia recorrida de las partes que componen el filtro con respecto al sistema actual pasando de 132 a aproximadamente 112 metros teniendo una reducción del 15%, facilitando la producción y la transferencia de una pieza (anexo 24.4).

- las propuestas ayudan a disminuir el producto en proceso teniendo los mismos resultados, en cuanto a producción de filtros del sistema actual, también se presenta disminución en el personal de 5 personas, ya que en el sistema actual se cuenta con aproximadamente 20 operarios mientras con las celdas de manufactura se utilizan 15 operarios como máximo, teniendo una reducción del 25% de mano de obra quedando disponible para otras operaciones o necesidades dentro del proceso u organización.
- El takt time para la familia A-4053 para el mes de septiembre es de 3,27 segundos sin embargo se debe realizar en cada situación el balanceamiento de las celdas, al igual que establecimiento de los inventarios amortiguadores (buffers inventory) según sea el caso.
- Para mantener el sistema con lineamientos lean manufacturing se establece un takt time operacional, el cual para el mes de septiembre se determinó en 2,97 éste también se encuentra sujeto a las variaciones de la demanda.
- El pitch determinado para la propuesta debe oscilar entre 220 y 550 unidades se propone empezar con un lote controlable promedio de 385 unidades lo que equivale a un tiempo de 21 minutos.

9. RECOMENDACIONES

- Realizar un proceso de focalización dentro de la empresa que le permita detectar las restricciones en las propuestas realizadas, estableciendo los lineamientos a seguir para el mejoramiento continuo de la empresa.
- Realizar estudios de salud ocupacional enfocados en estrés térmico, iluminación, temperatura, de presión sonora y de ergonomía en el área de producción para actualizar y controlar las condiciones de los centros de trabajo de industrias Partmo, manteniendo registros técnicos y de ingeniería, para mantener y preservar la salud de los trabajadores ya que se han realizado cambios de máquinas en los últimos 4 años, de tal forma que pueden tomar decisiones y soluciones preventivas y correctivas viables al interior de la organización.
- Realizar y mantener los planos y las fichas técnicas de todas las máquinas que estén dentro de la planta de industrias Partmo con el fin de brindar apoyo e información necesaria para el departamento de mantenimiento y de producción para la adecuada operación de las mismas lo cual permite soportar la implementación de un programa de mantenimiento preventivo.
- Llevar las estadísticas del control de fallas de cada una de las máquinas con el fin de establecer un programa de mantenimiento preventivo.
- Realizar rotaciones entre los puestos de trabajo durante una jornada para disminuir los factores ocupacionales y por ende el tedio, la monotonía y el cansancio muscular, se recomendaría por lo menos que los trabajadores fueran polivalentes en el uso o manipulación de tres centros de trabajo.
- Realizar un estudio para el área de mantenimiento teniendo en cuenta lineamientos estratégicos como proceso de apoyo a la producción para la adecuada sincronización entre el departamento de mantenimiento y el

departamento de producción, con el fin de implementar el mantenimiento productivo total.

- Realizar capacitaciones en cada uno de los aspectos relacionados de la filosofía lean manufacturing tanto a personal administrativo y operativo, a través de una persona que conozca acerca de la filosofía lean manufacturing.
- Implementar y estandarizar un programa de 5's permanente ya que ésta crea las bases para la fábrica y administración visual y actividades de TPM (mantenimiento productivo total) con el fin de atacar las 6 grandes pérdidas (fallas de equipos, retrasos por ajustes y set-up, paros menores, disminución de velocidades, defectos de los procesos y reducción de la producción) al igual que los 7 desperdicios de la filosofía lean manufacturing, con el fin de crear una producción de flujo continuo y estandarización de operaciones.
- Crear canales de comunicación con los operadores incentivando la creatividad de los mismos con el fin de establecer soluciones de controles en las máquinas (jidoka), para que se determinen fallas y no se produzcan piezas, partes o filtros defectuosos y empezar a realizar la mejora continua kaizen dentro de la organización.
- Al implementar las propuestas tipo lean manufacturing de éste libro se hace necesario la implementación de un sistema Kanban para soportar la producción y que permita apoyar la programación de la producción.
- Para seguir la filosofía de manufactura esbelta es necesario que la organización empiece a cambiar al pensamiento Lean Thinking para que todo el sistema piense en la eliminación de las mudas o desperdicios, garantizando la generación de ideas permitiendo identificar las actividades que agregan valor de tal forma que se pueda mapear desde los proveedores hasta el cliente final.

BIBLIOGRAFIA

- CHU hayes, Monica. The effects of process time variability on a multiple line, dual stage production system with kanbans, Thesis Masters of science in mechanical engineering. 2009
- DUNNA, Eduardo. GARCIA, Heriberto. CARDENAS, Leopoldo. Simulación y análisis de sistemas con ProModel, 1 edición, editorial Pearson, Prentice hall, 2006
- FREIVALDS, Niebel. Métodos estándares y diseño de trabajo. Mc Graw Hill 2009.
- GAITHER, Norman. FRAZIER, Greg. Administración de producción y operaciones. Editorial soluciones empresariales 8 edición 2003 pág. 280.
- GARAVITO H, Edwin A. ARENAS D, Piedad. SIMULACION DE PROCESOS DE MAUFACTURA I, Teoría de simulación, Manual básico de ProModel y Talleres de entrenamiento, 2008
- HAMSHO, Omar. Reubicación y rediseño de líneas de producción con dirección a la mejora de la productividad y desempeño. tesis electrónica milleniun.itesm.mx 2005.
- KWAK H. Young, ANBARI T. Frank, Benefits obstacles and future of six sigma approach, 2006, www.elsevier.com/locate/technovation.
- MANTILLA, Olga. artículo Introducción a Lean Manufacturing, 2012. Pág. 9-10
- MANTILLA, Olga. artículo Herramientas básicas de Lean Manufacturing, 2012. Pág. 3.
- NIEBEL B. ingeniería industrial, métodos, tiempos y movimientos. Esp.: Alfaomega; 1990, págs. 317-323.

- RENDER, Barry .Principios de administración de operaciones. Monterrey. Pearson educación 2004 pág. 348
- SEKINE, Keniche. Diseño de células de fabricación, edición 1993.
- VILLASEÑOR, Alberto. Manual Lean Manufacturing, Guía Básica. Editorial Limusa.
- WYGANT, R.M. “A comparison of computerized predetermined time systems”, editorial Elsevier science Ltd., 1 edición 2003, págs. 480-485.