

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE  
LOS PROCESOS PRODUCTIVOS BASADO EN UN ESTUDIO DEL TRABAJO  
EN LA PLANTA DOS DE INDUSTRIAS PARTMO S.A.**

**JORGE HERNANDO GARCIA PEÑARANDA  
CESAR DEL CRISTO MEZA MEZA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
BUCARAMANGA  
2005**

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE  
LOS PROCESOS PRODUCTIVOS BASADO EN UN ESTUDIO DEL TRABAJO  
EN LA PLANTA DOS DE INDUSTRIAS PARTMO S.A.**

**JORGE HERNANDO GARCIA PEÑARANDA  
CESAR DEL CRISTO MEZA MEZA**

**Trabajo de grado para obtener el titulo de Ingeniero Industrial**

**Director del Proyecto:  
ANA CARMENZA BUITRAGO SANABRIA  
Ingeniera Industrial**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
BUCARAMANGA  
2005**

## DEDICATORIA:

*A Dios por guiarme en este camino.*

*A mis padres Carlos A. Meza y Elsa D. Meza por el apoyo incondicional que me han brindado durante toda mi formación profesional.*

*A mi hermano Carlos Mario por ser mi compañero en todo momento.*

*César*

*A Dios por mantenerme en el camino correcto.*

*A mi madre María Rocío Peñaranda por ser mi apoyo a lo largo de toda mi vida*

*Jorge*

## **AGRADECIMIENTOS**

A ANA CARMENZA BUITRAGO SANABRIA (Docente de la escuela de estudios Industriales y Empresariales) quien nos brindo su valiosa asesoría y colaboración en la realización de este trabajo.

A LUIS FERNANDO PAEZ (Líder de Calidad y Productividad de Industrias Partmo S.A.) quien siempre estuvo pendiente de nuestro trabajo y nos colaboró con información necesaria, conocimientos y experiencia en las áreas respectivas.

A HENRI SALAZAR (Líder de Costos de Industrias Partmo S.A.) por permitirnos ser parte activa del trabajo en equipo y asesorarnos en la consecución y cumplimiento de los objetivos planteados.

Al personal del departamento Técnico de la Planta dos de Industrias Partmo por escuchar nuestras propuestas de mejoramiento y asesorarnos para el desarrollo y ejecución de las mismas.

Al personal de los departamentos de Producción y Calidad por su colaboración en todo momento.

Al personal operativo de la planta por permitirnos desarrollar nuestro trabajo sin ningún inconveniente.

## **CONTENIDO**

	<b>pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>26</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>28</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>29</b>
<b>1. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA</b>	<b>31</b>
<b>1.1 RESEÑA HISTÓRICA</b>	<b>31</b>
<b>1.2 RAZÓN SOCIAL Y OBJETO SOCIAL</b>	<b>33</b>
<b>1.3 GENERALIDADES DE LA EMPRESA</b>	<b>33</b>
<b>1.3.1 Organización administrativa de la empresa</b>	<b>33</b>
<b>1.3.2 Estructura organizacional de la empresa</b>	<b>34</b>

<b>1.3.3 Misión – Visión</b>	<b>34</b>
<b>1.3.4 Sistema de calidad</b>	<b>35</b>
<b>1.4 CLIENTES</b>	<b>38</b>
<b>1.5 SISTEMA DE COMPRAS Y RELACIÓN CON PROVEEDORES</b>	<b>40</b>
<b>1.6 SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA</b>	<b>42</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	<b>44</b>
<b>2.1 ESTUDIO DEL TRABAJO</b>	<b>44</b>
<b>2.1.1 Estudio de métodos</b>	<b>44</b>
<b>2.1.2 Medición del trabajo</b>	<b>47</b>
<b>2.1.3 Acoplamiento de máquinas</b>	<b>52</b>

<b>2.2 PLANEACIÓN POR DISPOSICIÓN SISTEMÁTICA</b>	<b>52</b>
<b>2.3 DISEÑO DE EXPERIMENTOS</b>	<b>54</b>
<b>2.3.1 Diseños factoriales</b>	<b>55</b>
<b>3. ETAPA DE CONOCIMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO</b>	<b>59</b>
<b>3.1 INFRAESTRUCTURA Y TECNOLOGÍA APLICADA</b>	<b>59</b>
<b>3.2 MATERIA PRIMA REQUERIDA</b>	<b>63</b>
<b>3.3 DESCRIPCIÓN Y DEFINICIÓN DE PRODUCTOS</b>	<b>63</b>
<b>3.3.1 Línea sellado</b>	<b>64</b>
<b>3.3.2 Línea aire pesado</b>	<b>65</b>
<b>3.3.3 Línea aire automotor</b>	<b>65</b>

<b>3.3.4 Línea PMX</b>	<b>66</b>
<b>3.3.5 Línea de filtros tipo elemento o cartucho</b>	<b>67</b>
<b>3.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO POR LINEA</b>	<b>67</b>
<b>3.4.1 Línea Sellado</b>	<b>67</b>
<b>3.4.2 Línea C.A.V.</b>	<b>76</b>
<b>3.4.3 Línea tipo elemento o cartucho</b>	<b>77</b>
<b>3.4.4 Línea PMX</b>	<b>79</b>
<b>3.4.5 Línea Aire</b>	<b>80</b>
<b>3.5 PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN</b>	<b>83</b>
<b>4. ESTUDIO DEL TRABAJO</b>	<b>86</b>

<b>4.1 SELECCIÓN DE OPERACIONES</b>	<b>86</b>
<b>4.2 REGISTRO DE DATOS</b>	<b>87</b>
4.2.1 Cursogramas analíticos del método actual	88
4.2.2 Diagramas hombre-máquina del método actual	95
<b>4.3 EXAMEN CON ESPIRITU CRÍTICO</b>	<b>102</b>
4.3.1 Línea Aire	102
4.3.2 Línea Sellado	105
4.3.3 Línea Cartucho y PMX	108
<b>4.4 ESTABLECIMIENTO DEL MÉTODO MEJORADO</b>	<b>110</b>
4.4.1 Propuesta de mejoras	110

<b>4.4.2 Costos</b>	<b>115</b>
<b>4.5 EVALUACIÓN DEL NUEVO MÉTODO</b>	<b>118</b>
<b>4.5.1 Cursogramas analíticos del método propuesto</b>	<b>119</b>
<b>4.5.2 Diagramas Hombre-máquina del método propuesto</b>	<b>126</b>
<b>4.5.3 Resultados de las mejoras propuestas e implementadas</b>	<b>132</b>
<b>4.5.4 Beneficios de las mejoras propuestas e implementadas</b>	<b>133</b>
<b>4.5.5 Seguimiento de indicador</b>	<b>134</b>
<b>4.6 PROPUESTAS EN PROCESO DE SER IMPLEMENTADAS</b>	<b>136</b>
<b>5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS TIEMPOS DE PRODUCCIÓN</b>	<b>142</b>
<b>5.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>142</b>

<b>5.2 ELECCIÓN DE FACTORES, NIVELES Y RANGOS.</b>	<b>143</b>
<b>5.3 SELECCIÓN DE LA VARIABLE DE RESPUESTA</b>	<b>147</b>
<b>5.4 ELECCIÓN DEL DISEÑO EXPERIMENTAL</b>	<b>147</b>
5.4.1 Diseño de un solo factor	148
5.4.2 Diseño factorial	149
<b>5.5 REALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO</b>	<b>151</b>
5.5.1 Como se realizó la toma de tiempos	151
5.5.2 Estudio de tiempos con cronómetro	153
5.5.3 Asignación de suplementos	153
<b>5.6 ANALISIS ESTADISTICO DE LOS DATOS</b>	<b>155</b>

<b>5.6.1. Planteamiento de hipótesis</b>	<b>155</b>
<b>5.6.2 Tiempos predeterminados</b>	<b>178</b>
<b>5.7 SEGUIMIENTO DE INDICADOR</b>	<b>178</b>
<b>6. DISTRIBUCIÓN DE PLANTA</b>	<b>181</b>
<b>6.1 INVENTARIO DE MÁQUINAS</b>	<b>182</b>
<b>6.2 ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN SISTEMÁTICA DE LA PLANTA</b>	<b>186</b>
<b>6.2.1 Relaciones de actividades</b>	<b>186</b>
<b>6.2.3 Necesidades de espacio</b>	<b>188</b>
<b>6.2.4 Propuesta de alternativas de distribución</b>	<b>189</b>
<b>6.2.5 Selección de la alternativa</b>	<b>195</b>

<b>7. CONCLUSIONES</b>	<b>199</b>
<b>8. RECOMENDACIONES</b>	<b>203</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>205</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>207</b>

## LISTA DE TABLAS

	pág.
<b>Tabla 1.</b> Lista de clientes Nacionales	39
<b>Tabla 2.</b> Lista de clientes Internacionales	40
<b>Tabla 3.</b> Lista de Proveedores	41
<b>Tabla 4.</b> Lista de Maquinaria	60
<b>Tabla 5.</b> Lista de Materia Prima	63
<b>Tabla 6.</b> Listado de operaciones	86
<b>Tabla 7.</b> Costos de inversión Centro de trabajo EX-02 (Expansora, Laminadora)	115
<b>Tabla 8.</b> Costos de inversión Centro de trabajo TR-16 (Troqueladora)	115
<b>Tabla 9.</b> Costo de inversión Centro de trabajo TR-14 (Troqueladora)	116
<b>Tabla 10.</b> Costo de Inversión Centro de trabajo TR-03 (Troqueladora)	116
<b>Tabla 11.</b> Costo de inversión Centro de trabajo TR-13 (Troqueladora)	117
<b>Tabla 12.</b> Costo de inversión Centro de trabajo EX-01	

(Expansora, Laminadora)	117
<b>Tabla 13.</b> Costo de inversión Centro de trabajo PZ-01 (Punzonadora)	118
<b>Tabla 14.</b> Beneficios obtenidos con la mejora C.T. EX-02	133
<b>Tabla 15.</b> Beneficios obtenidos con la mejora C.T. TR-16	133
<b>Tabla 16.</b> Beneficios obtenidos con la mejora C.T. TR-14	137
<b>Tabla 17.</b> Beneficios obtenidos con la mejora C.T. TR-03	138
<b>Tabla 18.</b> Beneficios obtenidos con la mejora C.T. TR-13	139
<b>Tabla 19.</b> Beneficios obtenidos con la mejora C.T. EX-01	140
<b>Tabla 20.</b> Beneficios obtenidos con la mejora C.T. PZ-01	141
<b>Tabla 21.</b> Operaciones de la línea sellado	144
<b>Tabla 22.</b> Niveles por factor	145
<b>Tabla 23.</b> Tamaño de muestra para diseño de un solo factor	148
<b>Tabla 24.</b> ANOVA para el modelo con un solo factor	149
<b>Tabla 25.</b> Tamaño de muestra para diseño factorial	150
<b>Tabla 26.</b> ANOVA para diseño de dos factores	150

<b>Tabla 27.</b> Formula de tiempos predeterminados	179
<b>Tabla 28.</b> Máquinas de línea cartucho y PMX	183
<b>Tabla 29.</b> Relaciones de actividades	187
<b>Tabla 30.</b> Necesidades de espacio	188
<b>Tabla 31.</b> Análisis de propuestas de distribución	196
<b>Tabla 32.</b> Puntuación de alternativas	197

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág</b>
<b>Figura 1.</b> Organigrama Industrias Partmo S.A.	34
<b>Figura 2.</b> Esquema del estudio	43
<b>Figura 3.</b> Planta de producción	62
<b>Figura 4.</b> Filtros línea Sellado	64
<b>Figura 5.</b> Filtros línea Aire Pesado	65
<b>Figura 6.</b> Filtro línea aire automotor.	66
<b>Figura 7.</b> Filtros línea PMX	66
<b>Figura 8.</b> Filtros línea Cartucho	67
<b>Figura 9.</b> Aro pestañado	68
<b>Figura 10.</b> Disco roscado	69
<b>Figura 11.</b> Subensamble Aro-disco	69
<b>Figura 12.</b> Tubo central	71

<b>Figura 13.</b> Tapas de elemento	72
<b>Figura 14.</b> Elemento filtrante	73
<b>Figura 15.</b> Tarro o carcaza	74
<b>Figura 16.</b> Partes de filtro sellado	74
<b>Figura 17.</b> Filtro ensamblado	75
<b>Figura 18.</b> Partes filtro tipo cartucho	79
<b>Figura 19.</b> Recorrido actual del proceso Aire Pesado	104
<b>Figura 20.</b> Recorrido actual del proceso Sellado, PMX y cartucho	109
<b>Figura 21.</b> Índice de productividad de mano de obra CT EX-02	134
<b>Figura 22.</b> Índice de productividad de mano de obra CT TR-16	135
<b>Figura 23.</b> Índice de desempeño	180
<b>Figura 24.</b> Distribución actual líneas Cartucho y PMX.	185
<b>Figura 25.</b> Zonas de distribución	190
<b>Figura 26.</b> Alternativa de distribución A	191
<b>Figura 27.</b> Alternativa de distribución B	192

<b>Figura 28.</b> Alternativa de distribución C	193
<b>Figura 29.</b> Alternativa de distribución D	194
<b>Figura 30.</b> Avance de distribución de planta	198

## LISTA DE DIAGRAMAS

	pág
<b>Diagrama 1.</b> Cursograma analítico actual C.T. EX-02	88
<b>Diagrama 2.</b> Cursograma analítico actual C.T. TR-16	89
<b>Diagrama 3.</b> Cursograma analítico actual C.T. TR-14	90
<b>Diagrama 4.</b> Cursograma analítico actual C.T. TR-03	91
<b>Diagrama 5.</b> Cursograma analítico actual C.T. TR-13	92
<b>Diagrama 6.</b> Cursograma analítico actual C.T. EX-01	93
<b>Diagrama 7.</b> Cursograma analítico actual C.T. PZ-01	94
<b>Diagrama 8.</b> Diagrama H-M actual C.T. EX-02	95
<b>Diagrama 9.</b> Diagrama H-M actual C.T. TR-16	96
<b>Diagrama 10.</b> Diagrama H-M actual C.T. TR-14	97
<b>Diagrama 11.</b> Diagrama H-M actual C.T. TR-03	98

<b>Diagrama 12.</b> Diagrama H-M actual C.T. TR-13	99
<b>Diagrama 13.</b> Diagrama H-M actual C.T. EX – 01	100
<b>Diagrama 14.</b> Diagrama H-M actual C.T. PZ-01	101
<b>Diagrama 15.</b> Cursograma método mejorado C.T. EX-02	119
<b>Diagrama 16.</b> Cursograma método mejorado C.T. TR-16	120
<b>Diagrama 17.</b> Cursograma método mejorado C.T. TR-14	121
<b>Diagrama 18.</b> Cursograma método mejorado CT. TR-03 - TR-13	122
<b>Diagrama 19.</b> Cursograma método mejorado C.T. EX-01	124
<b>Diagrama 20.</b> Cursograma método mejorado C.T. PZ-01	125
<b>Diagrama 21.</b> Diagrama H-M método mejorado C.T. EX-02	126
<b>Diagrama 22.</b> Diagrama H-M método mejorado C.T. TR-16	127
<b>Diagrama 23.</b> Diagrama H-M método mejorado C.T. TR-14	128
<b>Diagrama 24.</b> Diagrama H-M método mejorado C.T. TR-03 – TR-13	129
<b>Diagrama 25.</b> Diagrama H-M método mejorado C.T. EX – 01	130
<b>Diagrama 26.</b> Diagrama H-M método mejorado C.T. PZ-01	131

## LISTA DE ANEXOS

	pág
<b>Anexo A.</b>	<b>208</b>
<b>Anexo B.</b>	<b>234</b>
<b>Anexo C.</b>	<b>256</b>

## RESUMEN

**Título: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS BASADO EN UN ESTUDIO DEL TRABAJO EN LA PLANTA DOS DE INDUSTRIAS PARTMO S.A.\***

**Autores: GARCÍA PEÑARANDA JORGE HERNANDO  
MEZA MEZA CESAR DEL CRISTO\*\***

**Palabras claves: Métodos y tiempos, diseño de experimentos, distribución de planta.**

**Descripción:** El presente estudio consiste en proponer e implementar una serie de mejoras que conlleven a un mejor aprovechamiento de los recursos y a un aumento en la productividad de la planta 2 de Filtros PARTMO S.A., apoyando a la dirección en la búsqueda de herramientas que generen ventajas competitivas las cuáles le permitan hacer frente al exigente entorno actual del sector metalmecánico basada en la filosofía del mejoramiento continuo.

El documento comienza con la descripción de la empresa, se presenta el marco teórico que se utilizó para la ejecución del proyecto. La tercera parte muestra con detalles las características del proceso productivo en la planta 2 de Industrias PARTMO S.A. determinando las principales diferencias técnicas entre las diferentes líneas de producción. La cuarta parte define cada una de las etapas que conforman el estudio de mejoramiento de procesos, dividiéndose este en tres actividades principales como lo son: determinación de estándares y actualización de tiempos de producción utilizando técnicas estadísticas realizado en las líneas de filtros sellado y C.A.V. , mejoramiento de métodos en los centros de trabajo de las líneas de filtros Sellado, C.A.V., Aire, Cartucho y PMX buscando un mejor aprovechamiento de recursos y por último la mejora en la distribución de planta de las líneas de producción de filtros tipo cartucho y PMX. El estudio concluye con el aseguramiento de las mejoras implementadas y las recomendaciones pertinentes.

El proceso de mejoramiento en la planta 2 de Industrias PARTMO incluye:

- El análisis del método de trabajo actual para las operaciones seleccionadas en el estudio y la propuesta e implementación de mejoras que permitan aprovechar de una manera más adecuada los recursos utilizados para la fabricación de filtros.
- La definición de variables que determinen los tiempos de producción, toma física de tiempos y comprobación de hipótesis sobre las variables definidas utilizando herramientas estadísticas, por último se actualizaron los tiempos en el sistema de costos, contribuyendo con el proceso de planeación de la producción y evaluación del personal operativo.
- El examen de la distribución de planta actual para las líneas de fabricación de filtros tipo cartucho y PMX, la aplicación de métodos sistemáticos para generar alternativas de distribución teniendo en cuenta factores definidos en el estudio y la selección de una alternativa y su respectiva implementación.

---

\* Proyecto de grado

\*\* Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, Ing. Ana Carmenza Buitrago.

## SUMMARY

**Title: DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A PROGRAM OF IMPROVEMENT OF THE PRODUCTIVE PROCESSES BASED IN A WORK STUDY WORK IN THE PLANT TWO OF PARTMO INDUSTRIES CORP.\***

**Authors: GARCÍA PEÑARANDA JORGE HERNANDO  
MEZA MEZA CESAR DEL CRISTO\*\***

**Key words: Methods and times, design of experiments, plant layout.**

**Description:** The present study consists on to propose and to implement a series of improvements that bear to a better use of the resources and an increase the productivity of the plant 2 of PARTMO Industries CORP., supporting to the direction in the search of tools that generate competitive advantages those which allow them to make in front of the demanding current environment of the metal-mechanic sector based on the philosophy of the continuous improvement.

The document begins with the description of the company; the theoretical mark is presented that was used for the execution of the project. The third part shows with details the characteristics of the productive process in the plant 2 of PARTMO Industries CORP. determining the main technique differences among the different production lines. The fourth part defines each one of the stages that conform the study of improvement of processes, being divided this in three main activities as they are it: determination of standard and upgrade of times of production using statistical techniques carried out in the lines of filters “sellado” and C.A.V., improvement of methods in the centers of work of the lines of filters “sellado” y C.A.V., Air, Cartridge and PMX looking for a better use of resources and lastly the improvement in the distribution of plant of the lines of production of filters type cartridge and PMX. The study concludes with the insurance of the implemented improvements and the pertinent recommendations.

The process of improvement in the plant 2 of Industries PARTMO includes:

- The analysis of the current method of work for the operations selected in the study and the proposal and implementation of improvements that allow to take advantage in a more appropriate way the resources used for the production of filters.
- The definition of variables that determine the times of production, physics take of times and hypothesis confirmation on the defined variables using statistical tools, lastly the times were upgraded in the system of costs, contributing with the planning process of production and the operative personal evaluation.

The exam of the distribution of current plant for the lines of production of filters type cartridge and PMX, the application of systematic methods to generate alternative of distribution keeping in mind factors defined in the study, the selection of an alternative and it's respective implementation.

---

\* Grade work

\*\* Faculty of Physical-mechanical engineerings, School of Industrial and Managerial Studies, Ing. Ana Carmenza Buitrago

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad las empresas se desarrollan en mercados globalizados, dinámicos y altamente competitivos. Es por ello que hoy las empresas buscan continuamente estrategias que les permitan menores desperdicios, reducción de tiempos de manufactura, optimización de diversos recursos, entre otros.

La Globalización, la fuerte competencia y el Mercado terminan exigiendo un cambio organizacional en la forma de abordar las unidades de procesos en su contexto. Es necesario examinar los negocios para enfrentar y aliviar las actuales dificultades. Esto origina que las empresas Colombianas tengan la imperiosa necesidad de obtener una producción cada vez mayor como vía de solución a su situación actual y a la inserción en el mercado internacional.

Es así, como el mejoramiento en forma continua de todos los campos de la empresa se ha convertido en una labor primaria de la gerencia, siendo el área de producción una de las prioridades, ya que dedicar esfuerzos en el incremento de la eficacia de los procesos es un factor determinante para aumentar la productividad, comprendiendo actividades como aumento de la calidad, reducción de costos, establecimiento de tiempos estándar, innovación tecnológica, nuevos métodos de trabajo, entre otras.

Por medio de este trabajo se proyecta realizar actividades que conlleven a un aumento en la productividad de Filtros PARTMO S.A., apoyando a la dirección en la búsqueda de herramientas que generen ventajas competitivas las cuáles le permitan hacer frente al exigente entorno actual del sector metalmecánico basada en la filosofía del mejoramiento continuo.

El presente estudio está estructurado en 6 capítulos, en el primero se conoce el aspecto organizacional de la empresa, así como sus procesos productivos, en el segundo se estudiaron las bases teóricas necesarias para realizar el proyecto; seguidamente en el tercer capítulo se analiza la situación actual de los procesos productivos teniendo en cuenta las necesidades planteadas por la dirección del departamento de producción.

A partir de este análisis se decide enfocar el estudio en tres actividades principales comprendiendo los tres capítulos restantes: determinación de estándares y actualización de tiempos de producción, mejoramiento de métodos de trabajo buscando un mejor aprovechamiento de recursos y por último la mejora en la distribución de planta de las líneas de producción de filtros tipo cartucho y PMX. El estudio concluye con el aseguramiento de las mejoras implementadas y las recomendaciones pertinentes.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Establecer e implementar un programa de mejoramiento en el área de producción en la planta 2 de Industrias PARTMO S.A. basado en el estudio del trabajo, con la finalidad de maximizar la productividad de las líneas y así mismo mejorar la eficiencia del proceso productivo.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Contribuir al proceso de planeación de la producción mediante la identificación de patrones que determinen los tiempos de producción.
- Proponer, establecer e implementar alternativas de mejora en el método de trabajo en los procesos operativos de la planta 2 mediante las técnicas del estudio del trabajo.
- Diseñar la distribución de planta para las líneas de filtro tipo cartucho y PMX, teniendo en cuenta el método de SLP.
- Asegurar las mejoras realizadas en los procesos mediante el seguimiento a los indicadores de desempeño respectivos.

## JUSTIFICACIÓN

El tema de la productividad ha preocupado desde siempre a la administración de las empresas, por esto, no es de sorprenderse que muchas de estas tengan problemas para definir un programa de mejoramiento de sus procesos debido a que no se hace hincapié en el enfoque sistémico para buscar un aumento de la productividad, interrelacionando y actuando sobre todos y cada uno de los factores que influyen en ella. Este enfoque compromete a cada uno de los actores de la organización que deben tener un interés común por buscar las soluciones que se necesitan para realizar una gestión más eficiente.

Industrias PARTMO S.A. es consciente de la necesidad de hacer un uso más adecuado de los recursos. Para ello se pretende la vinculación de todas las partes involucradas interesadas en el proceso, buscando mejorar el aprovechamiento de los recursos dejando claro los beneficios que se obtendrán al aplicar herramientas de mejoramiento de procesos.

Algunos de los beneficios que se esperan obtener con el programa de mejoramiento son:

- Aumento de la capacidad de producción de la empresa, mejorando el uso de los recursos disponibles.
- Mayor orientación hacia los objetivos empresariales y hacia las expectativas de sus clientes. Contribuyendo además, a dar cumplimiento de la misión y la visión empresarial.
- Mejorar la efectividad de la planeación de producción al disponer de tiempos de producción actualizados y de estándares de producción de fácil aplicación.
- Mejorar la calidad de los productos debido a la estandarización de los procesos.

- Optimizar los procesos mediante la reducción de despilfarro al eliminar actividades innecesarias.

Tomando en cuenta lo anterior, se considera que la implementación de un programa de mejoramiento de procesos y la actualización de los tiempos de producción en la planta 2 de Industrias PARTMO S.A., le permitirá a la empresa mejorar la calidad de sus productos y de los procesos productivos, haciendo un uso más racional de los recursos, herramienta clave para la creación de ventajas competitivas que le asegurarán la permanencia en el mercado actual, mayor respuesta a las expectativas de los clientes y aumentar su cobertura hacia nuevos mercados.

## **1. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA**

### **1.1 RESEÑA HISTÓRICA**

Con la idea de hacer industria, nace el 6 de diciembre de 1.962 INDUSTRIAS PARTMO, y con el deseo de fabricar filtros para vehículos, maquinaria agrícola e industrial.

En sus inicios la empresa lanzó los primeros filtros al mercado nacional, aprovechando la escasez de este elemento en el país y, a pesar de la gran resistencia existente por el producto nacional en aquellos momentos, la respuesta del mercado fue positiva, marcando crecimientos considerables en las líneas de producción y comercialización de sus productos que la llevaron a ser la primera fábrica en Colombia por su calidad.

A partir de la década de los 90's se inicia una nueva etapa en la vida empresarial de INDUSTRIAS PARTMO S.A. Desde 1.993, implementa un programa de mejoramiento continuo a nivel humano e industrial, que le permite el desarrollo y crecimiento bajo unos esquemas administrativos, plasmados en su Planeación Estratégica anual; la reconversión tecnológica, el mejoramiento continuo de los procesos administrativos, técnicos y operativos, y la formulación de proyectos y programas de crecimiento personal y acción grupal, constituyeron el pilar de su nueva gestión. Cabe resaltar que este programa de mejoramiento se implementó solo en su planta principal debido a que para esta fecha no se contaba con una segunda planta de producción. Desde el año 1999 fue instalada la Planta 2 de Industrias Partmo, ubicada en la Carrera 14 # 3-54 donde se inició un programa de mejoramiento para los procesos administrativos, técnicos y operativos, sobre el

cual se ha venido trabajando con el fin de lograr la certificación de aseguramiento de la calidad para los filtros de la línea de Aire y Agro-Industrial, línea que solo es producida en esta planta.

La administración participativa, los procesos de aprendizaje empresarial, la aplicación de la Planeación Estratégica y el proceso para el logro de la Certificación y Aseguramiento de la Calidad ISO 9002:94, pronto generaron una nueva cultura empresarial.

En el año 2001, se logra el máximo reconocimiento al esfuerzo y dedicación de todos los que integran la Familia PARTMO, el “certificado de Aseguramiento ISO 9002:94 para filtros de aceite completo”. En el año 2002, Filtros PARTMO, abre el horizonte hacia un proceso de nuevos retos y nuevas metas logradas, impulsando y fortaleciendo los procesos de modernización en la calidad de los componentes para el sector automotriz, la ampliación del alcance de la gestión de la calidad a los filtros para aceite, combustible, agua y separadores agua-combustible, las exportaciones a países como Estados Unidos, Venezuela, Ecuador, Bolivia, México y Argentina, la actualización y certificación de su Sistema de gestión de calidad bajo requisitos de la norma ISO 9001:2000 y la incursión hacia el cumplimiento de los nuevos lineamientos para el sector automotriz en la planeación, desarrollo, producción, instalación y servicio bajo normas ISO/TS 16949.

Hoy después de 42 años, INDUSTRIAS PARTMO S.A. continúa con el objetivo de ofrecer siempre los mejores productos y el mejor servicio para permanecer a la vanguardia de los filtros y la filtración, con el respaldo de una gestión de calidad certificada bajo estándares mundiales.

## **1.2 RAZÓN SOCIAL Y OBJETO SOCIAL**

### **RAZÓN SOCIAL**

INDUSTRIAS PARTMO S.A.

**NIT:** 890.200.491-0

### **OBJETO SOCIAL**

Fabricación y comercialización nacional e internacional de toda clase de filtros, repuestos y accesorios para automotores, maquinaria y equipo industrial.

Comercialización nacional e internacional de toda clase de materia prima e insumos requeridos para la fabricación de filtros para automotores, maquinaria y equipo industrial.

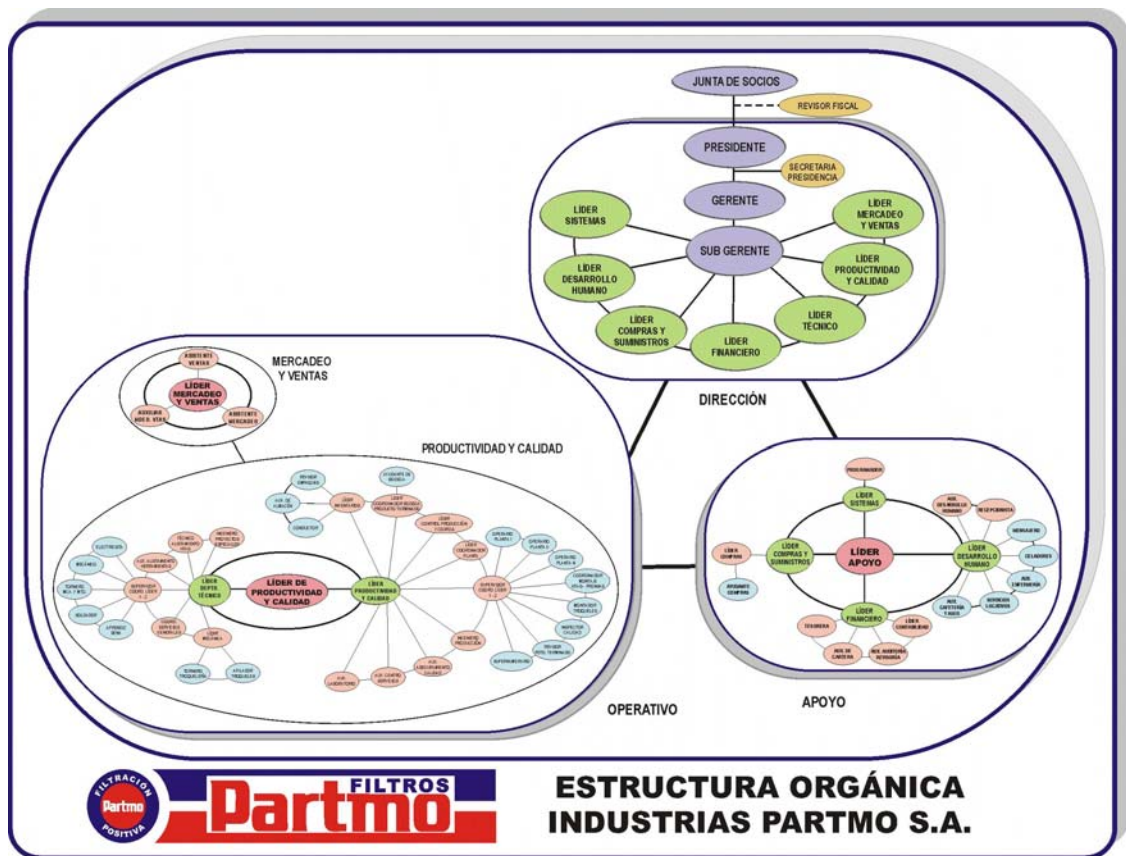
## **1.3 GENERALIDADES DE LA EMPRESA**

**1.3.1 Organización administrativa de la empresa.** Industrias PARTMO S.A. se ha organizado bajo una estructura plana por equipos de trabajo donde prevalece un grupo operativo integrado por las áreas de Mercadeo y Ventas y el área de Productividad; estos equipos tienen como misión fundamental hacer realidad la satisfacción de las necesidades y expectativas de los clientes en referencia al producto y servicio. Con un respaldo efectivo directo de los equipos de dirección y apoyo a los requerimientos del grupo operativo, la organización responde bajo una

orientación del cliente como pilar fundamental en el desarrollo y crecimiento de la compañía.

### 1.3.2 Estructura organizacional de la empresa

Figura 1. Organigrama Industrias PARTMO S.A.



Fuente. Departamento de talento humano Industrias PARTMO

**1.3.3 Misión – Visión.** Industrias PARTMO S.A. ha fijado dentro de su planeación estratégica la siguiente misión y visión.

**MISIÓN.** *“Satisfacer las necesidades y deseos de nuestros clientes en el campo de la filtración y productos afines, manteniendo un clima organizacional que permita disfrutar a nuestros colaboradores de un trabajo con el constante crecimiento de todos, para el logro de los objetivos personales y empresariales.*

*Continuaremos representando con orgullo, a la industria santandereana a nivel nacional e internacional.”*

**VISIÓN.** *“INDUSTRIAS PARTMO S.A. dirigirá durante los próximos cinco años sus esfuerzos hacia el cambio de pensamiento, buscando la diversificación, integración y alianzas estratégicas en la fabricación y/o distribución de productos afines, en correspondencia con la dinamización de una cultura de mejoramiento individual y grupal de quienes la integren.”*

**1.3.4 Sistema de calidad.** *“En Industrias Partmo el sistema de Calidad obedece a los requisitos establecidos en la norma ISO 9001:2000, cubriendo todos y cada uno de los niveles de la organización. Prácticas, procedimientos, procesos y recursos se han integrado para asegurar la gestión sistema de calidad en la fabricación y comercialización de filtros, considerando como base fundamental la política, los objetivos y las prácticas de calidad documentadas en el manual de la misma y el plan de calidad de los productos.*

*La filosofía de Industrias Partmo es una práctica permanente de acuerdos en productos y servicios con la persona más importante de la organización “el cliente”. Con él, Industrias Partmo mantiene un compromiso de asegurar un sistema de gestión de la calidad que le brinde la confianza para su comercialización, instalación, uso y aplicación de filtros.*

*El sistema de control y monitoreo de procesos permite asegurar que los filtros se fabrican, ingresan a las bodegas, se almacenan, embalan, preservan y despachan bajo los más severos y estrictos controles que califican las unidades con los más altos estándares de calidad.”*

**Política de Calidad.** *“Es política de calidad de industrias PARTMO S.A., satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes de filtros, mediante el fomento y desarrollo de la toma de conciencia irradiada a todas las áreas de la empresa, en donde prime el compromiso individual y grupal de todos los colaboradores en producir filtros, de acuerdo con la pertinencia e importancia de su participación activa en los procesos del Sistema de Gestión de Calidad, con la asignación de los recursos requeridos para su efectiva ejecución.*

*En Industrias Partmo S.A. se desarrolla la gestión de calidad en forma objetiva, buscando mejorar en forma continua la eficacia del sistema de gestión de calidad, con el fin de mantener un sistema eficiente, eficaz y confiable, firme propósito de nuestra organización.”*

**Objetivos de Calidad.** *“Dentro del programa de aseguramiento de la calidad, la empresa ha definido los siguientes objetivos:*

- *Alcanzar certificaciones y/o reconocimientos del sistema de calidad de INDUSTRIAS PARTMO S.A.*
- *Mantener un contacto diario y objetivo con sus clientes distribuidores y usuarios finales, buscando la satisfacción y confianza en la aplicación y el uso de los filtros.*

- *Atender en forma ágil y oportuna las reclamaciones de los clientes sobre los filtros, siguiendo un procedimiento que asegure la satisfacción del cliente en un tiempo no mayor a ocho días.*
- *Trabajar en un proceso continuo de mejoramiento de las capacidades de todo el personal en la organización, a través de la escuela de desarrollo humano, proporcionando acciones de formación, entrenamiento integral y evaluación durante todo el año.*
- *Realizar prácticas que permitan la participación de y hacia todos los niveles de la organización, mediante un programa donde se propongan ideas o sugerencias a mejora de procesos, procedimientos y operaciones, que ayuden a desarrollar el potencial creativo de todo el personal a nivel individual y por grupos naturales.*
- *Aplicar inspecciones con controles claramente definidos y propiciar que cada persona controle su operación para garantizar que se pueda distinguir el producto conforme del no conforme, mediante la aprobación, control y seguimiento a los procesos.*
- *Establecer acciones correctivas y preventivas en el grado adecuado para la magnitud de los problemas y los riesgos encontrados y así eliminar las causas y prevenir el uso de productos no conformes.*
- *Mantener proveedores evaluados y aprobados de acuerdo a los criterios de selección y evaluación, bajo lineamientos del sistema de aseguramiento ISO 9000, que aseguren la calidad de los materiales e insumos utilizados.*
- *Verificar la conformidad de todas las disposiciones de la dirección, definidas para el sistema de calidad, mediante la planeación y ejecución de auditorías internas.*
- *Alcanzar niveles óptimos de servicio y atención a los clientes, mediante la satisfacción de las perspectivas de calidad, cantidad, tiempos de entrega y precio.”*

## 1.4 CLIENTES

La distribución de los productos es directa a distribuidores mayoristas y grandes empresas. La cadena de comercialización de Industrias Partmo se extiende con distribuidores, estaciones de servicio, servitecas, lubritecas, cambiaderos de aceite, talleres de servicio especializados, grandes industrias, almacenes de repuestos, etc.

De acuerdo a los productos elaborados, INDUSTRIAS PARTMO S.A., ha segmentado su mercado en tres sectores:

- Sector automotor pesado (buses, camiones, maquinaria agrícola, etc.)
- Sector automotor mediano (busetas, camionetas)
- Sector automotor liviano (carros y vehículos livianos)

A nivel nacional, INDUSTRIAS PARTMO S.A. cubre todo el territorio nacional desde sus zonas estratégicas:

- Valle del Cauca y Nariño
- Zona Cundi–Boyacense
- Zona Oriente (Santanderes y Cesar)
- Zona Costa Atlántica
- Zona Eje Cafetero
- Zona Antioquia

En cada una de las zonas, INDUSTRIAS PARTMO S.A. hace presencia a través de su red distribuidores.

**Tabla 1. Lista de clientes Nacionales**

<b>RAZON SOCIAL</b>	<b>CIUDAD</b>	<b>ZONA</b>
DISTRILLANTAS	IBAGUE	EJE CAFETERO
FILTROS DEL TOLIMA	IBAGUE	EJE CAFETERO
COEXITO S.A.	IBAGUE	EJE CAFETERO
FILTROS Y REPUESTOS	PEREIRA	EJE CAFETERO
COEXITO S.A.	PEREIRA	EJE CAFETERO
BERNARDO TRUJILLO	MANIZALES	EJE CAFETERO
COEXITO S.A.	PASTO	VALLE Y NARIÑO
FILTROS Y FILTROS	CALI	VALLE Y NARIÑO
MUNDIAL DE FILTROS	CALI	VALLE Y NARIÑO
AGROFILTER	CALI	VALLE Y NARIÑO
COEXITO S.A.	CALI	VALLE Y NARIÑO
CALI-YUMBO	YUMBO	VALLE Y NARIÑO
CLEOMEDES JOSE CABALLERO	BOGOTA D.C.	CUNDI-BOYACENSE
MANUF. DE CAICHO	BOGOTA D.C.	CUNDI-BOYACENSE
AGROFILTER	BOGOTA D.C.	CUNDI-BOYACENSE
COEXITO S.A.	BOGOTA D.C.	CUNDI-BOYACENSE
JESUS CORTES	BOGOTA D.C.	CUNDI-BOYACENSE
DISTRIB ZONA INDUSTRIAL	BOGOTA D.C.	CUNDI-BOYACENSE
INTERFIL	BOGOTA D.C.	CUNDI-BOYACENSE
COEXITO S.A.	VILLAVICENCIO	CUNDI-BOYACENSE
TECNIFIL LTDA	BOGOTA D.C.	CUNDI-BOYACENSE
NTS NATIONAL TRUCK SERVICE S.A.	BOGOTA D.C.	CUNDI-BOYACENSE
TECNILLANTAS TUNJA	TUNJA	CUNDI-BOYACENSE
AGROFILTER	DUITAMA	CUNDI-BOYACENSE
MAGNICENTRO 127	BOGOTA D.C.	CUNDI-BOYACENSE
COEXITO S.A.	B/QUILLA	COSTA ATLANTICA
MARCO JULIO RINCON	MONTERIA	COSTA ATLANTICA
RAFAEL SERRANO	B/QUILLA	COSTA ATLANTICA
DIGABE DEL CARIBE E.U.	B/QUILLA	COSTA ATLANTICA
LUBRICANTES MEDELLIN	SINCELEJO	COSTA ATLANTICA
LUBRIC Y GRASAS DEL CARIBE	B/QUILLA	COSTA ATLANTICA
PROLLANTAS	B/QUILLA	COSTA ATLANTICA
COEXITO S.A.	SINCELEJO	COSTA ATLANTICA
TECNILLANTAS	CARTAGENA	COSTA ATLANTICA
TECNILLANTAS	SANTA MARTA	COSTA ATLANTICA
MULTILBRICANTES	MEDELLIN	ANTIOQUIA
LUBRITEXAS	MEDELLIN	ANTIOQUIA
DISTRIB. GABE	MEDELLIN	ANTIOQUIA
LUBRITODO	MEDELLIN	ANTIOQUIA
COMERC. UCAYALI	MEDELLIN	ANTIOQUIA
COEXITO S.A.	MEDELLIN	ANTIOQUIA
EST. DE SERVICIO STA MARTA	B/MANGA	ORIENTE
LUBRICANTES LA 61	B/MANGA	ORIENTE
ECOPETROL	B/BERMEJA	ORIENTE
ECOPETROL	CANTAGALLO	ORIENTE
COODEPETROL	B/MANGA	ORIENTE
NOR-PARTES	B/MANGA	ORIENTE
COEXITO S.A.	B/MANGA	ORIENTE
JORGE HERNANDO GARCIA M.	B/MANGA	ORIENTE

<b>RAZON SOCIAL</b>	<b>CIUDAD</b>	<b>ZONA</b>
INSERCOL	B/MANGA	ORIENTE
LUBRICAMOS	B/MANGA	ORIENTE
FILTROS DEL ORIENTE	B/MANGA	ORIENTE
MULTIFILTROS	B/MANGA	ORIENTE
EMP. DE ASEO DE BUCARAMANGA	B/MANGA	ORIENTE
LUBRITAXI	B/MANGA	ORIENTE
SOTRASUR	B/MANGA	ORIENTE
LUBRICAR	CUCUTA	ORIENTE
COEXITO S.A.	VALLEDUPAR	ORIENTE
DISTRIVALLE	VALLEDUPAR	ORIENTE
LUBRI-NORTE	VALLEDUPAR	ORIENTE

Fuente: Departamento de mercadeo Industrias PARTMO S.A.

La comercialización de los filtros a nivel internacional se realiza por intermedio de una red de distribución exclusiva, con presencia en países como Estados Unidos, Venezuela, Ecuador, México, Bolivia y Argentina.

**Tabla 2.** Lista de clientes Internacionales

<b>RAZON SOCIAL</b>	<b>CIUDAD</b>	<b>PAIS</b>
AUTOPARTES ANDINAS	QUITO	ECUADOR
VENEMPRET	TINAQUILLO	VENEZUELA
PARFAI C.A.	VALENCIA	VENEZUELA
GRUPO DAOSA S.A.	MEXICO	MEXICO
TECNIFAISSA LTDA	QUITO	ECUADOR
GOLD TRADE MAKER CORP.	MIAMI	U.S.A.

Fuente: Departamento de mercadeo Industrias PARTMO S.A.

## 1.5 SISTEMA DE COMPRAS Y RELACIÓN CON PROVEEDORES

El sistema de compras de INDUSTRIAS PARTMO S.A. se realiza mensualmente basado en el presupuesto de producción realizado por el departamento de Mercadeo y Ventas y aprobado por el departamento de producción. De acuerdo con las prioridades establecidas en dicho presupuesto, se establecen los pedidos de materia prima requerida teniendo en cuenta los plazos de entrega y/o tiempos

de suministro para cada uno de los materiales. Teniendo en cuenta que existen materias primas cuyo tiempo de suministro es alto, los pedidos se realizan con base en los stocks de seguridad establecidos para cada una de estas materias primas.

Los principales proveedores de INDUSTRIAS PARTMO S.A. son relacionados en la siguiente tabla:

**Tabla 3. Lista de Proveedores**

<b>PROVEEDOR</b>	<b>PAIS</b>	<b>MATERIA PRIMA</b>
Hovomex S.A. de C.V.	MEXICO	Papel filtrante
AHLSTROM	BRASIL	Papel filtrante
CESDA S.A.	Bogotá, COLOMBIA	Láminas de acero
SIDERURGICA DEL ORINOCO	Bogotá, COLOMBIA	Láminas de acero
ACESCO S.A.	B/quilla, COLOMBIA	hojalata
Colombiana de Frenos	Bogotá, COLOMBIA	Láminas de acero
Distribuidora Láminas Ltda.	Bogotá, COLOMBIA	Láminas de acero
Aceros Cortados S.A.	Bogotá, COLOMBIA	Láminas de acero
Centro Aceros del Caribe.	B/quilla, COLOMBIA	Láminas de aluminio
Carlixplast Ltda.	B/manga, COLOMBIA	Bolsas plásticas
Compañía PINTUCO S.A.	B/manga, COLOMBIA	Pintura horneable
Cartón de Colombia S.A.	B/manga, COLOMBIA	Cajas de cartón
Cartones América S.A.	Bogotá, COLOMBIA	Cajas de cartón
Manufacturas de Caucho	Bogotá, COLOMBIA	Empaques
American Rubber de Colombia	Bogotá, COLOMBIA	Empaques
Industrias CADI S.A.	Medellín, COLOMBIA	Empaques
Andina de Cartones Especiales	Cali, COLOMBIA	Corrugadas
CRYOVAC	Bogotá, COLOMBIA	Plástico termoencogible

Fuente: Departamento de compras Industrias PARTMO S.A.

## **1.6 SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA**

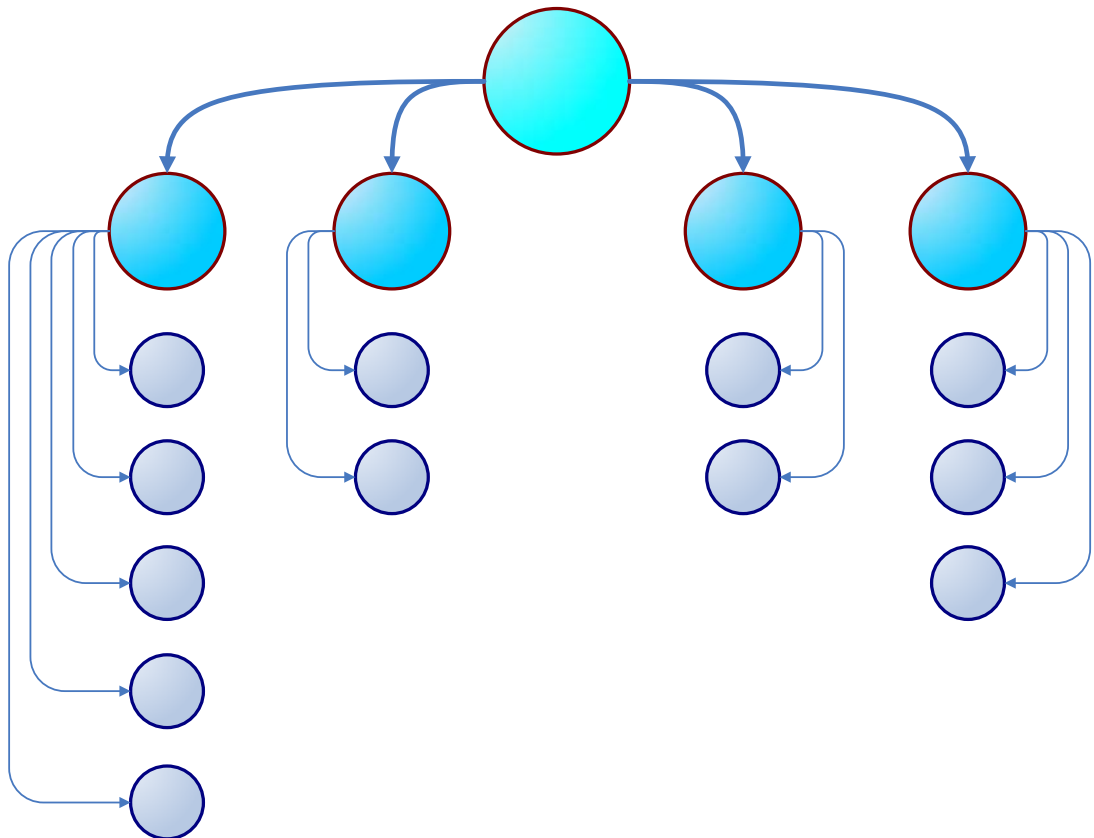
En la Planta 2 de Industrias PARTMO S.A. actualmente se elaboran los productos de las líneas de filtros de Aire, Cartucho, PMX, CAV y los filtros sellados para automotores livianos.

La empresa ha venido manifestando la necesidad de aumentar su capacidad de producción ya que actualmente se satisface solo el mercado nacional y se necesita incrementar el volumen de producción para poder ampliar su cobertura internacional. Una de las acciones es hacer uso más racional de los materiales empleados en la producción de sus líneas para con ello aumentar su productividad. En este caso los materiales metálicos se convierten en el principal aspecto a mejorar ya que de éste se fabrican el 80% de las partes que componen el filtro. Las características de este material determinan la manera como se deben realizar las operaciones en cada centro de trabajo y es donde se evidencia despilfarro tanto de material como de tiempo improductivo ya que se deben realizar actividades que no agregan valor pero que se han constituido como necesarias en la realización de las operaciones.

La programación de la producción se realiza con base en tiempos de operaciones desactualizados, lo que no garantiza que lo programado sea confiable.

El presente estudio se dividió en diferentes análisis aplicados para determinadas líneas de producción como se muestra a continuación.

**Figura 2.** Esquema del estudio



Este esquema demuestra el alcance del trabajo realizado en la planta de producción identificando el estudio realizado en los procesos de cada línea de filtros.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 ESTUDIO DEL TRABAJO

**2.1.1 Estudio de métodos.** Investigar y perfeccionar las operaciones en el lugar de trabajo no es nada nuevo; los buenos dirigentes lo están haciendo desde que se organizó por primera vez el esfuerzo humano para acometer grandes empresas. Siempre ha habido dirigentes de extraordinaria capacidad “genios” que lograron realizar notables progresos, pero, lamentablemente, ningún país parece poseer un número adecuado de dirigentes competentes. De ahí la gran utilidad del estudio del trabajo, pues aplicando sus procedimientos sistemáticos un dirigente puede lograr resultados equiparables, e incluso superiores, a los obtenidos en otras épocas por hombres geniales pero menos sistemáticos.\*

El estudio del trabajo da resultados porque es sistemático, tanto para investigar los problemas como para buscarles solución. Pero la investigación sistemática requiere tiempo y, por eso, en todas las empresas, salvo en las más pequeñas, las personas que mandan no son las más recomendables para encargarse del estudio del trabajo. El director de una fábrica o el jefe de un taller, por competentes que sean, difícilmente disponen de suficiente tiempo sin interrupciones, mientras cumplen su labor cotidiana con sus múltiples problemas humanos y materiales, para dedicarlo enteramente al estudio de una sola actividad de la fábrica. Por eso les es casi imposible conocer todos los datos sobre lo que está sucediendo en tal actividad. Ahora bien, sin todos los datos es imposible estar seguro de que las modificaciones que se hacen se basan en información exacta y van a surtir efecto. Para enterarse a fondo de lo que ocurre en el lugar o zona donde se trabaja es

---

\* OIT, Introducción al estudio del trabajo.

indispensable estudiar y observar continuamente, y por sí mismo, el desarrollo de las actividades. Esto significa que el estudio del trabajo deberá encomendarse siempre a quien pueda dedicarse a él exclusivamente y sin ejercer funciones de dirección, a alguien que pertenezca a la línea jerárquica asesora y no de mando. El estudio del trabajo es un servicio a los directores y mandos intermedios.

Las principales ventajas del estudio del trabajo son:

- Es un medio para aumentar la productividad de una industria o instalación mediante la reorganización del trabajo, método que normalmente requiere poco o ningún desembolso de capital para instalaciones o equipo.
- Es sistemático, de modo que no se puede pasar por alto ninguno de los factores que influyen en la eficacia de una operación, ni al analizar las prácticas existentes ni al crear otras nuevas, y que se recogen todos los datos relacionados con la operación.
- Es el método más exacto conocido hasta ahora para establecer normas de rendimiento, de las que dependen la planificación y el control eficaces de la producción.
- Puede contribuir a la mejoría de la seguridad y las condiciones de trabajo al poner de manifiesto las operaciones riesgosas y establecer métodos seguros para efectuar las operaciones.
- Las economías resultantes de la aplicación correcta del estudio del trabajo comienzan de inmediato y continúan mientras duren las operaciones en su forma mejorada.
- Es un instrumento que puede ser utilizado en todas partes. Dará buen resultado dondequiera que se realice trabajo manual o funcione una instalación.
- Es relativamente poco costoso y de fácil aplicación.
- Es uno de los instrumentos de investigación más penetrantes de que dispone la dirección. Por eso es un arma excelente para atacar las fallas de cualquier

organización, ya que al investigar un grupo de problemas se van descubriendo las deficiencias de todas las demás funciones que repercuten en ellos.

Las técnicas que comprenden el estudio del trabajo son el estudio de métodos y la medición del trabajo. El estudio de métodos es el registro y examen crítico sistemáticos de los modos de realizar actividades, con el fin de efectuar mejoras. La medición del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea según una norma de rendimiento preestablecida. El estudio de métodos y la medición del trabajo están, estrechamente vinculados. El estudio de métodos se relaciona con la reducción del contenido de trabajo de una tarea u operación. En cambio, la medición del trabajo se relaciona con la investigación de cualquier tiempo improductivo asociado con ésta, y con la consecuente determinación de normas de tiempo para ejecutar la operación de una manera mejorada, tal como ha sido determinada por el estudio de métodos.

El procedimiento básico para el estudio del trabajo se compone de las siguientes etapas fundamentales:\*

- **Seleccionar** el trabajo o proceso que se ha de estudiar.
- **Registrar** o recolectar todos los datos relevantes acerca de la tarea o proceso, utilizando las técnicas más apropiadas.
- **Examinar** los hechos registrados con espíritu crítico, preguntándose si se justifica lo que se hace, según el propósito de la actividad; el lugar donde se lleva a cabo; el orden en que se ejecuta; quién la ejecuta, y los medios empleados.

---

\* Ibid., p.

- **Establecer** el método más económico, teniendo en cuenta todas las circunstancias y utilizando las diversas técnicas de gestión así como los aportes de dirigentes, supervisores, trabajadores y otros especialistas, cuyos enfoques deben analizarse y discutirse.
- **Evaluar** los resultados obtenidos con el nuevo método en comparación con la cantidad de trabajo necesario y establecer un tiempo tipo.
- **Definir** el nuevo método y el tiempo correspondiente, y presentar dicho método, ya sea verbalmente o por escrito, a todas las personas a quienes concierne, utilizando demostraciones.
- **Implantar** el nuevo método formando a las personas interesadas, como práctica general aceptada con el tiempo fijado.

**2.1.2 Medición del trabajo**<sup>\*</sup>. La medición del trabajo, como su nombre lo indica, es el medio por el cual la dirección puede medir el tiempo que se invierte en ejecutar una operación o una serie de operaciones de tal forma que el tiempo improductivo se destaque y sea posible separarlo del improductivo. Así se descubren su existencia, naturaleza e importancia, que antes estaban ocultas dentro del tiempo total.

Otra función de la medición del trabajo es fijar tiempos tipo de la ejecución del trabajo, y si más adelante surgen tiempos improductivos, se notarán inmediatamente porque la operación tardará más que el tiempo tipo, y la dirección pronto se enterará.

---

<sup>\*</sup> Ibid., p.

La medición del trabajo es fundamental dentro de una organización ya que sirve para:

- Facilitar la información, sobre lo que se basará el programa de producción
- Comparar la eficacia de diferentes métodos en igualdad de condiciones
- Facilitar la información sobre costos y así determinar costos estándar
- Establecer sistemas de remuneración por rendimientos, por destajo o índices de productividad

⌚ **Estudio de tiempos.** El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas, y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida.

⌚ **Selección del trabajo.** Lo primero que hay que hacer en el estudio de tiempos es seleccionar el trabajo que se va a estudiar. La elección rara vez se hace sin un motivo preciso, que de por sí obliga a elegir determinada tarea. Si el propósito del estudio es fijar normas de rendimiento, normalmente no se debería hacer mientras no se haya establecido y definido con un estudio de métodos la mejor forma de ejecutar el trabajo.

⌚ **Etapas del estudio de tiempos.** Una vez elegido el trabajo que se va a analizar, el estudio de tiempos suele constar de las ocho etapas siguientes:

1. Obtener y registrar toda la información posible acerca de la tarea, del operario y de las condiciones que puedan influir en la ejecución del trabajo.
2. Registrar una descripción completa del método descomponiendo la operación en elementos.
3. Examinar ese desglose para verificar si se están utilizando los mejores métodos y movimientos.
4. Medir el tiempo con un instrumento apropiado, generalmente un cronómetro y registrar el tiempo invertido por el operario en llevar a cabo cada elemento de la operación.
5. Determinar simultáneamente la velocidad de trabajo efectiva del operario por correlación con la idea que tenga el analista de lo que debe ser el ritmo tipo.
6. Convertir los tiempos observados en tiempos básicos.
7. Determinar los suplementos que se añadirán al tiempo básico de la operación.
8. Determinar el tiempo tipo propio de la operación.

⌚ **Tiempo de reloj.** Es el tiempo que el operario está realizando la tarea encargada, la cual es medida con el reloj. Es importante mencionar que aquí no se cuentan los paros realizados para atender sus necesidades personales como para descansar de la fatiga producida por el propio trabajo.

⌚ **Tiempo normal.** Es el tiempo que emplearía en la ejecución de la tarea objeto del estudio un operario capacitado desarrollándola a un ritmo “normal”. Tiempo de desempeño observado por unidad por la clasificación de desempeño.

$$\text{Tiempo Normal (TN)} = \text{Tiempo Cronometrado} \times \text{clasificación de Desempeño}$$

⌚ **Clasificación de desempeño.** Es la operación normal mediante la cual se compara el ritmo de trabajo del operario a quien está observando, con el propio concepto de ritmo normal de ejecución para una tarea y para un método dado. Esto se realiza debido a ciertos factores externos, en muchas ocasiones el operario aumenta o disminuye su ritmo de trabajo. Lo que se hace con esta clasificación es tratar de normalizar el tiempo con el que un operario promedio desarrolla dicha tarea.

A este ritmo se le atribuye el valor de 100 en la escala de valoración del ritmo y del desempeño. Si se considera que la operación se está realizando a una velocidad inferior a la que el concepto propio es la norma, se aplicará un factor inferior a 100, por ejemplo 90 o 85. Si en cambio se considera que el ritmo efectivo de trabajo es superior a la norma, se aplicará un factor superior a 100, por ejemplo 110,115 o 120.

⌚ **Tiempo tipo o Tiempo estándar.** Es el tiempo que necesita un trabajador calificado para ejecutar la tarea a medir según un método definido. Este tiempo se determina al agregar al tiempo normal, reservas o suplementos para las necesidades personales (por ejemplo ir al baño o tomar su descanso), demoras inevitables en el trabajo y fatiga del trabajador (física o mental). Este tiempo se debe incluir en toda toma de tiempos.

El tiempo tipo está formado por dos sumandos: el tiempo normal y los suplementos; la obtención de este tiempo se calcula de la siguiente manera:

$$\textit{Tiempo Tipo} = \textit{Tiempo Normal} + (\textit{Tiempo Normal} * \textit{Suplemento})$$

*Trabajador calificado.* Se define como aquel que tiene la experiencia, los conocimientos y otras cualidades necesarias para efectuar el trabajo en curso según normas satisfactorias de seguridad, cantidad y calidad.

⌚ **Asignación de suplementos por descanso y necesidades personales.** Es el tiempo que se añade al tiempo normal para proporcionar al trabajador la oportunidad de recuperarse de los efectos fisiológicos, del gasto de energía, inherentes a la ejecución de un trabajo en condiciones determinadas y para atender sus necesidades personales. Estos periodos de inactividad, calculados según un porcentaje del tiempo normal se valoran según las características propias del trabajador y de las dificultades que presenta la ejecución de la tarea. Estos periodos de inactividad se producen cuando el operario lo desea.

⌚ **Técnicas de medición del trabajo.** Existen cuatro técnicas básicas para medir el trabajo: estudio de tiempos (cronometraje y análisis de micromovimientos filmados), datos de tiempo estándar por elementos, datos predeterminados de tiempo de movimiento y muestreo de trabajo.

La elección de técnicas depende del nivel de detalle deseado y de la naturaleza del trabajo en sí.

Es importante mencionar otras técnicas utilizadas con procedimientos no técnicos, como son: la estimación y los datos históricos, las cuales están basadas en la experiencia profesional y son utilizadas cuando es necesario hacer una estimación cercana al costo de mano de obra para un nuevo producto en el que se involucre procesos conocidos.

**2.1.3 Acoplamiento de máquinas.\*** Es la práctica de hacer que un obrero atienda más de una máquina. En nuestros días, algunas industrias han encontrado resistencia a la práctica del acoplamiento de trabajo de máquinas por parte de las organizaciones sindicales. La mejor manera de lograr que se acepte el acoplamiento de máquinas es demostrando la posibilidad de obtener mayor remuneración. Puesto que el acoplamiento de máquinas aumentará el porcentaje de tiempo de “esfuerzo” durante el ciclo de operación, se acrecienta la oportunidad de ganar mayores incentivos si una empresa trabaja según el plan de salarios del tipo de incentivos. Asimismo, resultarán salarios base más altos al practicar el acoplamiento de máquinas, puesto que el operario adquirirá mayor responsabilidad y tendrá que desarrollar más esfuerzo mental y físico en la operación múltiple de máquinas.

## **2.2 PLANEACIÓN POR DISPOSICIÓN SISTEMÁTICA\*\***

La disposición sistemática se puede aplicar a diferentes niveles: los departamentos de una planta, las máquinas de un departamento e incluso las presentaciones en un tablero exhibidor. Los pasos a seguir son los siguientes:

**Paso 1. Diseñar el cuadro de relaciones.** El cuadro de relaciones constituye el primer paso de la planeación sistemática. Como su nombre lo indica, este cuadro indica la proximidad deseada entre áreas y se clasifica por medio de letras:

**A.** Absolutamente necesaria

**E.** Importante

---

\* NIEBEL, Benjamín. Estudio de tiempos y movimientos.

\*\* KONZ, Stephan. Diseño de sistemas de trabajo.

- I. Importancia ordinaria
- O. No tiene importancia
- X. No conviene la proximidad

Se usan letras en lugar de números porque estos últimos implican más precisión en el juicio que la que es posible. Las relaciones A, B y E se deben justificar con una “Razón para la proximidad”. Las razones dependerán del problema, pero las más comunes son las siguientes:

- 1: Movimiento del producto
- 2: Proximidad del supervisor
- 3: Movimiento de personal
- 4: Movimiento de las herramientas
- 5: Ruido y vibración

**Paso 2. Asignación de espacio a cada área de actividad.** En este paso se exponen las características físicas y las restricciones

**Paso 3. Trazar el diagrama de relación de actividades.** Aquí se enlistan todas las relaciones A que se han registrado en el cuadro de relaciones, luego las B, las C, las D y las E. A continuación se realiza un diagrama solo con las A. Se añaden las B, teniendo en cuenta las restricciones E; luego las C y en seguida las D.

**Paso 4. Realizar un esquema clasificado de los proyectos.** Este esquema se desarrolla a partir del paso 3, tomando las áreas y las restricciones del paso 2. La razón por la cual se realizan dos esquemas por lo menos es que se busque la satisfacción más que la optimización.

**Paso 5. Evaluar las alternativas.** Los criterios y las razones pertinentes varían de uno a otro caso. Por ejemplo: Clasifíquese cada esquema (A= Excelente = 4; B= Bueno = 3; C= Regular = 2; D= Aceptable = 1; E= Malo = 0) luego se calcula la puntuación (Clasificación por razón). Si ya existe un esquema se incluye como alternativa. Definiendo lo mejor como el 100%, se calcula el porcentaje de alternativas. Luego se vuelve atrás y se eligen características de las alternativas para obtener un conjunto mejorado de diseños.

**Paso 6. Detallar el esquema (realizar un proyecto funcional).** En este paso se presentan las alternativas mejoradas al personal administrativo. Una vez hechas las modificaciones necesarias, ejecutar el diseño final.

### **2.3 DISEÑO DE EXPERIMENTOS\***

El diseño estadístico de experimentos permite optimizar la información generada acerca del proceso, en relación a los objetivos planteados.

El diseño de experimentos es la aplicación del método científico para generar conocimiento acerca de un sistema o proceso. Esta herramienta se ha ido consolidando en la industria actual como un conjunto de técnicas estadísticas y de ingeniería, que permiten lograr la máxima eficacia de los procesos con el mínimo costo. El diseño de experimentos es especialmente útil para crear calidad desde la fase de diseño del producto y del proceso; pero también permite lograr mejoras sustanciales en procesos ya establecidos.

---

\* Gutierrez Humberto. De la Vara Román. Análisis y diseño de experimentos.

**2.3.1 Diseños factoriales.** El objetivo de un diseño factorial es estudiar el efecto de varios factores sobre una o varias respuestas o características de calidad, es decir, lo que se busca es estudiar la relación entre los factores y la respuesta, con la finalidad de conocer mejor cómo es esta relación y generar conocimiento que permita tomar acciones y decisiones que mejoren el desempeño del proceso.

Los factores pueden ser de tipo *cualitativo*, los cuales toman valores discretos o de tipo nominal, que no pueden ser fraccionados (máquinas, tipos de material, operador, la presencia o ausencia de una operación previa, etc.), o de tipo *cuantitativo*, en los cuales sus niveles de prueba pueden tomar cualquier valor dentro de cierto intervalo, la escala es continua, como por ejemplo: temperatura, humedad, velocidad, presión, entre otros. Para poder estudiar la manera en que influye cada factor sobre la variable de respuesta, es necesario elegir al menos dos niveles de prueba para cada uno de ellos, por ejemplo: dos máquinas, dos operadores, tres velocidades, dos temperaturas). Con el diseño factorial completo se corren aleatoriamente en el proceso todas las posibles combinaciones que pueden formarse con los niveles seleccionados.

◆ **Efecto de un factor.** El efecto de un factor es un cambio en la respuesta medida ocasionado por un cambio en el nivel de ese factor, los tres efectos de interés en un experimento factorial son los *simples*, los *principales* y los de *interacción*.

◆ **Ventajas de los diseños factoriales\***. Son diseños que se pueden aumentar para formar diseños compuestos en caso de que se requiera una exploración mas completa. Por ejemplo: es útil aumentar el diseño si el comportamiento de la respuesta no es lineal en los factores controlados.

---

\* MONTGOMERY, Douglas C. Diseño y análisis de experimentos.

Se pueden correr fracciones de diseños factoriales, las cuales son de gran utilidad en las primeras etapas de una investigación que involucra a muchos factores, cuando interesa descartar de manera económica los que no son importantes, antes de hacer un estudio mas detallado con los factores que sí son importantes.

Pueden utilizarse en combinación con diseños de bloques en situaciones en las que no puede correrse todo el diseño factorial completo bajo las mismas condiciones o circunstancias. Por ejemplo: cuando cada lote de material solo alcanza para correr en dos bloques (dos lotes), lo que implica repartir las pruebas en los dos lotes de la manera más conveniente posible.

La interpretación y cálculo de los efectos en los experimentos factoriales se puede hacer con aritmética elemental, en particular cuando cada factor se prueba en dos niveles.

#### ◆ Diseños factoriales con dos factores.

##### *Modelo estadístico*

Con un diseño factorial  $a \times b$  se pueden estudiar los dos efectos individuales y el efecto de interacción de ambos factores. En términos estadísticos lo que se afirma es que el comportamiento de la respuesta  $Y$  en el experimento con  $k$  réplicas se podrá describir mediante el modelo de efectos

$$Y = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad ;$$
$$i = 1, 2, \dots, a; \quad j = 1, 2, \dots, b; \quad k = 1, 2, \dots, n,$$

Donde  $\mu$  es la medida general,  $\alpha_i$  es el efecto debido al  $i$ -ésimo nivel del factor A,  $\beta_j$  es el efecto del  $j$ -ésimo nivel del factor B,  $(\alpha\beta)_{ij}$  representa al efecto de interacción en la combinación  $ij$  y  $\varepsilon_{ijk}$  es el error aleatorio que supone sigue una distribución con media cero y varianza constante  $\sigma^2$  ( $N(0, \sigma^2)$ ) y son independientes entre sí. Para que la estimación de los parámetros en este modelo sea única, se introducen las restricciones:

$$\sum_{i=1}^a \alpha_i = \sum_{j=1}^b \beta_j = 0 \quad \text{y} \quad \sum_{i=1}^a (\alpha\beta)_{ij} = \sum_{j=1}^b (\alpha\beta)_{ij} = 0$$

Es decir los efectos dados en el modelo son desviaciones respecto a la media global.

♦ **Hipótesis a evaluar.** En un diseño factorial  $a \times b$  interesa estudiar los tres efectos A, B y AB. Así, en primera instancia se pueden plantear los tres pares de hipótesis siguientes:

$$\begin{aligned} H_0 &= \text{Efecto A} = 0 \\ H_A &= \text{Efecto A} \neq 0, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_0 &= \text{Efecto B} = 0 \\ H_A &= \text{Efecto B} \neq 0, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_0 &= \text{Efecto AB} = 0 \\ H_A &= \text{Efecto AB} \neq 0, \end{aligned}$$

También se pueden plantear con los efectos descritos. Para este modelo las hipótesis quedan respectivamente como:

$$\begin{aligned} H_0 &= \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_a = 0 \\ H_A &= \alpha_i \neq 0 \text{ para algún } i, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_0 &= \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_b = 0 \\ H_A &= \beta_j \neq 0 \text{ para algún } j, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_0 &= (\alpha\beta)_{ij} = 0 \text{ para todo } ij \\ H_A &= (\alpha\beta)_{ij} \neq 0 \text{ para algún } ij, \end{aligned}$$

Estas hipótesis se prueban mediante la técnica de análisis de varianza (ANOVA). El ANOVA para un diseño factorial  $a \times b$  con  $n$  réplicas resulta de descomponer la variación total como:

$$SC_T = SC_A + SC_B + SC_{AB} + SC_E$$

Donde los respectivos grados de libertad de cada una de ellas son:

$$nab - 1 = (a-1) + (b-1) + (a-1)(b-1) + ab(n-1)$$

El factor  $(n-1)$  en los grados de libertad de la suma de cuadrados del error ( $SC_E$ ) señala que se necesitan al menos dos réplicas del experimento para poder calcular este componente, y por ende poder construir una tabla de ANOVA. Las sumas de cuadrados divididas entre sus correspondientes grados de libertad se llaman *cuadrados medios* ( $CM$ ). De dividir los cuadrados medios de los efectos de interés entre el cuadrado medio del error ( $CM_E$ ) se obtienen estadísticos de prueba con distribución F con grados de libertad de la suma de cuadrados del efecto correspondiente en el numerador y  $ab(n-1)$  grados de libertad en el denominador.

Si el *p-value* es menor al nivel de significancia  $\alpha$  prefijado, se concluye que la correspondiente hipótesis es significativa, es decir, ese efecto está activo o influye a la variable de respuesta. Y si el efecto está activo entonces debe tomarse en cuenta en la interpretación de los resultados, buscando mejorar el desempeño de la respuesta  $Y$ .

### **3. ETAPA DE CONOCIMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO**

#### **3.1 INFRAESTRUCTURA Y TECNOLOGÍA APLICADA**

INDUSTRIAS PARTMO S.A. actualmente se encuentra localizada en la Calle 61 No 17-22 en la ciudad de Bucaramanga, donde opera su planta principal con un área total de 3500 m<sup>2</sup>; y una planta de personal de aproximadamente 180 empleados.

Adicionalmente INDUSTRIAS PARTMO S.A. había celebrado un contrato exclusivo de confección de obra material (maquila) con Ensamblados de Santander Ltda. (ENSAN LTDA) localizada en la Cra 14 No 3-54 de la ciudad de Bucaramanga, empresa a la cual se le suministraba la materia prima para la fabricación de filtros para aceite, combustible, aire y otros fluidos bajo la marca PARTMO. Como requisito para obtener la certificación bajo la norma ISO 9001:2000, INDUSTRIAS PARTMO ejerce control sobre la planta productiva de ENSAN LTDA y esta adopta el nombre de Planta 2 de INDUSTRIAS PARTMO S.A. Esta planta cuenta con un área total de 4629.55 m<sup>2</sup> de los cuales 277.38 m<sup>2</sup> pertenecen a la línea de filtros de aire, 2625.87 m<sup>2</sup> pertenecen a la línea sellado, 796 m<sup>2</sup> a mantenimiento y el resto es ocupado por el departamento de producción, sistemas, enfermería y administración.

La planta 2 de INDUSTRIAS PARTMO S.A. opera con maquinaria y equipo destinado a la producción de filtros de la línea Sellado, C.A.V., Tipo Elemento o Cartucho, PMX, Aire pesado y liviano. Las máquinas y equipos que intervienen en el proceso productivo son los siguientes:

**Tabla 4. Lista de Maquinaria**

AREA	MAQUINA	CODIGO	LINEA
<b>CORTE</b>	CIZALLA ELECTRICA	CI-01	TODAS
	CORTADORA NEUMATICA	CN-01	AIRE
	CORTADORA NEUMATICA	CN-02	SELLADO, CAV
	CORTADORA MANUAL	CM-01	CARTUCHO, PMX
	CORTADORA ROTATIVA	RM-01	CARTUCHO
	CORTADORA CIRCULAR	CG-01	AIRE
<b>PRENSAS</b>	PRENSA HIDRÁULICA	PH-01	SELLADO, AIRE
	PRENSA HIDRÁULICA	PH-02	SELLADO, CAV
	PRENSA HIDRÁULICA	PH-05	SELLADO, CAV
	PRENSA HIDRÁULICA	PH-06	SELLADO, CAV
<b>TROQUELERIA</b>	TROQUELADORA 40 TON	TR-01	SELLADO, CARTUCHO, PMX
	TROQUELADORA 20 TON	TR-02	SELLADO, CARTUCHO
	TROQUELADORA	TR-03	SELLADO
	TROQUELADORA	TR-04	SELLADO
	TROQUELADORA 15 TON	TR-05	SELLADO
	TROQUELADORA 7 TON	TR-07	CARTUCHO
	TROQUELADORA 12 TON	TR-08	CARTUCHO, CAV
	TROQUELADORA 30 TON	TR-09	SELLADO
	TROQUELADORA 60 TON	TR-10	SELLADO
	TROQUELADORA 75 TON	TR-11	SELLADO, CAV
	TROQUELADORA 80 TON	TR-12	SELLADO
	TROQUELADORA BAUTAR	TR-13	SELLADO, CAV
	TROQUELADORA 40 TON	TR-14	SELLADO, CAV
	TROQUELADORA	TR-15	SELLADO, CARTUCHO
	TROQUELADORA	TR-18	CARTUCHO
TROQUELADORA VATSAROP	TR-21	SELLADO	
<b>ROSCADO</b>	TALADRO ROSCADOR	RO-01	SELLADO
	TALADRO ROSCADOR	RO-02	SELLADO
	ROSCADORA HORIZONTAL	RO-03	SELLADO
<b>SOLDADO</b>	SOLDADOR TUBO CENTRAL	SO-02	SELLADO, CAV
	SOLDADOR	SO-03	AIRE
	SOLDADOR PORTAVALVULA	SO-04	SELLADO
	SOLDADOR TARRO-TUERCA	SO-05	SELLADO
	SOLDADOR ARO-DISCO	SO-06	SELLADO
	SOLDADOR TUBO CENTRAL	SO-07	CARTUCHO, PMX
	SOLDADOR PORTAVALVULA	SO-08	SELLADO
<b>CUERPOS Y TUBOS C.</b>	EXPANSORA	EX-01	CARTUCHO
	EXPANSORA	EX-02	AIRE
	EXPANSORA	EX-03	AIRE
	EXPANSORA	EX-04	CARTUCHO
	LAMINADORA	LM-01	AIRE
	LAMINADORA	LM-02	CARTUCHO

AREA	MAQUINA	CODIGO	LINEA
	ENCHURCADORA	EN-01	SELLADO
	ENCHURCADORA	EN-02	AIRE
	GRAFADORA	GF-01	CARTUCHO
	PUNZONADORA	PZ-01	SELLADO, CAV
	PUNZONADORA	PZ-02	PMX
	PUNZONADORA	PZ-03	CARTUCHO
	RANURADORA	RA-01	SELLADO
	RANURADORA	RA-02	PMX
<b>LIMPIEZA Y RECUPERADO</b>	TORNO DE LIMPIEZA	TL-01	SELLADO
	TORNO DE LIMPIEZA	TL-02	SELLADO
	TORNO DE RECUPERADO	TO-03	SELLADO
<b>REPUJADO</b>	TORNO DE REPUJADO	TO-01	AIRE
	TORNO DE REPUJADO	TO-02	AIRE
<b>CARTUCHO</b>	REFORZADORA NEUMÁTICA	RN-01	CARTUCHO
	EMBTIDORA DE COCA	EC-01	CARTUCHO
<b>PLISADO</b>	PLISADORA DE RODILLOS	PL-01	SELLADO, CAV, CARTUCHO
	PLISADORA DE CUCHILLAS	PL-02	SELLADO, CARTUCHO, PMX
	PLISADORA DE CUCHILLAS	PL-04	AIRE
	PLISADORA DE RODILLOS	PL-05	AIRE
	PLISADORA DE RODILLOS	PL-08	SELLADO, CAV, CARTUCHO
	PLISADORA CON HOT-MELT	PL-09	AIRE
<b>SUBENSAMBLE</b>	MAQUINA POLIURETANO	PU-01	AIRE
	CARRUSEL POLIURETANO	CF-01	AIRE
	MAQUINA HOT-MELT	HM-01	AIRE
	HORNO	HO-02	SELLADO, CAV
	HORNO	HO-03	SELLADO, CARTUCHO, PMX
	HORNO DE GAS	HO-05	SELLADO
	HORNO TIPO PLANCHA	HO-08	AIRE
<b>ENSAMBLE</b>	CERRADORA BLANCH	CR-02	SELLADO, CAV
	CERRADORA LANICO	CR-03	SELLADO
	CERRADORA LANICO	CR-05	SELLADO
	MAQUINA DE PINTURA	MP-01	SELLADO, CAV
	PROBADOR DE FILTROS	PB-01	SELLADO
	PROBADOR DE FILTROS	PB-02	SELLADO
	PROBADOR DE FILTROS	PB-04	SELLADO
	PROBADOR DE FILTROS	PB-05	SELLADO
	PROBADOR DE FILTROS	PB-03	CAV
	MARCADORA SCREEN	MF-01	SELLADO, CAV
	HORNO SERGEANT	HO-04	SELLADO, CAV
	HORNO PLASTIFICADO	HO-06	CARTUCHO, PMX
	HORNO PLASTIFICADO	HO-07	AIRE
HORNO PLASTIFICADO	HO-10	SELLADO, CAV	

AREA	MAQUINA	CODIGO	LINEA
	VIDEO-JET	VJ-01	SELLADO, CAV
	MARCADOR DE CAJAS	VJ-03	TODAS

Fuente. Departamento técnico Industrias PARTMO

En la planta de producción se encuentra el departamento técnico el cual es el encargado del mantenimiento de las máquinas de producción así como del diseño de nuevas máquinas y herramientas. Las máquinas con las que cuenta el departamento técnico son:

- Fresadoras
- Taladros
- Tornos
- Equipos de soldadura.

**Figura 3.** Planta de producción



Fuente. Departamento técnico Industrias PARTMO

### 3.2 MATERIA PRIMA REQUERIDA

Los materiales requeridos para la fabricación de filtros para todas las aplicaciones, se enuncian a continuación.

**Tabla 5.** Lista de Materia Prima

<b>Material</b>	<b>Línea</b>
Lámina cal 12/13	Sellado
Lámina galvanizada cal 24	Todas
Lámina galvanizada cal 26	Todas
Lámina galvanizada cal 28	Todas
Papel filtrante	Todas
Empaques plásticos	Sellado, CAV, cartucho y PMX
Nylon 66 transparente	Todas
Alambre acerado	Cartucho y PMX
Cajas de cartón	Todas
Plástico termoencogible	Todas
Poliuretano	Aire
Pegante termocurable	Todas

Fuente. Departamento de compras y aprovisionamiento Industrias PARTMO

### 3.3 DESCRIPCIÓN Y DEFINICIÓN DE PRODUCTOS

INDUSTRIAS PARTMO S.A. cuenta con un portafolio de productos que acumula aproximadamente 500 referencias de productos en uso aceite, combustible diesel, gasolina, gas, aire, agua, refrigerantes y otros fluidos en motores de combustión interna instalados en automóviles, camperos, camionetas, buses, busetas y camiones de dos ejes, tractocamiones; equipo de construcción, agrícola, industrial y minero, motores estacionarios y marítimos.

Industrias Partmo S.A. ha establecido las siguientes líneas de producción, con el objetivo de abarcar todos los requerimientos de filtración:

**3.3.1 Línea Sellado.** A esta línea pertenecen todos los filtros sellados de tipo enroscable para las diferentes aplicaciones en los motores de combustión interna, como son la Filtración de Aceite de Flujo Completo, Filtración de Aceite de Flujo Parcial, Filtración de Aceite de Flujo Dual, Filtración de Combustible y Filtración de Agua. El filtro sellado es totalmente hermético presentando una carcasa o tarro exterior, un aro-disco el cual es el encargado de hacer el sello con el tarro y en su interior se encuentra el elemento filtrante el cual realiza la función de filtrar el fluido correspondiente.

**Figura 4.** Filtros línea sellado



Fuente. Departamento de mercadeo Industrias PARTMO

**3.3.2 Línea Aire Pesado.** Dentro de esta línea de producción se encuentran los productos para filtración de sistemas de admisión de aire para maquinaria pesada como la agrícola, tractomulas, buses, camiones y tracto-camiones. Estos filtros se caracterizan por su mayor tamaño frente a los filtros de la línea sellado y principalmente por no tener carcasa exterior o tarro. El 100% de los filtros de esta línea son elaborados en la PLANTA 2 de INDUSTRIAS PARTMO S.A.

**Figura 5.** Filtros línea Aire Pesado



Fuente. Departamento de mercadeo Industrias PARTMO

**3.3.3 Línea Aire Automotor.** Esta línea abarca todos los productos para filtración de Sistemas de Admisión de Aire para vehículos livianos. Estos filtros son importados o comprados a otras fábricas nacionales, para posteriormente ser distribuidos bajo la marca PARTMO.

**Figura 6.** Filtro línea aire automotor.



Fuente. Departamento de mercadeo Industrias PARTMO

**3.3.4 Línea PMX.** Dentro de esta línea se producen filtros para Aceite para equipos pesados agroindustriales. No presentan carcasa exterior.

**Figura 7.** Filtros línea PMX



Fuente. Departamento de mercadeo Industrias PARTMO

**3.3.5 Línea de filtros tipo elemento o cartucho.** Dentro de esta línea se producen filtros para Aceite y combustible para motores. No presentan carcasa exterior.

**Figura 8.** Filtros línea Cartucho



Fuente. Departamento de mercadeo Industrias PARTMO

### **3.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO POR LINEA**

**3.4.1 Línea Sellado.** El filtro de la línea sellado de tipo enroscable se puede dividir en tres partes o componentes principales, los cuales se explican a continuación:

- El aro disco,
- El elemento filtrante y
- El tarro o carcaza.

**Aro-Disco.** Inicialmente es elaborado el Aro, el cuál comienza su proceso montando el rollo de lámina en el desenvolvedor que alimenta a la troqueladora, obteniéndose el aro y pasando a otra troqueladora para el posterior pestañado.

**Figura 9.** Aro pestañado



El disco comienza el proceso en la cizalla eléctrica, donde a partir de lámina se obtienen flejes acordes con las dimensiones características del disco que se va a producir, estos flejes son transportados a la troqueladora en la cuál por medio de un troquelado y punzonado, se obtiene el disco punzonado, a continuación pasa a otra troqueladora que le da la forma necesaria para su correcto funcionamiento, este proceso lleva el nombre de embutido. Seguidamente los discos son llevados a la Roscadora en la que se les forma la rosca a cada uno de estos, los discos después de roscados son inspeccionados uno a uno con el fin de garantizar el 100% de los productos.

**Figura 10.** Disco roscado



Una vez fabricadas estas dos partes son llevadas al Soldador de aro-disco donde se realiza la unión de estas dos piezas por medio de puntos de soldadura. De esta manera el aro-disco queda listo para el ensamble final, siendo almacenado a la espera de la orden de cerrado.

**Figura 11.** Subensamble Aro-disco



**Elemento Filtrante.** El elemento filtrante consta de un tubo central, el papel filtrante, una tapa inferior y una superior.

La elaboración del papel filtrante se inicia montando los rollos de papel en la maquina plisadora, la cual es encargada de plisar el papel y realizar los cortes longitudinales dependiendo de las dimensiones correspondientes; al mismo tiempo, un operario(a) se encarga de cortar el papel con un bisturí para darle el ancho respectivo. Luego el papel es llevado a la mesa de ensamble del elemento, donde se cierra en forma manual aplicando pegante termocurable longitudinalmente, con el fin de que el papel adquiera forma cilíndrica y no se pueda soltar. El papel filtrante se deja sobre la mesa, listo para el ensamble del elemento.

La elaboración del tubo central comienza en la cizalla eléctrica donde la lámina es cortada en flejes (de acuerdo con las dimensiones de tubo central), los cuales son transportados a la máquina punzonadora encargada de realizarle los poros u orificios que servirán de filtro para las partículas sólidas de gran tamaño que se encuentran en el liquido del vehículo (aceite, combustible diesel, gasolina, agua); A la salida de la máquina punzonadora se encuentra la ranuradora. Posteriormente dichos flejes ya punzonados y ranurados son cortados en una pequeña cizalla neumática, de acuerdo con las especificaciones correspondientes, para después ser llevados a la maquina enchurcadora, la cual le da forma cilíndrica al tubo. Una vez realizada la operación anterior, los tubos enchurcados pasan a la máquina soldadora de tubo central donde finalmente el tubo central es reforzado por puntos de soldadura. De esta forma el tubo central se encuentra listo para el ensamble del elemento.

**Figura 12.** Tubo central



El proceso de elaboración de la tapa inferior es similar al de la tapa superior: los rollos de hojalata son llevados a la troqueladora en donde con los correspondientes troqueles se le da la forma característica a la tapa, ya sea superior o inferior; la diferencia que radica entre estas es que la tapa inferior lleva un porta-válvula, la cual es soldada a la tapa una vez esta ha sido troquelada. En el interior de dicha válvula se encuentra un resorte y un empaque de pepa vulcanizada.

**Figura 13.** Tapas de elemento



Una vez elaboradas las partes anteriormente mencionadas: papel filtrante, tubo central y tapas superior e inferior, son llevadas a la mesa de ensamble del elemento donde previamente se le aplica pegante termocurable a las tapas y se ensambla el elemento filtrante, el cual es sometido a altas temperaturas a través del horno de curado. De esta manera el elemento filtrante queda listo para el ensamble final, siendo almacenado a la espera de la orden de cerrado.

**Figura 14.** Elemento filtrante



**Tarro o Carcaza.** El material del cual se extrae el tarro puede venir en rollo o en láminas, si viene en rollos, éstos se montan en el desenvolvedor que alimenta la troqueladora, la cual troquela el disco con el diámetro necesario para la extracción del tarro, si el material viene en láminas, estas pasan primero por la cizalla eléctrica donde son cortadas en flejes de acuerdo con las dimensiones del filtro a elaborar, dichos flejes son llevados a la troqueladora donde se obtiene el disco para el tarro. Una vez obtenidos los discos, estos pasan a la prensa hidráulica, la cual mediante un proceso de deformación en frío ya sea en tres o cuatro pasos según el tamaño del tarro, da la forma final al tarro. Posteriormente algunos tarros llevan una tuerca hexagonal soldada en la parte superior la cual es empleada para remover el filtro del motor una vez usado, los tarros que llevan tuerca hexagonal pasan a un soldador el cual une el tarro con la tuerca por medio de puntos de soldadura. De esta manera el tarro queda listo para el ensamble final, siendo almacenado a la espera de la orden de cerrado.

**Figura 15.** Tarro o carcaza

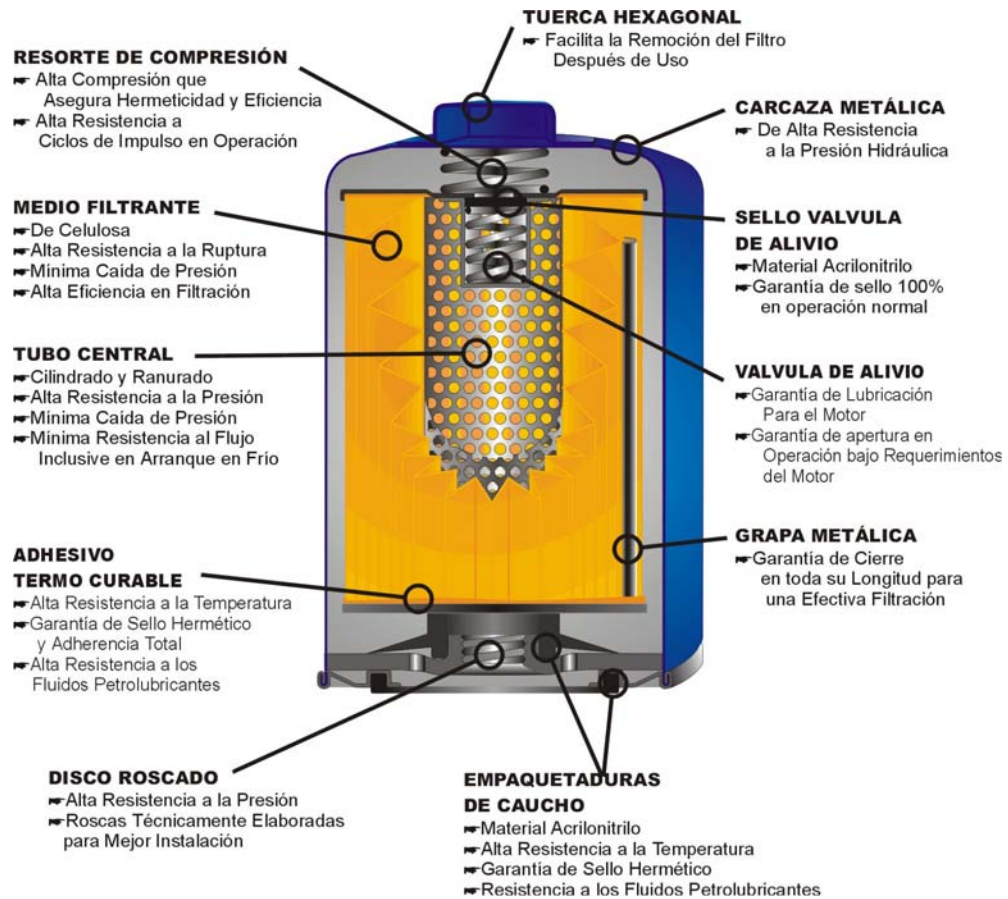


Una vez elaborados los tres componentes principales del filtro de la línea sellado enunciados anteriormente, se procede al proceso de embalaje final. El elemento filtrante, el tarro y el aro – disco, junto con otros accesorios como resortes de compresión, cambriones y empaques, son llevados a la máquina cerradora, en donde el filtro es sellado.

**Figura 16.** Partes de filtro sellado



Figura 17. Filtro ensamblado



Fuente. Departamento de Mercadeo Industrias PARTMO

Posteriormente son limpiados manualmente con el fin de eliminar los residuos e impurezas y continuar con el proceso de pintura. Los filtros son pasados por una cabina de pintura donde se les aplica una pintura horneable. Para garantizar que el filtro no presente fugas después del pintado, se le realiza una prueba neumática al 100% de las unidades cerradas para responder por su calidad. Consecutivamente los filtros son secados y a continuación son trasladados a la máquina de screen en donde los filtros son marcados. Finalmente los filtros continúan su proceso por la banda transportadora donde se les aplica numarol en

la parte inferior (aro – disco) para evitar la oxidación, se les coloca el empaque, se registran con fecha y hora de producción y finalmente son embolsados individualmente con los respectivos sellos de garantía y embalados en cajas corrugadas de acuerdo con el número de unidades encajadas por referencia.

(Ver Anexo A – Diagramas de proceso de la línea Sellado)

**3.4.2 Línea C.A.V.** La fabricación de filtros de la línea C.A.V. es similar a la línea sellado ya que dos de sus componentes principales, el tarro y el elemento filtrante son fabricados de la misma manera. La principal diferencia entre estas líneas radica en que los filtros de la línea C.A.V. no constan de aro-disco, en cambio de esto llevan una tapa exterior, cuya obtención se explica a continuación.

El proceso comienza en la cizalla eléctrica donde la lámina es cortada en flejes, posteriormente estos flejes son llevados a la troqueladora donde se obtiene en un primer paso una tapa con un orificio en el centro, y después en un segundo paso se obtiene la tapa punzonada, la cuál se almacena en espera de la orden de cerrado.

Las operaciones del proceso de ensamble son similares para los filtros de la línea sellado y C.A.V. aunque poseen las siguientes diferencias:

- La prueba neumática de los filtros de C.A.V. se realiza en una máquina probadora diferente a la línea de sellado ya que estos filtros no son enroscables.
- La prueba neumática se lleva a cabo antes de ser pintados los filtros, a diferencia de la línea sellado donde los filtros se prueban después de ser pintados.

**3.4.3. Línea Tipo Elemento o Cartucho.** Los filtros de la línea cartucho poseen los siguientes elementos principales:

- Papel Filtrante,
- Tapas (superior e inferior),
- Tubo central y
- Cuerpo Exterior

**Papel Filtrante.** La elaboración del Papel Filtrante se inicia montando los rollos de papel en la máquina plisadora, la cual es encargada de plisar el papel y realizar los cortes longitudinales dependiendo de las dimensiones correspondientes; al mismo tiempo, un operario(a) se encarga de cortar el papel con un bisturí para darle el ancho respectivo. Luego el papel es llevado a la mesa de ensamble del elemento, donde se cierra en forma manual aplicando pegante termocurable longitudinalmente, con el fin de que el papel adquiera forma cilíndrica y no se pueda soltar. El papel filtrante se deja sobre la mesa, listo para el ensamble del elemento.

**Tapas (superior e inferior).** El proceso de elaboración de la Tapa Inferior y Tapa Superior comienza en la cizalla eléctrica donde las láminas son cortadas en flejes según dimensiones, estos flejes pasan a la troqueladora donde se forma la tapa ya sea en uno o dos pasos. Estas tapas pasan a la mesa del horno en espera del ensamble.

**Tubo Central.** La elaboración del Tubo Central comienza en la cizalla eléctrica donde la lámina es cortada en flejes, los cuales son transportados a la máquina punzonadora encargada de realizarle los poros u orificios que servirán de filtro

para las partículas sólidas de gran tamaño que se encuentran en el líquido del vehículo; A la salida de la máquina punzonadora se encuentra la ranuradora. Posteriormente dichos flejes ya punzonados y ranurados son cortados en una pequeña cizalla neumática, de acuerdo con las especificaciones correspondientes, para después ser llevados a la máquina enchurcadora, la cual le da forma cilíndrica al tubo. Una vez realizada la operación anterior, los tubos enchurcados pasan a la máquina soldadora de tubo central donde finalmente el tubo central es reforzado por puntos de soldadura. Algunos tubos centrales necesitan un refuerzo el cuál se ensambla con el tubo en la reforzadora neumática. De esta forma el tubo central se encuentra listo para el ensamble del elemento.

**Cuerpo Exterior.** El proceso del Cuerpo Exterior comienza en la cizalla eléctrica donde la lámina es cortada en flejes según dimensiones del filtro, los flejes son llevados a la expansora donde se convierte el fleje en una malla, después la malla pasa a una laminadora con el fin de quitarle las asperezas, posteriormente la malla es transportada a una cortadora donde se le realizan los cortes según las dimensiones del filtro. Por último los cuerpos son soldados y llevados a la mesa del horno en espera del ensamble.

**Figura 18.** Partes filtro tipo cartucho



Una vez obtenidos los componentes principales y llevados a la mesa del horno, donde previamente se le aplica pegante termocurable a las tapas y se ensambla el elemento filtrante, el filtro es sometido a altas temperaturas a través del horno de curado. Por último los filtros son embolsados individualmente con los respectivos sellos de garantía y empaques requeridos y embalados en cajas corrugadas de acuerdo con el número de unidades encajadas por referencia.

**3.4.4 Línea PMX.** El proceso de los filtros de la línea PMX y de la línea de cartucho solo varía en uno de sus componentes, el cuerpo del filtro, cuyo proceso se explica a continuación:

Las láminas son llevadas a la cizalla neumática donde es cortada en flejes según dimensiones, a su vez estos flejes son cortados de tal manera que se obtienen los cuerpos de los filtros. Posteriormente estos cuerpos pasan a la máquina

punzonadora donde se realiza la operación respectiva, por último los cuerpos son soldados y trasladados a la mesa del horno en espera del ensamble.

(Ver Anexo A – Diagramas de proceso de la línea Elemento y PMX)

**3.4.5 Línea Aire.** El proceso de elaboración de un filtro de la línea de aire se divide en cuatro partes principales, las cuales se explican a continuación:

- Papel filtrante
- Cuerpo Exterior y tubo central.
- Tapas (superior e inferior)

**Papel Filtrante.** La elaboración del Papel Filtrante se inicia montando los rollos de papel en la máquina plisadora, la cual es encargada de plisar el papel y realizar los cortes longitudinales dependiendo de las dimensiones correspondientes; al mismo tiempo, un operario(a) se encarga de cortar el papel con un bisturí para darle el ancho respectivo. Luego el papel es llevado a la mesa de ensamble del elemento, donde se cierra en forma manual aplicando pegante termocurable longitudinalmente, con el fin de que el papel adquiera forma cilíndrica y no se pueda soltar. El papel filtrante se deja sobre la mesa, listo para el ensamble del elemento.

**Cuerpo Exterior y Tubo Central.** El proceso del Cuerpo y Tubo Central comienza en la cizalla donde la lámina es cortada en flejes según dimensiones del filtro, estos flejes son llevados a la máquina expansora donde se convierten en una malla expandida. Posteriormente esta malla se lamina en la máquina laminadora para eliminar las asperezas y después se refila en una cizalla

neumática donde después se hace el corte final de tubos y cuerpos según la medida. Una vez los cuerpos y tubos son cortados, se llevan a la máquina enchurcadora la cuál da la forma cilíndrica necesaria para el ensamble del filtro. Por último los cuerpos y tubos son soldados y transportados a la mesa del horno en espera del ensamble.

**Tapas (superior e inferior).** El proceso de las Tapas varía según el material o la forma de la tapa de la siguiente manera:

- Tapa de Poliuretano
- Aros Repujados
- Conos Repujados
- Conos Embutidos

**Tapa de Poliuretano.** El papel filtrante es ensamblado con el cuerpo y tubo central, después es transportado a la máquina inyectora de poliuretano donde se aplica poliuretano a un molde y este es ensamblado al pre-ensamble de papel tubo central y cuerpo, el cuál es sometido a una fuerza de compresión en el carrusel de filtros con el fin de darle la medida requerida al filtro. Una vez sale el filtro del carrusel, se remueven los moldes que contenían el poliuretano líquido y se transporta el filtro a la sección de embalaje donde se embolsa y se embala en cajas corrugadas de acuerdo al número de unidades empacadas por referencia.

**Aros Repujados.** El proceso de los aros repujados comienza en la cizalla eléctrica donde la lámina es cortada en flejes según dimensiones del filtro, después estos flejes son cortados en cuadros en la misma máquina. Posteriormente los cuadros son llevados a la zona de repujado donde son

cortados en discos en la máquina cortadora circular. Una vez obtenidos los discos se trasladan a los tornos de repujado donde se efectúa el volteado de la pestaña, los aros ya repujados son trasladados a la mesa de curado.

**Conos Repujados.** El proceso de los conos repujados comienza en la cizalla eléctrica donde la lámina es cortada en flejes según dimensiones del filtro, después estos flejes son cortados en cuadros en la misma máquina. Posteriormente los cuadros son llevados a la zona de repujado donde son cortados en discos en la máquina cortadora circular. Una vez obtenidos los discos se trasladan a los tornos de repujado donde se efectúa el repulsado de los conos, los conos repulsados son trasladados a la zona de troquelería donde se punzonan. Posteriormente son trasladados a la zona de repujado donde se efectúa el volteado de la pestaña, por último los conos repujados son trasladados a la mesa de curado.

**Conos Embutidos.** El proceso de obtención de conos embutidos comienza en la cizalla eléctrica donde la lámina es cortada en flejes según dimensiones del filtro, después estos flejes son cortados en cuadros en la misma máquina. Posteriormente los cuadros son llevados a la zona de repujado donde son cortados en discos en la máquina cortadora circular. Una vez obtenidos los discos se trasladan a la prensa hidráulica donde los discos son embutidos con el fin de formar los conos, estos conos embutidos son trasladados a la zona de troquelería donde se punzonan. Posteriormente son trasladados a la zona de repujado donde se efectúa el volteado de la pestaña, por último los conos embutidos son trasladados a la mesa de curado.

Para los filtros con tapas metálicas (aro y conos) el proceso continúa en la mesa del horno donde son ensamblados el papel, tubo central y el cuerpo. A este pre-

ensamble se le adiciona el aro repujado el cual lleva un pegante termocurable, después es sometido a altas temperaturas en la plancha de curado, esta operación se llama precurar tapa. Posteriormente el pre-ensamble es removido de la plancha y ensamblado con el cono, el filtro se vuelve a introducir a la plancha para el curado final. Por último el filtro pasa a la sección de embalaje donde se embolsa y se embala en cajas corrugadas de acuerdo al número de unidades encajadas por referencia.

(Ver Anexo A – Diagrama de proceso de la línea Aire)

### **3.5 PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN**

La programación de la producción en la Planta 2 de Industrias Partmo se realiza con base en un estimativo de ventas que hace el Departamento de Mercadeo (Planta Principal) y que se denomina Presupuesto de Producción del mes. Este presupuesto se basa en el comportamiento histórico de la demanda por referencias y se tienen en cuenta las siguientes variables:

- Pedidos pendientes por entregar
- Comportamiento histórico de la demanda por referencia
- Stock de seguridad determinado por referencia de acuerdo a las ventas
- Niveles de inventario de producto terminado

Mediante el Presupuesto de Producción del mes, el Departamento de Producción elabora la mezcla adecuada de productos a fabricar, buscando satisfacer el 100% de los requerimientos establecidos por el Departamento de Mercadeo. De la misma forma, en el presupuesto de producción del mes el Departamento de Mercadeo y Ventas, establece las prioridades de producción para cada semana

basándose en los criterios mencionados anteriormente, especialmente teniendo en cuenta los pedidos pendientes por entregar y los niveles de inventarios de producto terminado.

Para establecer la mezcla a producir se agrupan los productos relacionados en el presupuesto por familias de partes (productos que comparten algunos componentes), y se establecen las necesidades de partes, subensambles y ensambles requeridos para el cumplimiento del presupuesto solicitado por Mercadeo, determinando la viabilidad de la ejecución del presupuesto basados en la experiencia de la persona encargada de la Planeación de la Producción (Líder Coordinador de Planta) y un análisis de capacidad para los recursos que históricamente se han considerado como críticos del proceso y los cuales han sido detectados a través de métodos empíricos, (este análisis generalmente no es realizado a tiempo y por tanto el único criterio para determinar la viabilidad de la ejecución del presupuesto es el conocimiento y experiencia del Líder Coordinador de Planta). En caso de que se determine la no capacidad para el cumplimiento del presupuesto de producción, Planeación establece la mezcla a producir, buscando satisfacer principalmente los pedidos comprometidos con los clientes y mantener los niveles de inventarios de producto terminado que se encuentren más bajos, como prioridad principal.

Basados en la mezcla de producción se agrupan los productos a elaborar por familias con el fin de lanzar órdenes de producción de aquellas referencias que pertenecen a la misma familia y de esta manera disminuir los tiempos de alistamiento de la maquinaria que en algunas secciones es bastante alto. Dicho presupuesto mensual es dividido en semanas de acuerdo a las prioridades de producción y buscando disminuir los tiempos de alistamiento, lanzando familias de productos por semana hasta donde sea posible. Es importante mencionar que una vez establecido el Programa de Producción de la semana se presentan con frecuencia cambios de prioridades de última hora en el programa debido a

solicitudes de Mercadeo por pedidos comprometidos con los clientes o también por retrasos en las entregas previstas de las materias primas, lo cual ocasiona que sobre la ejecución se realicen adaptaciones al programa de producción, lo cual entorpece el proceso.

Partiendo del programa semanal de producción se pasa a la ejecución del mismo, estableciendo un control diario y turno a turno de las cantidades y referencias producidas. De esta manera se elabora el Programa diario de Producción, asignando las operaciones a los diferentes centros de trabajo, teniendo en cuenta las fechas de entrega de cada una de las referencias a producir durante la semana.

Es importante mencionar que el proceso de asignación de cargas a los centros de trabajo es llevado a cabo de una forma poco técnica y depende en gran parte de la habilidad y conocimiento empírico de la persona encargada de esta labor. Las prioridades de producción de las partes y los tiempos de anticipación requeridos para algunas de éstas dependen generalmente de la habilidad del programador de la producción, ya que no se hace de una manera técnica. Por esta razón, se presentan problemas en la entrega de los pedidos ya que en ocasiones algunas de las partes requeridas para el ensamble del filtro no están a tiempo y/o en cantidades requeridas.

## 4. ESTUDIO DEL TRABAJO

El objetivo principal de este capítulo es presentar el análisis realizado al método actual de algunas operaciones del proceso productivo sobre las cuales la empresa tiene gran interés por mejorar; para realizar un adecuado aprovechamiento de los recursos involucrados y de esta manera aumentar su productividad. Fue así como se dio inicio a examinar en forma sistemática estas operaciones mediante el estudio del trabajo siguiendo el proceso que se describe a continuación.

### 4.1 SELECCIÓN DE OPERACIONES

La gerencia de la empresa por intermedio del departamento de producción comunicó la necesidad de controlar el despilfarro de los materiales necesarios para fabricar las partes metálicas de los filtros mediante la generación de nuevos métodos de trabajo. Por esta razón se seleccionaron las siguientes operaciones:

**Tabla 6.** Listado de operaciones

OPERACIÓN	PARTE	MATERIAL	MÁQUINA	LÍNEA
TROQUELAR	DISCO-TARRO	LAMINA CAL 26	TR-14	SELLADO, CAV
TROQ-PUNZ	DISCO ROSCADO	LAMINA CAL 12	TR-16	SELLADO
TROQUELAR	TAPA ELEMENTO	LAMINA CAL 24	TR-13	SELLADO, CAV
			TR-03	SELLADO, CAV
TROQUELAR	CAMBRION	LAMINA CAL 24	TR-05	SELLADO
CORTE	TUBO CENTRAL	HOJALATA	CN-01	SELLADO, CAV
PUNZONAR	TUBO CENTRAL	HOJALATA	PZ-01	SELLADO, CAV
CORTE FINAL	TUBO CENTRAL	HOJALATA	CN-01	SELLADO, CAV
CORTE	CUERPO Y TC	LAMINA GALV	CI-01	AIRE
EXPANDIR	CUERPO Y TC	LAMINA GALV	EX-02	AIRE
CORTE TIRAS	CUERPO Y TC	LAMINA GALV	CN-02	AIRE

OPERACIÓN	PARTE	MATERIAL	MÁQUINA	LÍNEA
CORTE FINAL	CUERPO Y TC	LAMINA GALV	CN-02	AIRE
EXPANDIR	CUERPO Y TC	LAMINA GALV	EX01	CARTUCHO, PMX

## 4.2 REGISTRO DE DATOS

Después de elegir las operaciones objeto del estudio se procedió a registrar los hechos relativos al método existente, este procedimiento se realizó en dos etapas.

En la primera etapa se utilizó el *cursograma analítico del operario* en donde se registró la sucesión de actividades relacionadas con la operación en el orden en que ocurren.

En la segunda etapa se utilizó el *diagrama hombre-máquina* donde se registraron las actividades realizadas por el operario y la máquina en una escala de tiempo. Este diagrama a su vez permitió determinar el tiempo inactivo del trabajador durante la operación.

Así mismo se recolectaron otros datos de primordial importancia para la realización del análisis como las dimensiones de las máquinas y de la planta, estas medidas se emplearon para realizar los respectivos diagramas de recorrido y para el cálculo de las distancias recorridas tanto por el operario como por el material.

Toda esta información recopilada al iniciar el estudio nos ayuda a ilustrarnos mejor en cada una de las situaciones, inclusive facilita cualquier tipo de análisis comparativo.




**Diagrama 2. Cursograma analítico actual C.T. TR-16**

CURSOGRAMA ANALÍTICO		Diag núm									
Operario/Material/Equipo											
Actividad	Actividad	Actual	Prop.	Econ.							
Cizallar lámina, Troquelar-Punzonar disco Método: Actual/Propuesto Operarios: 2 Elaborado por : Jorge García Cesar Meza	Operación	6			○						
	Transporte	3			⇒						
	Espera	0			□						
	Inspección	0			▽						
	Almacenamiento	0			◻						
	Operación-Inspección	1			◐						
Distancia (m)		78,80									
Fecha: Mayo de 2004		Tiempo (min-hombre)		97,71							
Descripción	Cantidad (unidad)	Distancia (m)	Tiempo	Símbolo						Observaciones	
				○	⇒	□	▽	◻	◐		
Transporta láminas a cizalla	6	12,80	280,80								Lote de 6 láminas
Cuadra máquina	--	--	180,40								
Monta láminas en cizalla	6	--	102,50								Lote de 6 láminas
Corta láminas en flejes	6	--	396,80								Lote de 6 láminas
Recoge y carga flejes	2160	--	72,70								
Transporta flejes a troqueladora	2160	18,00	186,09								
Descarga flejes sobre la mesa	2160	--	43,40								
Troquela fleje	2160	--	3960,00								
Descarga retal sobre porta-retal	2160	--	365,40								
Traslada tanque de retal a depósito	2160	48,00	274,58								
<b>Total</b>			78,80	97,71167							

El análisis de esta operación se realizó para un total de 2160 unidades de disco punzonado, las cuales se fabrican en un tiempo de 97.7 minutos. Este cursograma indica la secuencia desde que se inicia el proceso de corte de la lámina en flejes efectuado por el operario de la cizalla hasta que estos son recogidos por el operario encargado de troquelar en forma de discos punzonados. Aquí se reflejan las actividades que impiden la eficacia de la operación ya que cuando se troquela la totalidad de los flejes, el operario de la troqueladora debe suspender sus actividades para recoger nuevamente un lote de 6 láminas (120 flejes) y cargar estos hasta su puesto de trabajo.


A su vez el operario encargado de troquelar los flejes debe recorrer una distancia de 18 metros cada vez que ha troquelado los 120 para producir los 2160 discos.

**Diagrama 3. Cursograma analítico actual C.T. TR-14**

		CURSOGRAMA ANALÍTICO			Diag. Núm.		
Operario/Material/Equipo							
Actividad	Actividad	Actual	Prop.	Econ.			
troquelar discos-tarros	Operación	6					
	Transporte	1					
Maquina: TR-14	Espera	-					
Método: Actual/Propuesto	Inspección	1					
Operarios:	Almacenamiento	-					
Elaborado por : Jorge García Cesar Meza	Operación-Inspección	-					
	Distancia (m)	24,6					
Fecha: Mayo de 2004	Tiempo (min-hombre)	33,877					
Descripción	Cantidad (unidad)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo			Observaciones
Suelta rolo y prepara la lamina	-	-	5	○	→	○	
Verifica y da aprobación	1	-	1,5	○	→	○	
Realiza cortes de disco-tarro	700	-	15,73	○	→	○	
Saca balde con discos	700	-	0,5093	○	→	○	
Pasa discos de balde a canasta de producto en proceso	700	-	3,833	○	→	○	
Arregla el retal	700	-	3,633	○	→	○	
Descarga retal en tanque	700	-	0,125	○	→	○	
Traslada el tanque con retal hasta el almacén de retal	3500	24,6	3,55	○	→	○	
<b>Total</b>		24,6	33,877				

El corte de discos tarros se realiza en la troqueladora TR-14 y es la que provee el producto en proceso a las prensas donde finalmente es elaborado el tarro o carcaza de los filtros de la línea sellado. La operación se analizó para un total de 700 unidades de discos-tarros los cuales se elaboran en un tiempo de 33.87 minutos. Se identificaron las actividades que no agregan ningún tipo de valor en la operación como lo son “arregla retal”, “descarga retal en tanque” y “trasladar el tanque de retal hasta el almacén”. Estas actividades generan una suspensión en la operación de aproximadamente 7 minutos cada vez que se fabrican 700 discos.


**Diagrama 4. Cursograma analítico actual C.T. TR-03**

		CURSOGRAMA ANALÍTICO				Diagrama Núm.			
Operario/Material/Equipo									
Actividad	Actividad	Actual	Prop.	Econ.					
Troquelar Tapas	Operación	4							
	Transporte	1							
<b>Maquina:</b> TR-03	Espera	-							
<b>Método:</b> Actual/ <del>Propuesto</del>	Inspección	1							
	Almacenamiento	-							
Elaborado por : Jorge García Cesar Meza	Operación-Inspección	-							
Fecha: Mayo de 2004	Distancia (m)	33,5							
	Tiempo (min-hombre)	26,96							
Descripción	Cantidad (unid)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo			Observaciones		
				○	→	□	▽	○	
suelta rollo y prepara lámina	-	-	5						
Verifica y da aprobación	1	-	1,5						
Realiza corte de tapas (alim.)	800	-	12,99						
Arregla retal	800	-	3,6						
Descarga retal en el tanque	800	-	0,125						
Traslada el tanque con retal hasta el almacén de retal	6000	33,5	3,75						
<b>Total</b>		33,5	26,96						

El método actual de esta operación se analizó para un total de 800 unidades de tapas, las cuales son elaboradas en la troqueladora TR-03. En esta troqueladora se trabaja con alimentador automático, es decir, el operario solo debe accionar el pedal de funcionamiento de la máquina y esta se encarga de cortar la lámina en forma de tapa. En esta operación el operario no debe halar la lámina porque esta es la función principal del alimentador automático.

Al igual que en la operación de corte de discos-tarros, el operario debe recoger, arreglar el retal y descargarlo en el tanque, lo que genera una detención de la operación constituyéndose así en una actividad que no agrega valor a la operación. Esta operación se realiza en 26.96 minutos.


**Diagrama 5. Cursograma analítico actual C.T. TR-13**

		CURSOGRAMA ANALÍTICO				Diag. Núm.	
Operario/Material/Equipo							
Actividad	Actividad	Actual	Prop.	Econ.			
Troquelar Tapas	Operación	4					
	Transporte	1					
<b>Maquina:</b> TR-13	Espera	-					
<b>Método:</b> Actual/ <del>Propuesto</del>	Inspección	1					
<b>Operarios:</b>	Almacenamiento	-					
Elaborado por : Jorge García Cesar Meza	Operación-Inspección	-					
	Distancia (m)	33					
Fecha: Mayo de 2004	Tiempo (min-hombre)	29,802					
Descripción	Cantidad (unidad)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo			Observaciones
Suelta rolo y prepara lámina	-	-	5	○	→	○	
Verfica y da aprobación	1	-	1,5	○	→	○	
Realiza corte de tapas (sin alim.)	800	-	15,83	○	→	○	
Arregla retal	800	-	3,6	○	→	○	
Descarga retal en tanque	800	-	0,125	○	→	○	
Traslada el tanque con retal hasta el almacén de retal	6000	33	3,75	○	→	○	
<b>Total</b>		33	29,8017				

A diferencia de la operación de corte de tapas en la troqueladora TR-03, la troqueladora TR-13 trabaja sin alimentación automática, es decir, el operario debe troquelar una tapa y halar inmediatamente el rolo de tal manera que este se posicione debajo del troquel para realizar el corte de una segunda tapa y así sucesivamente.


Esta operación se analizó para 800 unidades lo que indica que al troquelar esta cantidad se genera una gran acumulación de retal, ocasionando la detención de la operación debido a que el operario debe arreglarlo y descargarlo en el tanque. Esta operación se realiza en 29.8 minutos.

**Diagrama 6. Cursograma analítico actual C.T. EX-01**

		CURSOGRAMA ANALÍTICO			Diag. Num.
Operario/Material/Equipo					
Actividad	Actividad	Actual	Prop	Econ	
Cizallar, Expandir, Laminar, Cortar tubo central y cuerpo. Línea Malla Método: Actual/Propuesto Operarios: 2 Elaborado por : Jorge García Cesar Meza	Operación	12			
	Transporte	5			
	Espera	2			
	Inspección	0			
	Almacenamiento	0			
	Operación-Inspección	2			
	Distancia (m)	160,40			
Fecha: Mayo de 2004	Tiempo (min-hombre)	34,26			
Descripción	Cantidad (und)	Distancia (m)	Tiempo (seg)	Simbolo	Observaciones
Transporta láminas a cizalla	20	25,60	280,80	○ → □ ▽ □	Lote 20 láminas
Cuadra máquina	--	--	321,50		
Monta láminas en cizalla	20	--	368,60		
Corta láminas en flejes	20	--	396,80		
Recoge y carga flejes	40		76,12		Lote 40 flejes
Transporta a expansora	40	16,40	93,21		
Monta fleje en expansora	1	--	17,30		
Recibe lámina	1	--	15,20		
Transporta malla a laminadora	1	3,20	12,00		
Lamina malla	1	--	42,30		
Enrolla malla laminada	1	--	19,80		
Transporta a cortadora rotativa	20	57,60	51,00		
Cuadra máquina	--	--	13,50		
Coloca malla en máquina	20	--	41,20		
Sostiene lámina	20	--	21,90		
Recoge y almacena retal	20	--	19,30		
Enrolla malla	20	--	54,50		
Transporta flejes a cortadora	20	5,60	10,00		
Coloca flejes en máquina	20	--	19,00		
Corta según medidas	20	--	117,30		
Vuelve a expansora	--	52,00	64,50		
<b>TOTAL</b>		160,40	34,26		

La elaboración de tubos centrales y cuerpos para las líneas de malla y PMX consta de numerosas operaciones que se realizan en diversas máquinas. La disposición actual de estas máquinas ocasiona un excesivo desplazamiento del operario en la planta (160.40 metros). Esta operación fue analizada para un lote de 20 unidades con una duración de 34.26 minutos.


**Diagrama 7. Cursograma analítico actual C.T. PZ-01**

		CURSOGRAMA ANALÍTICO			Diag. Num.		
Operario/Material/Equipo							
Actividad	Actividad	Actual	Prop	Econ			
Cizallar, Punzonar Laminar, Cortar tubo central. Línea Sellado Método: Actual/ <del>Propuesto</del> Operarios: 3 Elaborado por : Jorge García Cesar Meza	Operación	6					
	Transporte	4					
	Espera	0					
	Inspección	0					
	Almacenamiento	0					
	Operación-Inspección	1					
	Distancia (m)	53,20					
Fecha: Mayo de 2004	Tiempo (min-hombre)	29,80					
Descripción	Cantidad (und)	Distancia (m)	Tiempo (seg)	Símbolo			Observaciones
Transporta láminas a cizalla	10	42,00	242,32	○	⇒		
Cuadra máquina	--	--	69,68				
Monta lámina en cizalla	4	--	20,96				
Corta láminas en flejes	4	--	486,40				
Recoge y transporta flejes a PZ	40	7,00	104,70				
Monta flejes en punzonadora	40	--	131,87				
Recoge flejes y lleva a cizalla	40	1,70	88,53				
Corta según ancho de tubo c	40	--	403,73				
Lleva tubos c a enchurcadora	40	2,50	8,50				
Enchurca tubos centrales	40	--	71,00				
Solda tubos centrales	40	--	160,45				
<b>TOTAL</b>		53,20	29,80				

El método actual de elaboración de tubos centrales de la línea de filtro sellado consta de seis operaciones básicas. El operario debe traer las láminas del almacén de materia prima (láminas), seguidamente corta el material según la altura del tubo central. Estos flejes se punzonan y ranuran en una sola operación, luego son cortados los flejes según ancho de tubo central y por último se transportan a la enchurcadora; los tubos enchurcados salen directamente a un recipiente del cual el operario encargado de soldar los tubos centrales los toma uno a uno y los solda. Esta operación fue analizada para un lote de 40 tubos centrales los cuales se elaboran en aproximadamente 29.8 minutos.

#### 4.2.2 Diagramas hombre-máquina del método actual


Diagrama 8. Diagrama H-M actual C.T. EX-02

		DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA				Metodo Actual
Elaboración de cuerpos y tubo central AIRE						
T ACUM	OPERARIO_1	OPERARIO_2	EXPANSORA	LAMINADORA	CIZALLA	TIEMPO
00:14,4	Montar fleje		Esperar fleje			00:14,4
00:52,8	Transportar malla a laminadora		Expandir malla			00:38,4
01:47,9	Laminar malla			Laminar malla		00:55,0
02:13,2	Transportar malla a cizalla					00:25,3
02:27,0	Montar fleje		Espera fleje			00:14,4
04:25,0		Cortar flejes según altura	Expandir malla		Cortar flejes según altura	02:12,0
05:03,0	Transportar malla a laminadora					00:38,4
05:58,0	Laminar malla	Cortar tubos y cuerpos según ancho		Laminar malla	Cortar cuerpos y tubos central según ancho	00:55,0
06:34,0						

Convenciones:

Activo	Si Agrega Valor	
	No AV Necesaria	
	No AV Innecesaria	
	No AV Transporte	
Inactivo		



Diagrama 9. Diagrama H-M actual C.T. TR-16

		METODO ACTUAL	
DIAGRAMA HOMBRE-MÁQUINA			
ELABORACIÓN DE DISCOS PUNZONADOS			
T ACUM	HOMBRE	TR-16	TIEMPO
00:03,3	Tomar fleje y colocarlo sobre troquel		00:03,3
00:36,3	Activar máquina	Troquelar discos	0:00:33
00:38,2	Descargar fleje troquelado (retal)		00:01,9


Convenciones:

Activo	Agrega Valor	
	NoAVNecesaria	
	NoAVInnecesaria	
	NoAVTransporte	
Inactivo		





**Diagrama 10.** Diagrama H-M actual C.T. TR-14

 		METODO ACTUAL	
DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA			
TROQUELADO DE DISCOS-TARROS			
T ACUM.	OPERARIO	TR-14	TIEMPO
15:21,0	Activar máquina	Troquelar discos-tarros	15:21,0
19:21,0	Sacar balde con discos y pasarlos a canasta		04:02,0
22:21,0	Arreglar retal		03:00,0


**Diagrama 11.** Diagrama H-M actual C.T. TR-03

		METODO ACTUAL	
DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA			
TROQUELADO DE TAPAS			
T ACUM.	OPERARIO	TR-03	TIEMPO
12:58,0	Activar máquina	Troquelar tapas	12:58,0
15:58,0	Arreglar retal		03:00

Convenciones:

Operario	Tipo de Actividad	
Activo	Agrega Valor	
	No Agrega Valor - Necesaria	
	No Agrega Valor - Innecesaria	
	No Agrega Valor - Transporte	
Inactivo		

**Diagrama 12.** Diagrama H-M actual C.T. TR-13

		METODO ACTUAL	
DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA			
TROQUELADO DE TAPAS			
T ACUM.	OPERARIO	TR-13	TIEMPO
15:45,0	Troquelar tapas	Troquelar tapas	15:45,0
18:45,0	Arreglar retal		00:03:00

Convenciones:





Operario	Tipo de Actividad	
Activo	Agrega Valor	
	No Agrega Valor - Necesaria	
	No Agrega Valor - Innecesaria	
	No Agrega Valor - Transporte	
Inactivo		

Diagrama 13. Diagrama H-M actual C.T. EX – 01



		DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA				METODO ACTUAL
		Elaboración de cuerpos y tubo central MALLA				
T ACUM	HOMBRE	EXPANSORA	LAMINADORA	C. ROTATIVA	C. MANUAL	TIEMPO
00:17,3	Coloca lámina	Espera				00:17,3
00:32,5	Recibe Lámina	Expande lámina				00:15,2
00:44,5	Lleva lámina					00:12,0
01:26,8	Lamina malla		Lamina malla			00:42,3
01:46,6	Enrolla lámina					00:19,8
02:37,6	Traslada lámina a cortadora rotativa					00:51,0
02:51,1	Cuadre maq				Espera cuadro de	00:13,5
03:32,3	Coloca malla en máquina				Espera malla	00:41,2
03:54,2	Sostener lam.				Corta malla	00:21,9
04:13,5	Recoger					00:19,3
05:08,0	Enrollar flejes					00:54,5
05:19,9	Transporta					00:19,9
05:37,0	Coloca fleje					00:19,0
07:34,3	Corta cuerpos				Corta cuerpos	01:57,3
08:38,8	Vuelve el operario a la expansora					01:04,5
11:06,3						02:27,5
14:07,5	Saca retazos de la expansora	Espera sean sacados retazos			00:44,2	

Diagrama 14. Diagrama H-M actual C.T. PZ-01

		DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA TUBOS CENTRALES SELLADO			Metodo Actual
T ACUM	OPERARIO 1	OPERARIO 2	CIZALLA	UNZONADOR	TIEMPO
04:02,3	Transportar láminas a cizalla				04:02,3
05:12,0	Cuadrar máquina		Máquina en cuadro		01:09,7
	Montar laminas				00:21,0
13:39,4	Cortar láminas en flejes		Corte de láminas		08:10,0
15:24,1	Recoger y transportar flejes				01:44,7
16:02,9	Cortar		Corte de flejes	Espera flejes	00:36,9
16:51,8	Cortar		Corte de flejes		00:36,9
17:40,8	Cortar		Corte de flejes		00:36,9
18:29,7	Cortar		Corte de flejes		00:36,9
19:18,6	Cortar		Corte de flejes		00:36,9
20:07,5	Cortar		Corte de flejes		00:36,9
20:56,4	Cortar	Punzona flejes	Corte de flejes	Punzona flejes	00:36,9
21:45,4	Cortar		Corte de flejes		00:36,9
22:34,3	Cortar		Corte de flejes		00:36,9
23:23,2	Cortar		Corte de flejes		00:36,9
24:12,1	Cortar		Corte de flejes		00:36,9
25:01,0	Cortar		Corte de flejes		00:36,9

### **4.3 EXAMEN CON ESPÍRITU CRÍTICO**

En esta fase se analizaron los hechos registrados anteriormente sobre el método actual de operación en cada centro de trabajo estudiado. Este procedimiento se realizó en dos etapas. En la primera, se utilizó la técnica del interrogatorio en donde se sometieron los operarios a una serie sistemática y progresiva de preguntas sobre la actividad que realizan, los hechos fueron consignados en una lista de chequeo (Ver anexo B), esta lista contiene preguntas cerradas y abiertas con el fin de examinar más a fondo el método de trabajo y está basada en los siguientes aspectos:

A: Operaciones

B: Utilización de materiales.

Con base en los datos registrados en los diagramas y en la lista de chequeo se examinó visualmente y con espíritu crítico el método utilizado por el operario en la ejecución del trabajo se dedujo las siguientes conclusiones para cada uno de los doce centros de trabajo seleccionados.

#### **4.3.1 Línea filtros de aire**

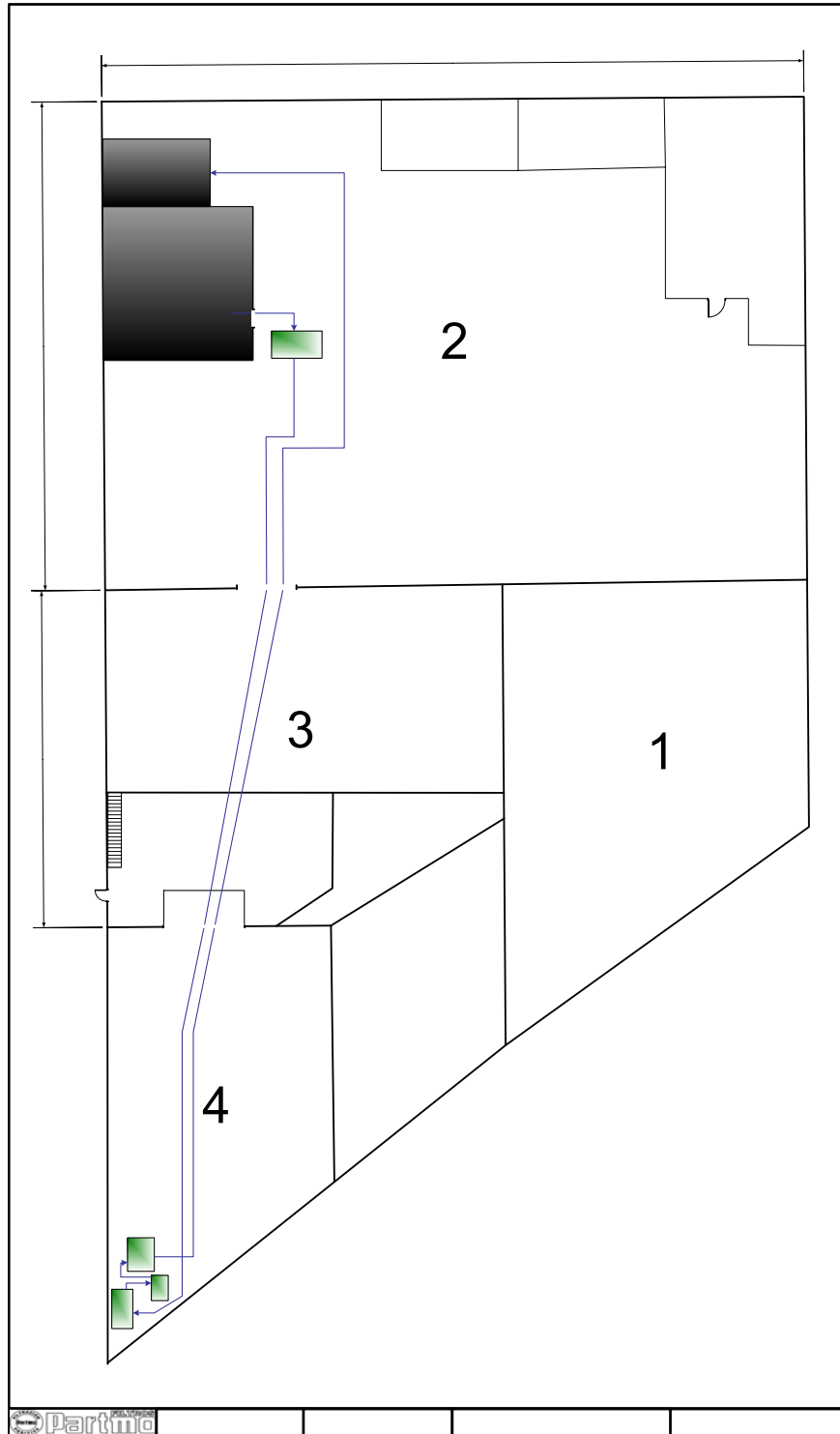
**Centro de trabajo CI-01 (CIZALLA ELÉCTRICA).** La operación de corte retrasa el proceso debido a las dimensiones y especificaciones del material que se requiere en el método actual.

**Centro de trabajo EX-02 (EXPANSORA, LAMINADORA, CIZALLA NEUMÁTICA).** La distancia entre la cizalla y la expansora es de 62 metros, así que es considerable la distancia en que se debe desplazar el operario. Por último la ubicación de la laminadora no es la adecuada y hace que el proceso sea incomodo y congestionado.

La elaboración de tubos y cuerpos para los filtros de la línea aire es realizada por dos operarios. El primero se encarga de traer los flejes cortados en la cizalla eléctrica, expandirlos y por último laminarlos. Una vez laminados los flejes el segundo operario se encarga de cortarlos según medidas, como se muestra en el diagrama 8. Luego de cortar los tubos y cuerpos, el segundo operario se encarga de soldarlos. Debido al tipo de material utilizado y como se muestra en el diagrama mencionado, en este centro de trabajo existen tiempos inactivos de operarios.

A continuación se muestra el recorrido que debe realizar el operario de la expansora EX-02.

**Figura 19.** Recorrido actual del proceso en la línea Aire Pesado



#### 4.3.2 LÍNEA DE FILTRO SELLADO

**Centro de trabajo CI-01 (CIZALLA ELÉCTRICA).** Esta operación de corte retrasa el proceso debido a las dimensiones y especificaciones de material que se requiere en el método actual.

**Centro de trabajo TR-16 (TROQUELADORA).** Actualmente la operación comienza desde que se realiza el corte de la lámina en flejes por parte de los trabajadores de la cizalla eléctrica. Una vez que están listos los flejes, el operario de la troqueladora TR-16 debe trasladarse hasta la cizalla para trasladar los flejes hasta su centro de trabajo. Esta actividad debe realizarse debido a las dimensiones y especificaciones del material que se requiere en este centro de trabajo.

Una vez que el operario se encuentra dispuesto a iniciar sus actividades, debe acomodar el porta-retal de tal manera que se le facilite descargar cada fleje troquelado en forma de disco punzonado. Esto retrasa la operación ya que no se trabaja a un ritmo continuo. A medida que se realiza un corte de disco, el operario debe expulsar el disco a un costado de la máquina donde es depositado en la canasta de productos en proceso.

Cuando ha terminado de troquelar los flejes, el operario debe trasladarse hacia la cizalla eléctrica quien lo proveerá de nuevos flejes. De la misma forma se debe detener la operación cuando el porta-retal se encuentra lleno y es necesario desocuparlo en el almacén de retal. La distancia entre la troqueladora y la cizalla es de 9 metros y de la troqueladora hasta el depósito de retal es de aproximadamente 24 metros.

**Centro de trabajo TR-03 (TROQUELADORA).** En esta máquina se elaboran las tapas superiores e inferiores que serán ensambladas con el papel y el tubo central para finalmente producir los elementos filtrantes.

La troqueladora TR-03 cuenta con un alimentador automático que se encarga de halar de manera progresiva el rollo, es decir, el operario no tiene la necesidad de halar la lámina para ser troquelada. Este alimentador no es aprovechado completamente debido a las condiciones actuales de los troqueles, pues cada vez que se troquela una tapa el operario debe accionar el pedal de funcionamiento de la máquina y estos troqueles no permiten que se trabaje continuamente “como sería lo ideal”, es decir, sin despegar el pie del pedal porque en ocasiones la pieza se queda adherida al troquel ocasionando defectos.

Al ser troquelado gran parte del rollo, el retal se va acumulando en la parte lateral de la máquina ocasionando una detención de la operación porque el operario debe cortar este retal y aplastarlo para introducirlo en el tanque. Estas detenciones se hacen constantes y ocasionan pérdidas de tiempo de aproximadamente el 26%.

**Centro de trabajo TR-13 (TROQUELADORA).** La operación en esta máquina se realiza con lámina en rollo al igual que en la troqueladora TR-03. La diferencia entre estas dos máquinas radica en que la TR-13 no cuenta con alimentador automático lo que indica que el operario debe halar la lámina progresivamente cada vez que troquela una tapa.

Gran porción de lámina troquelada genera acumulación de retal en la parte posterior de la máquina lo que genera una detención de la operación ya que el operario debe cortar el retal, aplastarlo e introducirlo en el tanque. De esta manera podrá mantener limpia su zona de trabajo.

**Centro de trabajo TR-14 (TROQUELADORA).** Esta troqueladora es encargada de elaborar los discos que seguidamente serán embutidos en las prensas para formar el tarro o carcaza que es la parte que cubre el filtro sellado.

La operación en este puesto se inicia con el montaje de la lámina en rollo. Esta troqueladora cuenta con alimentador automático, pero al igual que en la TR-03 no se puede trabajar de manera continua o con el pedal accionado, es decir que la operación también debe realizarse paso a paso. La máquina está diseñada para troquelar y expulsar los discos por la parte inferior donde caen en un balde que se coloca debajo de esta y el operario debe interrumpir la operación para desocupar este balde y dejarlo listo para producir nuevos discos.

Aquí también se genera acumulación de retal y el operario debe cortarlo y aplastarlo para despejar su zona. Esta detención se hace en forma continua lo que representa un tiempo improductivo dentro de la operación.

**Centro de trabajo CN-01, PZ-01, EN-01 (TUBO CENTRAL).** La elaboración de los tubos centrales para los filtros de las líneas sellado y CAV se inicia cuando el primer operario debe trasladarse al depósito y traer las láminas requeridas para el proceso, este recorrido es de aproximadamente 42 metros. El operario traslada las láminas hasta la cizalla donde la corta en flejes según la altura del tubo central, esta operación debe realizarse debido a las dimensiones y especificaciones del material. Una vez cortados los flejes el segundo operario los transporta a la punzonadora y ranuradora (PZ-01, RN-01), posteriormente los flejes ya punzonados y ranurados son trasladados nuevamente a la cizalla donde se les realiza el corte final según ancho de tubo central. Los tubos centrales ya cortados son trasladados a la enchurcadora y seguidamente al soldador donde se les hace la operación final.

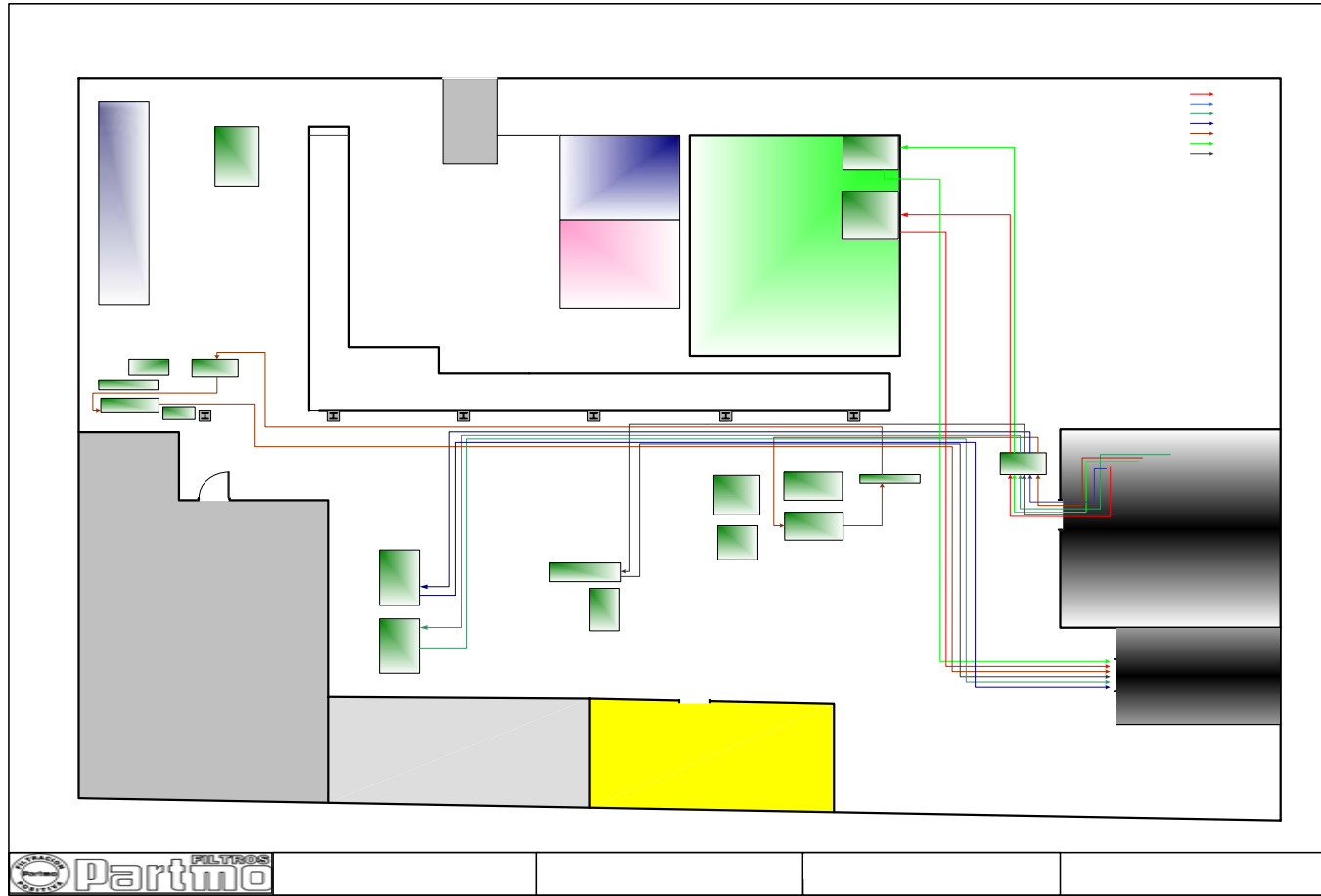
Como se expone en el diagrama 14, debido a las dimensiones y especificaciones del material requerido, la elaboración de estas partes debe ser realizada por dos operarios.

#### **4.3.3 Línea cartucho y PMX**

**Centro de Trabajo CI-01.** La operación de corte retrasa el proceso debido a las dimensiones y especificaciones del material que se requiere en el método actual.

**Centro de trabajo EX-02.** La distancia entre la cizalla y la expansora es de 25.6 metros, así que el operario debe desplazar el material en gran distancia. Por último la ubicación de la laminadora no es la adecuada ya que impide que el flujo esté en línea.

A continuación se ilustra el recorrido que deben hacer los operarios de los centros de trabajo en estudio para las líneas de filtros sellado, PMX y Cartucho.



## **4.4 ESTABLECIMIENTO DEL MÉTODO MEJORADO**

Con base en el diagnóstico realizado en la fase anterior se plantearon las mejoras necesarias para eliminar las restricciones definidas. A continuación se presentan las mejoras a realizar en cada centro de trabajo con sus respectivos costos.

### **4.4.1 Propuesta de mejoras**

#### **Centro de trabajo CI-01**

- Adquirir el material necesario (dimensiones y especificaciones requeridas) para fabricar las partes que se fabrican en los centros de trabajo en estudio, es decir, lámina en rollo y no en su presentación tradicional que es rectangular y requiere del proceso en la cizalla como se viene haciendo actualmente. Esta mejora eliminaría la operación de corte, la cual es innecesaria y genera despilfarro de tiempo y material.

#### **Centro de trabajo EX-02**

- Adecuar el alimentador que se halla en regulares condiciones y se encuentra en la planta de producción para montar el rollo galvanizado en la expansora. Esta mejora eliminaría el proceso de corte de la lámina en flejes en la cizalla.
- Ubicar la laminadora en frente de la expansora y así evitar transportes innecesarios.

Al establecer las mejoras para este centro de trabajo, la elaboración de estas partes podrá ser realizada por un operario y el tiempo inactivo de esta operación se eliminará como se expone en el diagrama 21.

### **Centro de trabajo TR-16**

- Adquirir un alimentador necesario para realizar la operación con el material en rollos calibre 12. Con este se eliminaría la necesidad de cortar la lámina en flejes y montarlos en la máquina.
- Adecuar un desenrollador para trabajar con lámina de calibre 12. Con esta mejora se reduce el tiempo que el operario gasta en buscar los flejes en la cizalla; además se le reduce el esfuerzo físico que debe realizar para cargar estos flejes.
- Ensamblar un cortador de retal a la troqueladora. Este cortador es adecuado a la máquina y trabaja al mismo ritmo de la máquina. El funcionamiento de este cortador es bajar junto con el troquel, de tal manera que al pasar el retal sea cortado e inmediatamente descargado en el tanque. Con esta mejora se eliminará tiempo improductivo ya que el operario trabajará continuamente, es decir, no deberá suspender la operación como lo hacía cuando troquelaba fleje por fleje.
- Inclinar la máquina hacia atrás con el fin de facilitarle al operario la descarga de los discos en la canasta de producto en proceso. En el método actual el operario debe expulsar el disco hacia un costado de la máquina apoyado por el mismo fleje, es decir, cuando se realiza un corte de disco, el troquel formador de disco suelta la pieza y el operario inmediatamente deja que pegue contra el fleje para así poder descargarla con la ayuda de este.

Al inclinarse la máquina se facilita la operación pues el operario no tendrá necesidad de tomar la pieza sino que simplemente por medio de la fuerza de gravedad la pieza cae por la parte posterior de la máquina donde se deposita en la canasta de producto en proceso.

#### **Centro de trabajo TR-14**

- Adquirir un desenrollador para el rollo de calibre 24/26.
- Poner a punto los troqueles de disco tarro para que la operación se pueda realizar automáticamente, es decir, sin accionar el pedal cada vez que se troquela un disco tarro sino dejar accionado el pedal durante la operación. Con esta propuesta la operación será más segura ya que se mejora la calidad en la parte troquelada, en los componentes de la máquina o en la seguridad del operario.
- Ensamblar un cortador de retal en cada troquel de disco tarro. El funcionamiento de este cortador es bajar junto con el troquel, de tal manera que al pasar el retal sea cortado e inmediatamente descargado en el tanque.

#### **Centro de trabajo TR-03**

- Adquirir un desenrollador para el rollo de calibre 24/26.
- Poner a punto los troqueles de tapas superiores e inferiores para que la operación se pueda realizar automáticamente, es decir sin accionar el pedal cada vez que se troquela una tapa sino dejar accionado el pedal durante la operación. Con esta mejora la operación será más segura ya que se elimina el

riesgo de daño de la parte troquelada. También se reduce el contacto del operario con la máquina lo que garantiza su integridad física.

- Ensamblar un cortador de retal en cada troquel de tapas superiores e inferiores. El funcionamiento de este cortador es bajar junto con el troquel, de tal manera que al bajar, el retal sea cortado e inmediatamente descargado en el tanque. Con esta mejora se eliminará tiempo improductivo ya que el operario trabajará continuamente, es decir, no deberá parar la operación como lo hacía cuando troquelaba fleje por fleje; además cuando la mejora se implemente, el operario solo deberá accionar la máquina y hacer inspección visual de la ejecución de la operación ya que las mejoras propuestas evitan que el operario esté en contacto directo con la máquina.

### **Centro de trabajo TR-13**

- Adquirir un alimentador automático. Con esta mejora se elimina la necesidad que el operario hale el rollo, haciendo la operación más eficaz y disminuyendo el riesgo de accidente del operario ya que no tendrá contacto con el rollo ni con las partes fabricadas.
- Instalar un sistema neumático a la máquina, necesario para que la pieza troquelada sea expulsada hacia la parte posterior de la máquina y así evitar el contacto del operario con la máquina y las piezas fabricadas.
- Ubicar la máquina al frente de la TR-03, para que una vez implementadas las mejoras estas máquinas se puedan acoplar y un operario esté en la capacidad de manejar las dos máquinas, este beneficio se verá reflejado en la reducción de mano de obra.

### **Centro de trabajo EX-01**

- Adquirir un desenrollador de rollo galvanizado. Esta mejora eliminaría la necesidad de montar los flejes en la expansora, además se hace necesaria la adecuación del desenrollador ya que la máquina no podría realizar la operación sin este.
- Instalar la laminadora en frente de la expansora y así evitar transportes innecesarios.

### **Centro de trabajo PZ-01 (Punzonadora-Ranuradora)**

- Adquirir un desenrollador para el rollo de calibre 26/Hojalata. De esta manera la elaboración de los tubos centrales comenzaría en este centro de trabajo, el operario no deberá montar los flejes en la punzonadora ya que la máquina trabajaría de manera continua. Los rollos punzonados y ranurados entrarían en la cizalla a la misma velocidad que la punzonadora trabaja. Con esto el operario solo deberá accionar el pedal para cortar el rollo según el ancho del tubo central.
- Acoplar las máquinas de este centro de trabajo ya que con el método mejorado solo un operario será necesario para fabricar las partes elaboradas en estas máquinas (ver diagrama 26), reflejando así un beneficio en la reducción de mano de obra.

### Centro de trabajo CN-01 (Cizalla neumática)

- Adquirir el material necesario para fabricar los tubos centrales en rollo y no en láminas como se viene haciendo actualmente, esta mejora eliminaría la operación de corte la cual es innecesaria ya que no agrega valor al producto.

#### 4.4.2 Costos

**CT CI-01, CN-01.** Los costos de ejecutar las mejoras en este centro de trabajo serían el sobre costo de comprar el material en rollo y no en lámina, afortunadamente para el presente estudio el material no difiere en precio según su presentación.

**Tabla 7. Costos de inversión**  
Centro de trabajo EX-02 (Expansora, Laminadora)

ITEM	Unidad	Cantidad	Vr.Unit	Subtotal
<b>Mano de Obra</b>				
1 Mecánico	Hora-Hom	8	\$3.718	\$ 29.744
1 Operario	Hora-Hom	2	\$ 2.282	\$ 4.564
<b>Imprevistos</b>				
	%	10		\$ 3.430
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 37.738</b>

**Tabla 8. Costos de inversión**  
Centro de trabajo TR-16 (Troqueladora)

ITEM	Unidad	Cantidad	Vr.Unit	SubTotal
<b>Adquisiciones</b>				
Alimentador	Und	1	\$30.000.000	\$30.000.000
Cortador retal	Und	1	\$200.000	\$200.000

ITEM	Unidad	Cantidad	Vr.Unit	SubTotal
<b>Mano de Obra</b>				
1 Mecánico	Hora-Hom	5	\$3,718	\$ 18.590
<b>Imprevistos</b>				
	%	2		\$600,718
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 30.819.308</b>

**Tabla 9. Costo de inversión**  
Centro de trabajo TR-14 (Troqueladora)

ITEM	Unidad	Cantidad	Vr.Unit	SubTotal
<b>Adquisiciones</b>				
Desenrollador	Und	1	\$10.000.000	\$10.000.000
<b>Materiales directos</b>				
Bases Acero A36	Kg	40	\$ 7.000	\$ 280.000
Platina acero T2510	Metros	1	\$ 60.000	\$ 60.000
Tornillos bristol 5/16"	Und	40	\$ 200	\$ 8.000
<b>Mano de Obra</b>				
1 Mecánico	Hora-Hom	90	\$3,718	\$ 334.620
<b>Imprevistos</b>				
	%	2		\$ 213.652
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 10.896.272</b>

**Tabla 10. Costo de Inversión**  
Centro de trabajo TR-03 (Troqueladora)

ITEM	Unidad	Cantidad	Vr.Unit	SubTotal
<b>Adquisiciones</b>				
Desenrollador	Und	1	\$10.000.000	\$10.000.000
<b>Materiales directos</b>				
Bloques acero 1020	Und	12	\$ 10.000	\$ 120.000
Platina acero T2510	Metros	1	\$ 60.000	\$ 60.000
Tornillos bristol 1/4"	Und	40	\$ 200	\$ 8.000
Tornillos bristol 5/16"	Und	60	\$ 200	\$ 12.000
Varillas 1/2"	Metros	5	\$ 12.000	\$ 60.000
<b>Mano de Obra</b>				
1 Mecánico	Hora-Hom	70	\$3,718	\$ 260.260

ITEM	Unidad	Cantidad	Vr.Unit	SubTotal
<b>Imprevistos</b>				
	%	2		210405
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 10.730.665</b>

**Tabla 11. Costo de inversión**  
Centro de trabajo TR-13 (Troqueladora)

ITEM	Unidad	Cantidad	Vr.Unit	SubTotal
<b>Adquisiciones</b>				
Alimentador	Und	1	\$8.200.000	\$8.200.000
Acumulador de aire	Und	1	\$ 20.000	\$ 20.000
Valvula escape 1/2"	Und	1	\$ 250.000	\$ 250.000
<b>Mano de Obra</b>				
1 Mecánico	Hora-Hom	8	\$3,718	\$ 29.744
<b>Imprevistos</b>				
	%	2		\$ 169.995
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 8.669.739</b>

**Tabla 12. Costo de inversión**  
Centro de trabajo EX-01(Expansora, Laminadora)

ITEM	Unidad	Cantidad	Vr.Unit	SubTotal
<b>Adquisiciones</b>				
Desenrollador	Und	1	\$10.000.000	\$10.000.000
<b>Mano de Obra</b>				
1 Mecánico	Hora-Hom	2	\$3,718	\$ 7.436
<b>Imprevistos</b>				
	%	2		\$200,149
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 10.207.584</b>

**Tabla 13. Costo de inversión**  
**Centro de trabajo PZ-01 (Punzonadora)**

<b>ITEM</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Vr.Unit</b>	<b>SubTotal</b>
<b>Adquisiciones</b>				
Desenrollador	Und	1	\$10.000.000	\$10.000.000
<b>Mano de Obra</b>				
1 Mecánico	Hora-Hom	2	\$3,718	\$ 7.436
<b>Imprevistos</b>				
	%	2		\$200,149
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 10.207.584</b>

#### **4.5 EVALUACIÓN DEL NUEVO MÉTODO**

En esta fase se evaluó la economía en tiempos y movimientos que acarrearía la implementación de las mejoras planteadas, los datos consignados en los cursogramas analíticos y diagrama hombre-máquina fueron contrastados con los datos del método mejorado.




**Diagrama 16.** Cursograma método mejorado C.T. TR-16

		CURSOGRAMA ANALÍTICO			TR-16					
Actividad		<del>Operario/Material/Equipo</del>								
Actividad		Actual	Prop	Econ						
Cizallar lámina, Troquelar-Punzonar disco	Operación	6	1	5						
	Transporte	3	1	2						
Método: Actual/Propuesto	Espera	0	0	0						
Operarios: 2	Inspección	0	0	0						
Elaborado por : Jorge García Cesar Meza	Almacenamiento	0	0	0						
	Operación-inspección	1	0	1						
	Distancia	78,80	48,00	30,80						
Fecha: Mayo de 2004	Tiempo (min-hombre)	97,71	64,09	33,62						
Descripción	Cantidad	Distancia	Tiempo	Símbolo			Observaciones			
Troquela rollo	2160	--	3571,20	○	⇨	D	□	▽	○	
Traslada tanque de retal	2160	48,00	274,58							
<b>Total</b>		48,00	64,10							

Al eliminar el corte de la lámina debido al cambio en la presentación del material, se reduce en un 83% el número de operaciones para la fabricación de discos punzonados.

El proceso comienza en el centro de trabajo TR-16, los operarios de la cizalla montan el rollo en el desenrollador y lo adecuan para comenzar el proceso, el operario de la troqueladora se encarga de accionar el pedal y de empujar los discos hacia la parte posterior de la máquina. El cortador de retal está instalado en la mesa de la troqueladora y se encarga de cortar los residuos del rollo que no se utilizaron en la fabricación del disco punzonado evitando la acumulación de retal y que el operario deba detener el proceso. Por último la distancia recorrida se redujo en 30.8 metros, ya que el operario no debe traer la materia prima necesaria y el único recorrido que debe realizar es el traslado del retal hacia el depósito de residuos.

**Diagrama 17. Cursograma método mejorado C.T. TR-14**

		CURSOGRAMA ANALÍTICO			TR-14		
Operario/Material/Equipo							
Actividad	Actividad	Actual	Prop.	Econ.			
troquelar discos-tarros	Operación	6	4	2			
	Transporte	1	1	0			
Método: Actual/Propuesto	Espera	-	-	-			
Operarios: 2	Inspección	1	1	0			
Elaborado por : Jorge García	Almacenamiento	-	-	-			
Cesar Meza	Operación-Inspección	-	-	-			
	Distancia (m)	24,6	24,6	-			
Fecha: Mayo de 2004	Tiempo (min-hombre)	33,877	21,182	12,695			
Descripción	Cantidad (unid)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo			Observaciones
Suelta rollo y prepara la lamina	-	-	5	○	⇒	□	
Verifica y da aprobación	1	-	1,5	□	▽	○	
Realiza cortes de disco-tarro	700	-	6,79	○	⇒	□	
Saca balde con discos	700	-	0,5093	○	⇒	□	
Pasa discos de balde a canasta	700	-	3,833	○	⇒	□	
Traslada el tanque con retal	3500	24,6	3,55	○	⇒	□	
<b>Total</b>		24,6	21,1823				

Con las mejoras propuestas se garantiza una reducción en el tiempo de fabricación de unidades (21.18 minutos equivalente al 62.5%); además el centro de trabajo TR-14 contará con una mayor eficiencia en su producción ya que el operario no tendrá que suspender su operación para realizar actividades como arreglar el retal y descargarlo en el tanque, las cuales se constituyen en acciones que no agregan ningún tipo de valor al producto y que por el contrario generan despilfarros de tiempo ya que el operario aprovecha estas actividades para descansar, ir al baño y realizar tertulias con sus compañeros.

Con la implementación de esta mejora el operario estará más concentrado en la ejecución de su trabajo ya que solo deberá suspender la operación cuando se llene completamente el tanque de retal y deba trasladarlo hasta el depósito.

El número de paradas se disminuirá y solo si la maquina sufre algún daño la producción se detendrá.


**Diagrama 18. Cursograma método mejorado CT. TR-03 - CT. TR-13**

 <b>FILTROS</b> <b>Partmo</b>		CURSOGRAMA ANALÍTICO			TR-03		
Operario/Material/Equipo							
Actividad	Actividad	Actual	Prop.	Econ.			
Troquelar Tapas	Operación	4	2	2			
	Transporte	1	1	0			
Método: Actual/Propuesto	Espera	-	-	-			
Operarios: 2	Inspección	1	1	0			
Elaborado por : Jorge García Cesar Meza	Almacenamiento	-	-	-			
	Operación-Inspección	-	-	-			
Distancia (m)		33,5	33,5	-			
Fecha: Mayo de 2004	Tiempo (min-hombre)		26,96	18,02	8,94		
Descripción	Cantidad (unid)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo			Observaciones
Suelta rollo y prepara lámina	-	-	5	○	⇒	□	
Verifica y da aprobación	1	-	1,5	○	⇒	□	
Realiza corte de tapas (alim.)	800	-	7,77	○	⇒	□	
Traslada tanque con retal	6000	33,5	3,75	○	⇒	□	
<b>Total</b>		33,5	18,02				
 <b>FILTROS</b> <b>Partmo</b>		CURSOGRAMA ANALÍTICO			TR-13		
Operario/Material/Equipo							
Actividad	Actividad	Actual	Prop.	Econ.			
Troquelar Tapas	Operación	4	2	2			
	Transporte	1	1	0			
Método: Actual/Propuesto	Espera	-	-	-			
Operarios: 2	Inspección	1	1	0			
Elaborado por : Jorge García Cesar Meza	Almacenamiento	-	-	-			
	Operación-Inspección	-	-	-			
Distancia (m)		33	33	-			
Fecha: Mayo de 2004	Tiempo (min-hombre)		29,802	18,02	11,782		
Descripción	Cantidad (unid)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo			Observaciones
Suelta rollo y prepara lámina	-	-	5	○	⇒	□	
Verifica y da aprobación	1	-	1,5	○	⇒	□	
Realiza corte de tapas (sin alim.)	800	-	7,77	○	⇒	□	
Trasladar tanque con retal	6000	33	3,75	○	⇒	□	
<b>Total</b>		33	18,02				

Con las mejoras propuestas y expuestas anteriormente se garantiza una reducción en el tiempo de ejecución de la operación para fabricar 800 unidades (18.02 minutos equivalentes al 60.4%), así como la eliminación de dos de las operaciones que se realizan en el método actual. El operario ya no tendrá que suspender su operación para arreglar el retal y descargarlo en el tanque ya que estas serán eliminadas gracias al cortador de retal que se instalará en cada uno de los troqueles empleados en la troqueladora TR-03.

El cortador de retal eliminará estas operaciones y a su vez se podrán producir más piezas hasta que se llene completamente el tanque de retal, es decir, el operario en un turno de trabajo deberá detener menos veces su actividad ya que no existirá la acumulación de retal en su puesto de trabajo. Cabe mencionar que la distancia que se debe recorrer para descargar el retal en el depósito seguirá siendo la misma ya que la zona de la línea sellado seguirá en las mismas condiciones.

**Diagrama 19. Cursograma método mejorado C.T. EX-01**

		CURSOGRAMA ANALÍTICO			EX-01					
Operario/Material/Equipo										
Actividad	Actual	Prop	Econ							
Cizallar, Expandir, Laminar, Cortar tubo central y cuerpo. Línea Malla	Operación	12	6	6						
Método: Actual/Propuesto	Transporte	5	1	4						
Operarios: 1	Espera	2	2	0						
Elaborado por : Jorge García	Inspección	0	0	0						
Cesar Meza	Almacenamiento	0	0	0						
	Operación-Inspección	2	1	1						
	Distancia (m)	160,40	12,40	148,00						
Fecha: Mayo de 2004	Tiempo (min-hombre)	34,26	5,22	29,04						
Descripción	Cantidad (und)	Distancia (m)	Tiempo (seg)	Símbolo				Observaciones		
Monta rollo en expansora	1	--	17,30	○	→	D	□	▽	⊗	
Lamina malla	1	--	42,30							
Cuadra máquina	--	--	13,50							
Coloca malla en máquina	20	--	41,20							
Sostiene malla	20	--	21,90							
Recoge y almacena retal	20	--	19,30							
Transporta malla a cortadora	20	1,20	10,00							
Coloca malla en máquina	20	--	19,00							
Corta según medidas	20	--	117,30							
Vuelve a expansora	--	11,20	11,30							
<b>TOTAL</b>		12,40	5,22							

La adquisición del material en rollo así como el desenrollador requerido muestra una disminución del 50% en las operaciones necesarias para fabricar los cuerpos de filtros tipo cartucho y tubos centrales de filtros tipo PMX.

Las máquinas de la línea de filtros tipo cartucho y PMX fueron localizadas de tal manera que el proceso quedara en línea lo cual disminuyó las distancias entre máquinas, y contribuyó con la eficiencia del proceso de fabricación.


**Diagrama 20.** Cursograma método mejorado C.T. PZ-01

		CURSOGRAMA ANALÍTICO			PZ-01						
Operario/Material/Equipo											
Actividad		Actual	Prop	Econ							
Laminar, Cizallar, Punzonar	Operación	6	4	2							
Línea Sellado	Transporte	4	1	3							
Método: Actual/Propuesto	Espera	0	0	0							
Operarios: 2	Inspección	0	0	0							
Elaborado por : Jorge García	Almacenamiento	0	0	0							
Cesar Meza	Operación-Inspección	1	0	1							
	Distancia (m)	53,20	2,50	50,70							
Fecha: Mayo de 2004	Tiempo (min-hombre)	29,80	14,78	15,02							
Descripción	Cantidad (und)	Distancia (m)	Tiempo (seg)	Simbolo						Observaciones	
				○	⇒	D	□	▽	⊗		
Monta rollo en punzonadora	--	--	32,56								
Corta según ancho de tubo c	40	--	614,23								
Lleva tubos c a enchurcadora	40	2,50	8,50								
Enchurca tubos centrales	40	--	71,00								
Solda tubos centrales	40	--	160,45								
<b>TOTAL</b>		2,50	14,78								

El cambio en la presentación del material necesario (dimensiones y especificaciones requeridas) para fabricar los tubos centrales de las líneas de filtros sellado y C.A.V. reduce el número de actividades necesarias en un 54.6%, y la distancia recorrida por el operario en un 95.4% ya que este no debe ir al almacén de láminas debido a que el rollo es montado por los operarios de la cizalla.

#### 4.5.2 Diagramas Hombre-máquina del método propuesto


Diagrama 21. Diagrama H-M método mejorado C.T. EX-02

		DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA			METODO PROPUESTO
		Elaboración de cuerpos y tubo central AIRE			
T ACUM	HOMBRE	EXPANSORA	LAMINADORA	CIZALLA	TIEMPO
00:55,1	Laminar malla	Expandir malla	Laminar malla		00:55,1
01:10,3	Transportar malla a cizalla				00:15,3
02:50,4	Cortar según altura			Cortar según altura	01:50,1
04:59,4	Cortar según ancho			Cortar según ancho	0:02:09



Convenciones:

Activo	Agrega Valor	
	No AV Necesaria	
	No AV Innecesaria	
	No AV Transporte	
Inactivo		


**Diagrama 22.** Diagrama H-M método mejorado C.T. TR-16

		METODO PROPUESTO	
DIAGRAMA HOMBRE-MÁQUINA			
ELABORACIÓN DE DISCOS PUNZONADOS			
T ACUM	HOMBRE	TR-16	TIEMPO
	Activar máquina	Troquelar rollo	
0:00:30			00:29,8

**Diagrama 23.** Diagrama H-M método mejorado C.T. TR-14

 		METODO PROPUESTO	
DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA			
TROQUELADO DE DISCOS-TARROS			
T ACUM.	OPERARIO	TR-14	TIEMPO
00:07:19	Activar maquina	Troquelar discos	00:07:19
00:11:40	Sacar balde con discos		00:04:20


**Diagrama 24.** Diagrama H-M método mejorado C.T. TR-03 TR-13

		METODO PROPUESTO	
DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA			
TROQUELADO DE TAPAS			
T ACUM.	OPERARIO	TR-13	TIEMPO
	Inspeccionar operación	Troquelar tapas	
08:18,0			08:18,0

Convenciones:

Operario	Tipo de Actividad
Activo	Agrega valor


**Diagrama 25.** Diagrama H-M método mejorado C.T. EX - 01

		<b>DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA</b> Elaboración de cuerpos y tubo central CARTUCHO				<b>METODO PROPUESTO</b>	
T ACUM	HOMBRE	EXPANSORA	LAMINADORA	CORTADORA R	CORTADORA M	TIEMPO	
00:17,3	Monta rollo	Montaje de rollo				00:17,3	
00:59,6	Lamina malla	Expande rollo	Malla laminada			00:42,3	
01:13,1	Cuadra máquina			Máquina en cuadro		00:13,5	
01:54,3	Coloca malla en máquina			Malla colocada		00:41,2	
02:16,2	Sostiene malla			Malla cortada		00:21,9	
02:35,5	Recoge retal					00:19,3	
02:45,5	Transporte					00:10,0	
03:04,5	Coloca malla en					Malla colocada	00:19,0
05:01,8	Corta según medidas					Malla cortada	01:52,3
05:13,1	Vuelve a Expansora						00:11,3

Convenciones:

Activo	Agrega Valor	
	No AV Necesaria	
	No AV Inncesaria	
	No AV Transporte	
Inactivo		

**Diagrama 26.** Diagrama H-M método mejorado C.T. PZ-01

 <b>Partmo</b>		<b>DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA</b> <b>TUBOS CENTRALES SELLADO</b>		Metodo Mejorado
T ACUM	OPERARIO 1	CIZALLA	PUNZONADORA	TIEMPO
00:00,3	monta rollo		montaje de rollo	00:00,3
	Corta según ancho de tubo central	Corte de tubos centrales	Punzona rollo	
00:10,8				00:10,5
Convenciones:				
Activo	Agrega Valor			
	No AV Necesaria			
	No AV Innecesaria			
	No AV Transporte			
Inactivo				

### **4.5.3 Resultados de las mejoras propuestas e implementadas**

**C.T. EX-02.** La adquisición del material en rollo redujo el tiempo de fabricación en 3.94 minutos lo que representa una disminución de 11.71% del tiempo total. De igual forma el recorrido que el operario debía hacer para traer los flejes hasta la expansora se eliminó ya que el rollo galvanizado se almacena al lado de la expansora y el montaje del rollo en el alimentador lo realizan los operarios de la cizalla, esta reducción representa una disminución de la distancia recorrida por parte del operario de 131.88 metros lo que representa una disminución significativa de 98.5% del total de distancia recorrida.

**C.T. TR-16.** Eliminando el corte de las láminas para la fabricación de discos punzonados se redujo la distancia recorrida por el operario en 48 metros lo que representa una disminución del 39.08% sobre la distancia total, el transporte que él debe realizar es llevar el tanque con retal al almacén de desechos.

El tiempo de fabricación se redujo en 64.09 minutos para un lote de 2160 unidades significando un ahorro del 34.41% sobre el tiempo total debido al nuevo método de operación, ya que el operario de la troqueladora solo debe accionar el pedal y empujar el disco punzonado hacia delante, la única parada que debe realizar es llevar el retal, así mismo la seguridad del trabajador mejora ya que esta en menor contacto con las partes móviles de la máquina, disminuyendo el riesgo de cualquier accidente.

#### 4.5.4 Beneficios de las mejoras propuestas e implementadas

##### C.T. Expansora 02 (EX-02)

**Tabla 14.** Beneficios obtenidos con la mejora C.T. EX-02

<b>BENEFICIOS TC Y CUERPOS AIRE</b>				
<b>ITEM</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Vr.Unit</b>	<b>Subtotal</b>
MANO DE OBRA MES	Hora-Hom	21,38	\$ 2,282.25	\$ 48.795
<b>TOTAL MES</b>				<b>\$ 48.795</b>

Como se mencionó anteriormente, la operación de la cizalla se eliminó gracias a la adquisición del material presentado en rollo (según dimensiones y especificaciones establecidas), que requería la instalación del alimentador para la expansora EX-02, el cual se encontraba en otra sección de la planta y solo necesitaba ser transportado y adecuado.

Cabe resaltar que los beneficios que se tuvieron en cuenta en este análisis estuvieron enfocados en el ahorro de mano de obra más no de un posible aumento de la producción. Teniendo en cuenta el costo que representa esta mejora y los beneficios generados, la inversión se recuperaría en un mes.

##### C.T. Troqueladora 16 (TR-16)

**Tabla 15.** Beneficios obtenidos con la mejora C.T. TR-16

<b>BENEFICIOS TR-16 DISCOS PUNZONADOS</b>				
<b>ITEM</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Vr.Unit</b>	<b>SubTotal</b>
MANO DE OBRA MES	Hora-Hom	47,5	\$ 2,282.25	\$ 108.407
AUMENTO PRODUCCIÓN MES	Unidad	58110	\$ 10,86	\$ 631.075
<b>TOTAL MES</b>				<b>\$ 739.481</b>

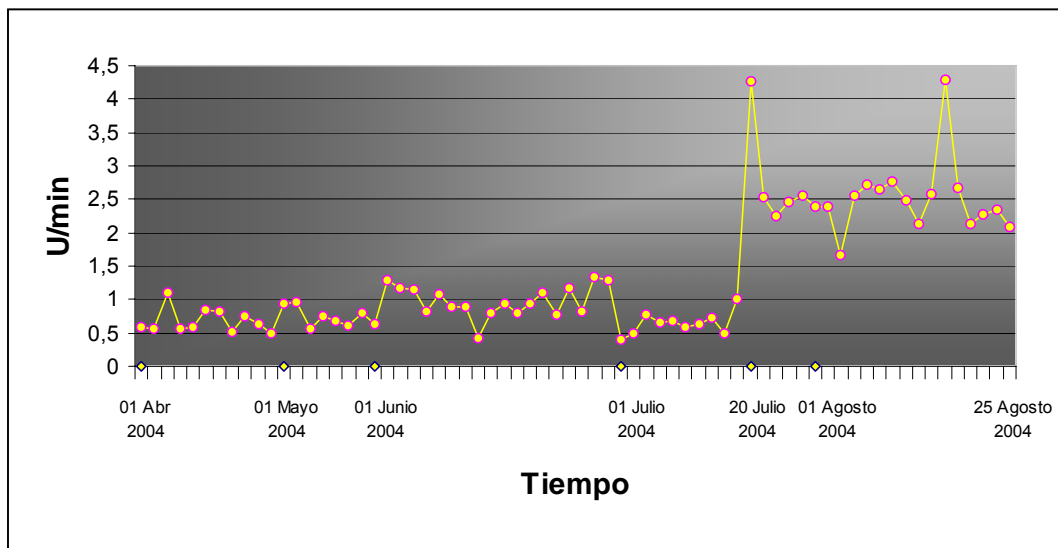
Con la implementación de las mejoras propuestas para el centro de trabajo TR-16 se pueden obtener beneficios por ahorro en mano de obra ya que se eliminan operaciones como el corte de flejes en la cizalla y se mejora el método de trabajo de las operaciones restantes; además se contempla un beneficio de un posible aumento de la producción de discos punzonados debido a la disminución del tiempo de fabricación. Según estos beneficios, la inversión se recuperaría en aproximadamente tres años y cinco meses.

#### 4.5.5 Seguimiento de indicador

**Nombre del indicador:**

$$\text{Productividad de mano de obra} = \frac{\text{Producción}}{\text{Minutos _ trabajados}}$$

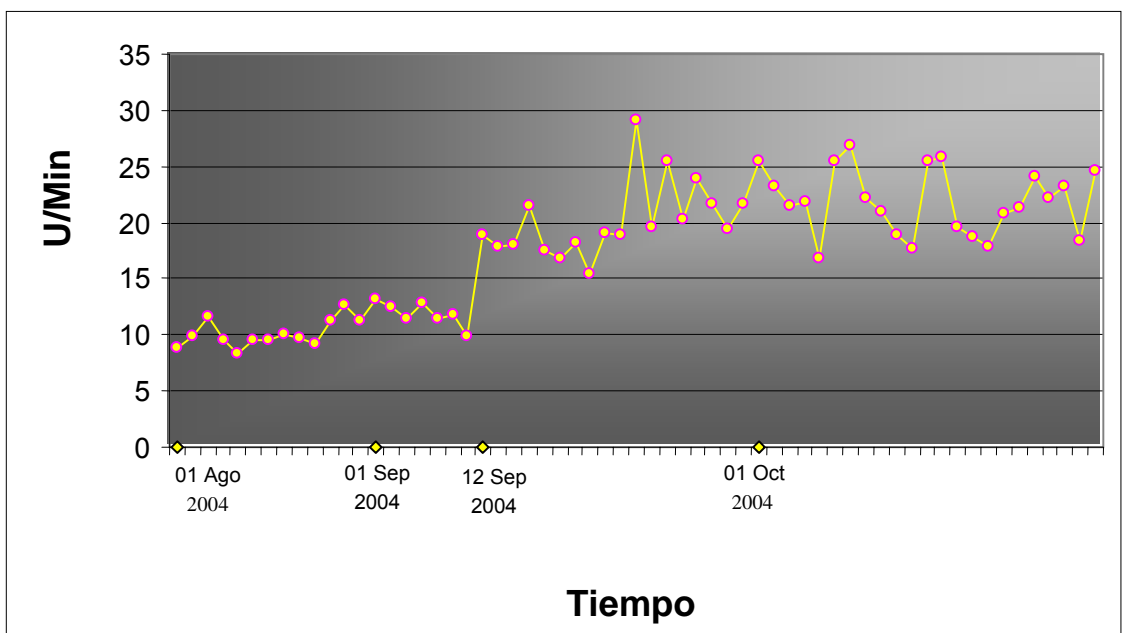
**Figura 21.** Índice de productividad de mano de obra CT EX-02



Fuente. Departamento de producción Industrias PARTMO

Como se observa en la gráfica a partir del 20 de Julio del 2004, día en que se implementó la mejora, el número de unidades producidas por minuto en el centro de trabajo EX-02 se incrementó, permitiendo fabricar más unidades ó utilizar menos tiempo en producir el mismo número de unidades, evidenciando los resultados satisfactorios de la mejora implementada.

**Figura 22.** Índice de productividad de mano de obra CT TR-16



Fuente. Departamento de producción Industrias PARTMO

La mejora propuesta para el centro de trabajo TR-16 fue implementada completamente el 12 de septiembre del 2004, como podemos apreciar en la gráfica, las unidades por minuto se incrementaron después del día de la implementación lo que permitió un aumento en la productividad de la planta de producción y demostró los resultados favorables de la mejora implementada.

#### **4.6 PROPUESTAS EN PROCESO DE SER IMPLEMENTADAS**

Las propuestas presentadas por los autores a la Dirección de la empresa fueron aceptadas en su totalidad, las inversiones correspondientes a estas propuestas fueron aprobadas aunque en estos momentos la empresa no está en capacidad de establecerlas debido a los altos costos incurridos en la implementación de las propuestas ejecutadas a la fecha, la empresa programará las siguientes en la medida que tenga la capacidad económica para llevarlas a cabo, teniendo en cuenta que son actividades de suma importancia para el departamento de Producción.

Las mejoras y los beneficios, de conocimiento por la dirección de la empresa, que se obtendrían de las propuestas aun no implementadas son las siguientes:

**CT TR-14.** Con la adquisición del alimentador para lamina de calibre 24/26 y la puesta a punto de los troqueles se obtendrá una disminución del tiempo de producción para un lote de 700 piezas del 37.45% con relación al tiempo que se empleaba con el método anterior. Esto garantiza la seguridad del operario, ya que no tendrá contacto con el material (lámina) durante la operación.

La instalación del cortador de retal permitirá que la operación se realice de manera constante y solo se detenga cuando el operario deba sacar los discos que se van acumulando en la canasta y cuando deba descargar el tanque de retal en el deposito de desechos.

**Tabla 16.** Beneficios obtenidos con la mejora C.T. TR-14

<b>BENEFICIOS TR-14 DISCOS TARRO</b>				
<b>ITEM</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Vr.Unit</b>	<b>SubTotal</b>
MANO DE OBRA MES	Hora-Hom	58,74	\$ 2,282.25	\$ 134.059
AUMENTO PRODUCCIÓN MES	Unidad	116501	\$ 9,71	\$ 1.131.225
<b>TOTAL</b>				\$ 1.265.284

Debido al nuevo método de trabajo propuesto para el centro de trabajo Troqueladora 14, los beneficios obtenidos corresponderían a una disminución en las horas-hombre requeridas para la fabricación de los discos-tarro, así como un posible aumento en el volumen de producción.

Según estos beneficios, la inversión se recuperaría en aproximadamente nueve meses.

**CT TR-03.** Con la implementación de las mejoras en este centro de trabajo, la operación tendrá una disminución de tiempo de 18.02 minutos para un lote de 800 unidades representando un ahorro del 33.17% con relación al que se empleaba con el método anterior.

Con la adecuación del cortador de retal se logrará eliminar dos actividades que habían sido catalogadas como actividades generadoras de despilfarro dentro de la operación. Con esto el operario logrará mantenerse mas concentrado en su actividad y por ende podrá producir las unidades programadas; la operación solo se detendrá cuando el tanque que contiene el retal esté completamente lleno y deba ser trasladado hasta el depósito de desechos.

La puesta a punto de los troqueles garantizará la calidad de las piezas y el operario podrá operar la máquina de manera automática, es decir en forma continua.

**Tabla 17.** Beneficios obtenidos con la mejora C.T. TR-03

<b>BENEFICIOS TR-03 TAPAS ELEMENTO</b>				
<b>ITEM</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Vr.Unit</b>	<b>SubTotal</b>
MANO DE OBRA MES	Hora-Hom	55,86	\$ 2,282.25	\$ 127.486
AUMENTO PRODUCCIÓN MES	Unidad	120873	\$ 6,82	\$ 823.870
<b>TOTAL MES</b>				<b>\$ 951.357</b>

Con la implementación de las mejoras propuestas para el centro de trabajo TR-03 se pueden obtener beneficios por ahorro en mano de obra, ya que se mejora el método de trabajo de las operaciones existentes, además se contempla un beneficio de un posible aumento de la producción de tapas de elemento debido a la disminución del tiempo de fabricación.

Según estos beneficios, la inversión se recuperaría en aproximadamente un año.

**CT TR-13.** En este centro de trabajo se logrará una disminución del 39.54% en el tiempo de ciclo para un lote de 800 unidades con relación al tiempo empleado con el método anterior.

Al igual que en el centro de trabajo TR-03 se logrará eliminar las actividades que generaban despilfarro de tiempo y material. El operario solo tendrá la necesidad de detener la operación para descargar el tanque de retal en el depósito de desechos. Con esta mejora se garantiza que el operario pueda cumplir con lo establecido en la programación de la producción.

La adecuación del sistema neumático de expulsión de piezas y del alimentador automático en la máquina, se garantiza la seguridad del trabajador pues este no tendrá ningún contacto con las piezas ni con el material (lámina) cuando se está llevando a cabo la operación.

**Tabla 18.** Beneficios obtenidos con la mejora C.T. TR-13

<b>BENEFICIOS TR-13 TAPAS ELEMENTO</b>				
<b>ITEM</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Vr.Unit</b>	<b>SubTotal</b>
MANO DE OBRA MES	Hora-Hom	73,62	\$ 2,282.25	\$ 168.019
AUMENTO PRODUCCIÓN MES	Unidad	164137	\$ 6,82	\$ 1.118.758
<b>TOTAL</b>				\$ 1.286.777

Con la implementación de las mejoras propuestas para el centro de trabajo TR-03 se pueden obtener beneficios por ahorro en mano de obra ya que se mejora el método de trabajo de las operaciones existentes, además se contempla un beneficio de un posible aumento de la producción de tapas de elemento debido a la disminución del tiempo de fabricación.

Según estos beneficios, la inversión se recuperaría en aproximadamente siete meses.

**C.T. EX01.** En la fabricación de tubos centrales y cuerpos para los filtros de las líneas cartucho y PMX como resultado de las mejoras planteadas, se reducirá la distancia recorrida por el operario en 148 metros lo que significa un 92.26% de la distancia que debe recorrer actualmente, gracias a la distribución de planta propuesta y la eliminación de la operación de corte en cizalla. El tiempo de fabricación se redujo a 5.22 minutos para un lote de 20 unidades, esto representa una disminución del 84.76% en el tiempo de fabricación total para estas partes.

**Tabla 19.** Beneficios obtenidos con la mejora C.T. EX01

<b>BENEFICIOS TUBO CENTRAL CARTUCHO Y PMX</b>				
<b>ITEM</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Vr.Unit</b>	<b>SubTotal</b>
MANO DE OBRA MES	Hora-Hom	145,2	\$ 2,282.25	\$ 331.383
AUMENTO PRODUCCIÓN MES	Unidad	29379	\$ 9,21	\$ 270.581
<b>TOTAL</b>				\$ 601.963

La adquisición en rollo del material necesario para la fabricación de tubos centrales de las líneas cartucho y PMX, elimina la necesidad de cortar la lámina en flejes, además agiliza las operaciones de expandido y/o punzonado, lo que permite una reducción en el tiempo de fabricación manifestándose un ahorro en mano de obra y un posible aumento de la producción.

Según estos beneficios, la inversión se recuperaría en aproximadamente un año y seis meses.

**C.T. PZ-01.** Para la fabricación de tubos centrales para las líneas de filtros sellado y C.A.V. el ahorro en distancia recorrida es de 50.70 metros lo que significa una reducción del 95.3% en la distancia a recorrer total, esto se debe a que el operario no debe ir al almacén de materia prima a traer las láminas, además ya no debe recorrer constantemente la distancia entre la cizalla neumática y la punzonadora ya que el debe solamente situarse en la cizalla neumática, gracias a que la punzonadora es alimentada por el material en rollo. Respecto al tiempo de producción la disminución será de 15.02 minutos para un lote de fabricación de 40 tubos centrales, esto representa una disminución del 50.4% en el tiempo total de fabricación.

**Tabla 20.** Beneficios obtenidos con la mejora C.T. PZ-01

<b>BENEFICIOS TUBO CENTRAL SELLADO</b>				
<b>ITEM</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Vr.Unit</b>	<b>SubTotal</b>
MANO DE OBRA MES	Hora-Hom	241,46	\$ 2,282.25	\$ 551.072
AUMENTO PRODUCCIÓN MES	Unidad	187590	\$ 7,21	\$ 1.352.524
<b>TOTAL</b>				\$ 1.903.596

La adquisición en rollo del material necesario para la fabricación de tubos centrales, elimina la necesidad de cortar la lámina en flejes, además agiliza las operaciones de punzonado-ranurado y corte final, lo que permite una reducción en el tiempo de fabricación manifestándose en un ahorro de mano de obra y un posible aumento de la producción.

Según estos beneficios, la inversión se recuperaría en aproximadamente seis meses.

En el Anexo B se ilustra el mapa de proceso para la línea de producción de filtros sellados donde se muestran las operaciones requeridas para la elaboración de un filtro. En este se resaltan las operaciones que fueron objeto del análisis realizado en este capítulo.

## 5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS TIEMPOS DE PRODUCCIÓN

El propósito fundamental del estudio de tiempos realizado en Industrias PARTMO S.A. era el de fijar estándares para realizar cada operación de fabricación. La empresa manifestó la necesidad de actualizar los tiempos de operación para la fabricación de cada referencia de filtros de la línea sellado, ya que no se contaba con una base confiable en el sistema de costos (FOX PRO) manejado en la empresa y el cual es de gran utilidad, pues de este depende la calificación del desempeño de cada operario y el establecimiento del costo unitario de elaboración de filtro por referencia.

### 5.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Las principales razones por las cuales se hacía necesaria la fijación de estándares de tiempo son las siguientes:

- *Programación del trabajo y asignación de capacidades.* Como se mencionó anteriormente en el ítem de programación de la producción, en Industrias Partmo se asignan las cargas a los centros de trabajo de una forma poco técnica y depende en gran parte de la habilidad y conocimiento empírico de la persona encargada de esta labor. Es importante que esta persona tenga conocimiento de cuanto tiempo tomará realizar el trabajo que se está programando.
- *Proveer una base objetiva de tiempos para motivar a la fuerza laboral y medir su desempeño.* Es importante mencionar que la empresa tiene definida una

estructura salarial pero realiza mensualmente un análisis de desempeño para evaluar a cada operario y aquí se presenta una falla, puesto que al no tener fijado los tiempos estándar por operación la medición arroja resultados incongruentes.

Además de esto a la empresa se le dificultaba determinar el costo unitario debido a que no se podía determinar realmente el costo de mano de obra.

La fijación de tiempos estándar se realizó para todas las operaciones efectuadas para la elaboración de un filtro de la línea sellado, las cuales suman un total de 25 operaciones para 64 referencias.

Debido a que las operaciones para las referencias de filtros de la línea sellado son las mismas, se analizó la posibilidad de determinar las causas que hacían variar los tiempos de operación para cada referencia y sus partes, por esta razón se llevó a cabo un diseño de experimentos que permitió probar la influencia de factores definidos en los tiempos de operación.

## **5.2 ELECCIÓN DE FACTORES, NIVELES Y RANGOS**

Para la elección de los factores se usó un *enfoque de equipo* en donde se tuvieron en cuenta aportes de todas las áreas involucradas (Ingeniería, aseguramiento de la calidad, planeación y personal operativo).

De este enfoque se definieron los factores clasificándose en *factores potenciales de diseño* (son aquellos que el experimentador posiblemente quiera hacer variar en el experimento) y *factores perturbadores* (son aquellos que pueden tener

efectos considerables que deben tomarse en consideración a pesar de que no haya interés en ellos).

**Tabla 21.** Operaciones de la línea sellado

Operación	Nombre	Clase	Factores	
			Potenciales	Perturbadores
Troquelar-punz	disco	Parte	Diámetro disco	Operario Máquina
Embutir	disco	Parte	Diámetro disco	Operario
Roscar	disco	Parte	Diámetro disco Máquina	Operario
Troquelar	Aro	Parte	Diámetro aro	Operario
Pestañar	Aro	Parte	Diámetro aro	Operario
Troquelar	Disco tarro	Parte	Diámetro d. tarro	Operario Máquina
Embutir	Tarro	Parte	Altura tarro Diámetro tarro Máquina	Operario
Troquelar	Tapa	Parte	Diámetro tapa	Operario Máquina
Punzonar	Tubo central	Parte	altura tubo central	Operario
Corte final	Tubo central	Parte	ancho tubo central	Operario
Enchurcar	tubo central	Parte	área tubo central	Operario
Soldar	tubo central	Parte	altura tubo central	Operario
Plisar papel	Papel	Parte	N. de pliegues Ancho de pliegue Máquina	Operario
Soldar	Aro-disco	subensamble	Diámetro aro	Operario
Soldar	Tapa-válvula	subensamble	Diámetro tapa	Operario
Cerrar	Filtro	Ensamble	Diámetro filtro Altura filtro	Operario Máquina
Pre-limpieza	Filtro	Ensamble	Diámetro filtro Altura filtro	Operario
Pintar	Filtro	Ensamble	Diámetro filtro Altura filtro	Operario
Probar	Filtro	Ensamble	Diámetro filtro Altura filtro	Operario
Limpiar	Filtro	Ensamble	Diámetro filtro Altura filtro	Operario
Marcar	Filtro	Ensamble	Diámetro filtro Altura filtro	Operario
Aplicar numarol	Filtro	Ensamble	Diámetro filtro	Operario

Operación	Nombre	Clase	Factores	
			Potenciales	Perturbadores
			Altura filtro	
Embolsar	Filtro	Ensamble	Diámetro filtro	Operario
			Altura filtro	
Embalar	Filtro	Ensamble	Diámetro filtro	Operario
			Altura filtro	

**Tabla 22. Niveles por factor**

Operación	Nombre	Factor	Niveles	Operación	Nombre	Factor	Niveles
Troquelar-punzonar	disco	diámetro del disco (mm)	63,8	Embutir	disco	diámetro de disco (mm)	63,8
			67				67
			<b>72,9*</b>				<b>72,9*</b>
			<b>80,0*</b>				<b>80,0*</b>
			<b>92*</b>				<b>92*</b>
Roscar	disco	rosca	<b>M16X1,5*</b>	Roscar	disco	maquina	RO-02 (Vertical)
			M18x1,5				
			<b>3/4"x16*</b>				
			<b>M20x1,5*</b>				
			13/16"x16				
M22X1,5	RO-03 (Horiz)						
Troquelar	aro	diámetro del aro (mm)	83	Pestañar	aro	diámetro del aro (mm)	83
			85				85
			<b>88,5*</b>				<b>88,5*</b>
			<b>97,0*</b>				97
			97,4				<b>97,4*</b>
			<b>108,3*</b>				<b>108,3*</b>
			111				111
			112,2				112,2
Embutir	tarro	altura del tarro (mm)	48	Embutir	tarro	diámetro del tarro (mm)	74,2
			51				81
			71				81,3
			85,3				84,3
			98				93,7
		80	Embutir	tarro	máquina	PH-01,02	
							145
							126
							140
							PH-05,06
Corte	tubo central	Altura (mm <sup>2</sup> )	26	Corte	tubo central	Altura (mm <sup>2</sup> )	71
			35				78
			<b>46*</b>				85
			50				89
			54				93
			60				<b>99*</b>

Operación	Nombre	Factor	Niveles	Operación	Nombre	Factor	Niveles
			64				107
			<b>68*</b>				119
Corte final	tubo central	ancho (mm)		Troquelar	tapa	diámetro de la tapa (mm)	59
			<b>120*</b>				<b>63,6*</b>
			<b>125*</b>				73,6
			<b>150*</b>				<b>73,8*</b>
							<b>84,5*</b>
Punzonar-ranurar	tubo central	altura (mm)	26	Punzonar-ranurar	tubo central	altura (mm)	<b>64*</b>
			29				67
			<b>35*</b>				71
			41				78
			46				85
			50				89
			54				<b>99*</b>
			60				109
Enchurcar	tubo central	área (mm <sup>2</sup> )	3120	Enchurcar	tubo central	área (mm <sup>2</sup> )	8125
			<b>4375*</b>				8500
			6150				9000
			5500				10200
			6000				11160
			7375				12600
			7650				<b>13375*</b>
			<b>7800*</b>				14875
Soldar	tubo central	altura (mm)	26	Soldar	tubo central	altura (mm)	<b>64*</b>
			29				67
			<b>35*</b>				71
			41				78
			46				85
			50				89
			54				<b>99*</b>
			60				109
Plisar	papel	ancho de pliegues	8	Plisar	papel	número de pliegues	<b>47*</b>
			10				50
			<b>12,5*</b>				<b>60*</b>
			16				70
			<b>17,5*</b>				<b>90*</b>
			20				130
			23				
			25	Plisar	papel	máquina	<b>PL-01*</b>
			26				<b>PL-02*</b>
			28				<b>PL-08*</b>
			28,5				
Soldar	aro-disco	diámetro del aro (mm)	83	Soldar	tapa-válvula	diámetro de la tapa	
			<b>85,0*</b>				59
			88,5				<b>63,6*</b>

Operación	Nombre	Factor	Niveles	Operación	Nombre	Factor	Niveles
			97,0*			(mm)	70
			97,4				73,6*
			108,3*				73,8*
			111				84,5
			112,2				
			48				
			51				74,2
			71,0*				81
			85,3				81,3*
			98,0*				83
			80				84,3*
			126,0*				93,7*
			140				
			145				

(\*) Niveles seleccionados para el diseño

### 5.3 SELECCIÓN DE LA VARIABLE DE RESPUESTA

La variable de respuesta seleccionada para este análisis es el tiempo tipo de operación, expresada en minutos por cada 100 unidades (min/100und), unidades que maneja el departamento de costos y de planeación.

### 5.4 ELECCIÓN DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

Después de seleccionar los factores que se tendrían en cuenta para el diseño en cada operación, se escogió el diseño de un solo factor para las operaciones donde se determinó un factor para el análisis, y el diseño factorial para las operaciones con más de un factor en estudio.

#### 5.4.1 Diseño de un solo factor.

**Determinación del tamaño de la muestra.** Para determinar el tamaño de la muestra se utilizó la formula:

$$\Phi^2 = \frac{n \sum \tau_i^2}{a \sigma^2}$$

Donde

$n$  = Número de réplicas

$\tau_i$  =  $\mu_i - \mu$  donde  $\mu$  es el promedio de las medias de los tratamientos individuales

$a$  = Número de tratamientos

$\sigma^2$  = Estimación de la varianza de los tratamientos individuales

$\Phi^2$  = Parámetro de no centralidad

**Tabla 23.** Tamaño de muestra para diseño de un solo factor

Operación	Parte	Tamaño de muestra (n)
Troquelar Punzonar	Disco	3
Embutir	Disco	3
Troquelar	Aro	3
Pestañar	Aro	3
Soldar	Aro-disco	3
Troquelar	Tapa-elemento	3
Soldar	Tapa-válvula	3
Cortar	Tubo central	3
Punzonar-ranurar	Tubo central	3
Corte final	Tubo central	3
Enchurcar	Tubo central	3
Soldar	Tubo central	3

El procedimiento de prueba se puede resumir en una tabla de análisis de varianza:

**Tabla 24.** ANOVA para el modelo con un solo factor

Tabla de análisis para el modelo con un solo factor y efectos fijos				
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fo
Entre los tratamientos	$SS = n \sum (y_i - y_{..})^2$	a-1	MStrat	$Fo = \frac{MStrat}{MSe}$
Error (dentro de los tratamientos)	$SS_E = SS_T - SS_{trat}$	N-a	MSe	
Total	$SS_T = \sum \sum (y_{ij} - y_{..})^2$	N-1		

#### 5.4.2 Diseño factorial

**Determinación del tamaño de la muestra.** Para determinar el tamaño de la muestra se utilizó la fórmula:

$$\Phi^2 = \frac{nbD^2}{2a\sigma^2}$$

Donde

D = Diferencia en las medias de dos renglones, columnas o efectos

n = Número de réplicas

$\Phi^2$  = Parámetro de no centralidad

a = Niveles del tratamiento A

b = Niveles del tratamiento B

$\sigma^2$  = Estimación de la varianza de los tratamientos individuales

**Tabla 25.** Tamaño de muestra para diseño factorial

Operación	Parte	Tamaño de muestra (n)
Roscar	Disco	3
Plisar	Papel	3
Embutir	Tarro	3
Soldar	Tarro-tuerca	3
Cerrar	Filtro	3
Prelimpieza	Filtro	3
Pintar	Filtro	3
Probar	Filtro	3
Limpiar	Filtro	3
Marcar	Filtro	3
Registrar	Filtro	3
Embolsar	Filtro	3
Embalaje	Filtro	3

El procedimiento de prueba suele resumirse en una tabla de análisis de varianza:

**Tabla 26.** ANOVA para diseño de dos factores

ANOVA para el diseño factorial de 2 factores, modelo con efectos fijos				
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fo
Tratamientos A	SSA	a-1	$MS_A = \frac{SS_A}{a-1}$	$F_o = \frac{MS_A}{MS_E}$
Tratamientos B	SSB	b-1	$MS_B = \frac{SS_B}{b-1}$	$F_o = \frac{MS_B}{MS_E}$
Interacción	SSAB	(a-1)(b-1)	$MS_{AB} = \frac{SS_{AB}}{(a-1)(b-1)}$	$F_o = \frac{MS_{AB}}{MS_E}$
Error	SSE	ab(n-1)	$MS_E = \frac{SS_E}{ab(n-1)}$	
Total	SST	abn - 1		

## 5.5 REALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

**5.5.1 Como se realizó la toma de tiempos.** El procedimiento técnico empleado para calcular los tiempos de trabajo consistió en determinar el denominado tiempo tipo o tiempo estándar.

Los pasos que se llevaron a cabo para determinar este tiempo fueron los siguientes:

***El primer paso*** fue realizar el conocimiento previo de cada una de las operaciones de la línea sellado las cuales serían sometidas al estudio. Este paso se realizó con base en las mejoras realizadas en cada centro de trabajo y que ya fueron mencionadas en el capítulo anterior. También sirvió de ajuste y control a las mejoras propuestas para cada método de trabajo.

***El segundo paso*** fue diseñar el formato en el cual se iban a registrar los tiempos asignados, el cual incluía la hoja de análisis en la que se calcularon los tiempos representativos para cada elemento de la operación. (Ver Anexo B)

***El tercer paso*** fue escoger a los operarios que iban a ser objeto del estudio el cual se realizó en compañía de los supervisores de planta y por observación directa. Las características de los operarios debían ser las siguientes: competente, comprometido y constante en su trabajo, además debían ser el promedio o ligeramente superior, sin pasar por alto que hay operarios que por su carácter no pueden realizar sus actividades normalmente si se les observa.

**El cuarto paso** fue registrar toda la información posible acerca de la tarea, del operario y de las condiciones actuales de trabajo que pueden influir en la ejecución del trabajo. Registrar una descripción completa del método de trabajo y descomponer la operación en elementos. En los centros de trabajo donde se propusieron mejoras para el método, se registraron teniendo en cuenta los resultados del estudio expuesto en el capítulo anterior.

**El quinto paso** en la ejecución del estudio de tiempos consistió en la preparación del personal. Se dio a conocer a los trabajadores encargados de las operaciones sometidas al estudio la finalidad del estudio de tiempos. Esta se realizó en cada puesto de trabajo mientras se registraban los datos, se les explicó que el objetivo del estudio consiste en medir la operación tanto para encontrar posibles aspectos que se pueden mejorar y para fijar el tiempo tipo de la operación la cual es una necesidad primordial de la empresa. Esto se realizó con el propósito de evitar malos entendidos e interpretaciones erróneas que conllevarían a un posible descontento entre ellos. Al mismo tiempo, se instruyeron para que trabajen con su ritmo habitual, tomando los descansos a los cuales están acostumbrados.

**El sexto paso.** Concluida la preparación del personal, se dio inicio a la toma de tiempos. El tiempo se midió por medio de un cronómetro y se determinó conjuntamente el ritmo real del trabajador con relación al ritmo normal preestablecido, a continuación se convirtieron los tiempos observados en tiempos normales y por último se determinaron los suplementos por descanso del tiempo normal de operación y el tiempo normal asignado para la operación.

Teniendo en cuenta el tamaño de la muestra requerido para cada operación, se realizó la toma de tiempos con el número de réplicas necesario para que el estudio fuese válido estadísticamente.

**5.5.2 Estudio de tiempos con cronómetro.** La técnica empleada para la toma de tiempos en la Planta 2 de Industrias Partmo S.A. fue el cronometraje ya que es un sistema directo de medida y se ajusta al nivel de detalle deseado y a la naturaleza de las operaciones en sí. El cronometraje es una operación sencilla que consiste en medir cuando el operario está realizando su trabajo con normalidad, una determinada cantidad de veces, el tiempo que emplea en su operación para obtener el valor medio.

Asignación de suplementos

**5.5.3 Asignación de suplementos.** Los suplementos para el tiempo estándar de operación fueron asignados según las tablas de la Oficina Internacional del Trabajo (OIT). (Ver anexo B).

Para determinar el tiempo estándar de cada operación fue necesario observar y seleccionar los tipos de suplemento por descanso que influían en el desempeño de los operarios de la planta de producción. Los suplementos asignados fueron los siguientes:

*Fuerza media:* En la mayoría de las operaciones, cada determinada suma de unidades, el operario debe transportar partes o productos en cantidades considerables hacia el almacén, hacia el cliente interno o hacia el depósito de desechos

*Postura:* La posición en la que se encuentra el operario hace que se deba agregar un suplemento por descanso sobre el tiempo estándar ya que esto influye en el ritmo de trabajo. Algunos realizan el trabajo de pie, otros sentados y otros sentados incómodamente.

*Concentración:* Todas las operaciones requieren de mucha concentración ya que de ello depende la calidad y el buen estado del producto. En operaciones como

troquelado de partes se requiere de una mayor concentración por parte del operario ya que de su buen desempeño no solo depende el producto sino su seguridad ante algún posible accidente laboral. Con esto se refleja que la mayor puntuación fue asignada a los centros de trabajo donde el operario tiene más contacto con máquinas o sus partes móviles.

*Ruido:* Posiblemente el factor que afecta a toda la planta de producción es el ruido producido por las máquinas, esto ocasiona que el suplemento por descanso correspondiente al ruido, se tenga en cuenta para calcular el tiempo estándar de todas las operaciones analizadas.

*Temperatura:* Este factor afecta el ritmo de trabajo de todas las operaciones analizadas en la planta de producción, siendo los trabajadores que ejecutan las operaciones que se realizan en hornos de calefacción los más afectados.

*Gases, polvo:* La presencia de gases y/o polvo en la planta ocasiona que la labor se realice con incomodidad ya que estos agentes son irritantes para los ojos, nariz o garganta de los operarios que trabajan en los hornos de curado y en el horno de pintura.

*Agua:* La única operación en la que hay presencia de agua es la prueba neumática de los filtros sellados. Los operarios encargados de esta labor deben estar manipulando continuamente filtros mojados luego este agente se tiene en cuenta para el cálculo del tiempo estándar.

Los puntos por factor asignados a cada elemento de las operaciones analizadas en el estudio, fueron consignados en la tabla de suplementos (Ver Anexo B)

## 5.6 ANALISIS ESTADISTICO DE LOS DATOS

Una vez realizada la toma de tiempos fueron analizados los datos mediante el paquete estadístico SPSS el cual arrojó los resultados del diseño de experimentos planteado para comprobar la dependencia del tiempo de las variables definidas.

El nivel de confianza seleccionado en común acuerdo con la dirección del departamento de producción fue del 95%.

A continuación se presenta un resumen de las operaciones analizadas en el estudio de tiempos, los resultados del Análisis de Varianza (ANOVA) realizado en cada operación fueron consignados en el (Ver Anexo C)

Selección del nivel de confianza

Planteamiento de hipótesis

### 5.6.1. Planteamiento de hipótesis.

#### **OPERACIÓN: TROQUELAR**

PARTE: ARO

LINEA: SELLADO

MATERIAL: ROLLO CAL 22/24

MÁQUINA: TROQUELADORA 04 (TR-04)

OPERARIO: JORGE MACIAS

#### *Descripción de la operación:*

Hala el rollo hacia la máquina troqueladora, cuando el material está colocado en la posición requerida se acciona la máquina mediante un pedal mecánico. Este ciclo se repite hasta que el operario ve la necesidad de parar para depositar los aros que se encuentran en la mesa de la máquina, así como debe parar para

arreglar el retal del rollo que se va acumulando, luego corta el rollo con tijeras especiales para metal y por último deposita el retal en un tanque.

Hipótesis: Ho: El tiempo de operación depende del diámetro del aro  
H1: El tiempo de operación no depende del diámetro del aro

Conclusión: Se acepta Ho

**OPERACIÓN: PESTAÑAR**

PARTE: ARO

LINEA: SELLADO

MÁQUINA: TROQUELADORA 09 (TR-09)

OPERARIO: JORGE MACIAS

*Descripción de la operación:*

Trae los aros troquelados de la troqueladora 04, organiza los aros para después tomarlos fácilmente de la mesa de la máquina, toma una torre de aros organizados y los introduce a la máquina para ser pestañados. Una vez pestañados el operario arroja los aros a una canasta y recoge los discos de retal para depositarlos en el tanque de desechos.

Hipótesis: Ho: El tiempo de operación depende del diámetro del aro  
H1: El tiempo de operación no depende del diámetro del aro

Conclusión: Se acepta Ho

**OPERACIÓN: TROQUELAR-PUNZONAR**

PARTE: DISCO ROSCADO

LINEA: SELLADO

MATERIAL: ROLLO CAL 12/13  
MÁQUINA: TROQUELADORA 16 (TR-16)  
OPERARIO: LUIS ALFREDO QUINTANA

*Descripción de la operación:*

El operario acciona la máquina mediante un pedal neumático y expulsa los discos hacia una canasta.

Hipótesis: Ho: El tiempo de operación depende del diámetro del disco  
H1: El tiempo de operación no depende del diámetro del disco

Conclusión: Se rechaza Ho

**OPERACIÓN: EMBUTIR**  
PARTE: DISCO ROSCADO  
LINEA: SELLADO  
MÁQUINA: TROQUELADORA 10 (TR-10)  
OPERARIO: JOHN JAIRO HERNANDEZ ORTEGA

*Descripción de la operación:*

Trae discos de la troqueladora 16, organiza los discos para después tomarlos fácilmente, toma una torre de discos y los introduce en la máquina para ser embutidos, cuando la canasta que almacena los discos embutidos está llena, el operario cambia la canasta llena por una vacía.

Hipótesis: Ho: El tiempo de operación depende del diámetro del disco  
H1: El tiempo de operación no depende del diámetro del disco

Conclusión: Se rechaza Ho

**OPERACIÓN: ROSCAR**

PARTE: DISCO ROSCADO

LINEA: SELLADO

MÁQUINA: ROSCADORA (RO-01, RO-02, RO-03)

OPERARIO: JAIRO MORALES MIRANDA

*Descripción de la operación (RO-03):*

Trae discos embutidos de la troqueladora 10, introduce el disco en la máquina roscadora automática, la cual expulsa el disco roscado hacia contenedor, terminado el ciclo coge contenedor y traslada a máquina secadora la cual remueve el líquido refrigerante de los discos, acciona la máquina y sigue realizando el roscado de discos. Una vez terminado el ciclo de la máquina secadora, el operario saca los discos y los deja listos para el siguiente proceso.

*Descripción de la operación (RO-01, RO-02)*

Trae discos embutidos de la troqueladora 10, introduce el disco en el taladro roscador y lo asegura con mordazas, acciona la máquina mediante una palanca, remueve el disco y enseguida toma el siguiente del contenedor. Terminado el ciclo toma contenedor y traslada a máquina secadora la cual remueve el líquido refrigerante de los discos, acciona la máquina y sigue realizando el roscado de discos. Una vez terminado el ciclo de la máquina secadora, el operario saca los discos y los deja listos para el siguiente proceso.

Hipótesis: Ho: El tiempo de operación depende del tipo de rosca del disco

H1: El tiempo de operación no depende del tipo de rosca del disco

Conclusión: Se rechaza Ho

**OPERACIÓN: CORTAR**

PARTE: TUBO CENTRAL

LINEA: SELLADO, C.A.V.

MATERIAL: LAMINA CAL 28/HOJALATA

MÁQUINA: CORTADORA NEUMÁTICA (CN-02)

OPERARIO: LEONEL BARRAGAN OSMA

*Descripción de la operación:*

Trae láminas de material cal 28/hojalata del almacén de láminas, cuadra la cizalla según la altura del tubo central, toma una a una las láminas y las corta según medidas en la cizalla, por último recoge los flejes cortados y los organiza.

Hipótesis: Ho: El tiempo de operación depende de la altura del tubo central

H1: El tiempo de operación no depende de la altura del tubo central

Conclusión: Se acepta Ho

**OPERACIÓN: PUNZONAR-RANURAR**

PARTE: TUBO CENTRAL

LINEA: SELLADO, C.A.V.

MÁQUINA: PUNZONADORA (PZ-01)

OPERARIO: LEONEL BARRAGAN OSMA

*Descripción de la operación:*

Toma los flejes cortados en la cizalla y los coloca en la punzonadora en cantidades dependiendo de la altura del tubo central, mientras la punzonadora trabaja, el operario recibe los flejes punzonados-ranurados y los traslada a la punzonadora neumática y los deja listos para el siguiente proceso.

Hipótesis: Ho: El tiempo de operación depende de la altura del tubo central  
H1: El tiempo de operación no depende de la altura del tubo central

Conclusión: Se acepta Ho

**OPERACIÓN: CORTE FINAL**

PARTE: TUBO CENTRAL

LINEA: SELLADO, C.A.V.

MÁQUINA: CIZALLA NEUMÁTICA (CN-02)

OPERARIO: GERMAN ENRIQUE ALVARADO

*Descripción de la operación:*

Transporta los flejes punzonados-ranurados hasta la cizalla neumática, cuadra la cizalla según el ancho del tubo central. Una vez cuadrada la máquina, el operario corta los flejes según medidas.

Hipótesis: Ho: El tiempo de operación depende del ancho del tubo central  
H1: El tiempo de operación no depende del ancho del tubo central

Conclusión: Se rechaza Ho

**OPERACIÓN: ENCHURCAR**

PARTE: TUBO CENTRAL

LINEA: SELLADO, C.A.V.

MÁQUINA: ENCHURCADORA (EN-02)

OPERARIO: HUGO ARMANDO GAMBOA

*Descripción de la operación:*

Toma los tubos centrales cortados en la cizalla, los coloca en la enchurcadora, la máquina los expulsa hacia un contenedor desde donde el operario de la siguiente operación los toma para seguir el proceso.

Hipótesis: Ho: El tiempo de operación depende del área del tubo central  
H1: El tiempo de operación no depende del área del tubo central

Conclusión: Se acepta Ho

**OPERACIÓN: SOLDAR**  
PARTE: TUBO CENTRAL  
LINEA: SELLADO, C.A.V.  
MÁQUINA: SOLDADOR (SO-02)  
OPERARIO: WILSON ENRIQUE PUERTA

*Descripción de la operación:*

Coge el tubo central enchurcado, lo instala sobre la guía en el soldador y le coloca tres puntos de soldadura, toma el tubo central soldado y lo descarga en contenedor.

Hipótesis: Ho: El tiempo de operación depende de la altura del tubo central  
H1: El tiempo de operación no depende de la altura del tubo central

Conclusión: Se acepta Ho

**OPERACIÓN: TROQUELAR**  
PARTE: TAPA ELEMENTO  
LINEA: SELLADO, C.A.V.  
MATERIAL: ROLLO CAL 24/HOJALATA  
MÁQUINA: TROQUELADORA (TR-13)

OPERARIO: MIGUEL ANGEL GOYENECHÉ

*Descripción de la operación:*

Hala el rollo hacia la máquina troqueladora, cuando el material está colocado en la posición requerida se acciona la máquina mediante un pedal neumático. Este ciclo se repite hasta que el operario ve la necesidad de parar para arreglar el retal del rollo que se va acumulando, luego corta el rollo con tijeras especiales para metal y por último deposita el retal en un tanque.

Hipótesis: Ho: El tiempo de operación depende del diámetro de la tapa  
H1: El tiempo de operación no depende del diámetro de la tapa

Conclusión: Se acepta Ho

**OPERACIÓN: PLISAR**

PARTE: PAPEL FILTRANTE

LINEA: SELLADO, C.A.V., CARTUCHO, PMX

MATERIAL: ROLLO PAPEL PFI 2524/2452

MÁQUINA: PLISADORA (PL-01/02/08)

OPERARIO: TERESA SOCORRO ORTIZ

*Descripción de la operación:*

Monta el rollo de papel sobre la máquina plisadora, posteriormente ajusta las cuchillas dependiendo de la altura del elemento filtrante y cuadra velocidad de plisado. A medida que el papel es plisado el operario debe realizar cortes y descargarlo en contenedor.

Hipótesis: Ho: El tiempo de operación depende del número de pliegues  
H1: El tiempo de operación no depende del número de pliegues

Conclusión: Se acepta Ho

**OPERACIÓN: TROQUELAR**

PARTE: DISCO TARRO

LINEA: SELLADO, C.A.V.

MATERIAL: ROLLO CAL. 24/26

MÁQUINA: TROQUELADORA 14 (TR-14)

OPERARIO: BELISARIO GARCIA SEPULVEDA

*Descripción de la operación:*

Toma rollo y coloca sobre el troquel, luego acciona la máquina para realizar cortes en forma de disco. Este ciclo se repite hasta que el operario ve la necesidad de parar la operación debido a la acumulación de retal que va quedando sobre su centro de trabajo. Posteriormente debe cortar el rollo y recoger el retal para descargarlo en el tanque.

Hipótesis: Ho: El tiempo de operación depende del diámetro del disco-tarro  
H1: El tiempo de operación no depende del diámetro del disco-tarro

Conclusión: Se acepta Ho

**OPERACIÓN: EMBUTIR**

PARTE: TARRO

LINEA: SELLADO, C.A.V.

MÁQUINA: PRENSA HIDRÁULICA (PH-05, PH-06)

OPERARIO: OSCAR MAURICIO JAIMES

*Descripción de la operación:*

La operación de embutido en la prensa hidráulica consta de 3 pasos, el operario transporta los discos-tarro hasta la prensa hidráulica, coloca un disco en el paso 1 de la máquina, acciona la prensa con las dos manos, mientras se ejecuta este paso, el operario retira el tarro del paso 2, y lo coloca en el paso 3 de la máquina, a su vez retira el tarro del paso 3 y arroja el tarro embutido a la canasta.

Hipótesis: Ho: El tiempo de operación depende del diámetro del tarro  
H1: El tiempo de operación no depende del diámetro del tarro

Conclusión: Se rechaza Ho

Ho: El tiempo de operación depende de la altura del tarro  
H1: El tiempo de operación no depende de la altura del tarro

Conclusión: Se rechaza Ho

Ho: El tiempo de operación depende de la prensa hidráulica  
H1: El tiempo de operación no depende de la prensa hidráulica

Conclusión: Se rechaza Ho

Ho: El tiempo de operación depende de la interacción entre el diámetro y la altura del tarro  
H1: El tiempo de operación no depende de la interacción entre el diámetro y la altura del tarro

Conclusión: Se rechaza Ho

Ho: El tiempo de operación depende de la interacción entre el diámetro del tarro y la prensa hidráulica

H1: El tiempo de operación no depende de la interacción entre el diámetro del tarro y la prensa hidráulica

Conclusión: Se rechaza Ho

Ho: El tiempo de operación depende de la interacción entre la altura del tarro y la prensa hidráulica

H1: El tiempo de operación no depende de la interacción entre la altura del tarro y la prensa hidráulica

Conclusión: Se rechaza Ho

Ho: El tiempo de operación depende de la interacción entre el diámetro, la altura del tarro y la prensa hidráulica

H1: El tiempo de operación no depende de la interacción entre el diámetro, la altura del tarro y la prensa hidráulica

Conclusión: Se rechaza Ho

**OPERACIÓN: EMBUTIR**

PARTE: TARRO

LINEA: SELLADO, C.A.V.

MÁQUINA: PRENSA HIDRÁULICA (PH-01, PH-02)

OPERARIO: EDGAR MARTINEZ VASQUEZ

*Descripción de la operación (PH-01):*

La operación de embutido en la prensa hidráulica consta de 4 pasos, el operario transporta los discos-tarro hasta la prensa hidráulica, coloca un disco en el paso 1

de la máquina, acciona la prensa con las dos manos, mientras se ejecuta este paso, el operario retira el tarro del paso 2, y lo coloca en el paso 3 de la máquina, a su vez retira el tarro del paso 3 y lo coloca en el paso 4 arrojando el tarro embutido que se encontraba en este paso a la canasta.

*Descripción de la operación (PH-02):*

La operación de embutido en la prensa hidráulica 02 consta de 3 pasos, el operario transporta los discos-tarro hasta la prensa hidráulica, coloca un disco en el paso 1 de la máquina, acciona la prensa con las dos manos, mientras se ejecuta este paso, el operario retira el tarro del paso 2, y lo coloca en el paso 3 de la máquina, a su vez retira el tarro del paso 3 y arroja el tarro embutido a la canasta.

Hipótesis: Ho: El tiempo de operación depende de la máquina  
H1: El tiempo de operación no depende de la máquina

Conclusión: Se acepta Ho

Ho: El tiempo de operación depende de la altura del tarro  
H1: El tiempo de operación no depende de la altura del tarro

Conclusión: Se acepta Ho

Ho: El tiempo de operación depende de la interacción entre la máquina y la altura del tarro  
H1: El tiempo de operación no depende de la interacción entre la máquina y la altura del tarro

Conclusión: Se acepta Ho

**OPERACIÓN: SOLDAR**  
SUB-ENSAMBLE: ARO-DISCO  
LINEA: SELLADO  
MÁQUINA: SOLDADOR (SO-06)  
OPERARIO: OSWALDO ARCILA SUÁREZ

*Descripción de la operación:*

Trae aros pestañados, discos roscados y los arroja sobre la mesa de trabajo, posteriormente toma un disco, un aro y los coloca sobre la guía del soldador, acciona la máquina y descarga el sub-ensamble aro-disco en el contenedor.

Hipótesis: Ho: El tiempo de operación depende del diámetro del aro  
H1: El tiempo de operación no depende del diámetro del aro

Conclusión: Se acepta Ho

**OPERACIÓN: SOLDAR**  
SUB-ENSAMBLE: TAPA-VALVULA  
LINEA: SELLADO  
MÁQUINA: SOLDADOR (SO-04)  
OPERARIO: LIBIA PINZÓN

*Descripción de la operación:*

Trae válvulas y tapas elemento, organiza el sub-ensamble el cual consta de la tapa elemento, el porta-válvula, la válvula y el resorte. Una vez organizado el sub-ensamble, la operaria lo coloca sobre la guía del soldador y acciona la máquina, por último retira la tapa-válvula soldada y la arroja al contenedor.

Hipótesis: Ho: El tiempo de operación depende del diámetro de la tapa  
H1: El tiempo de operación no depende del diámetro de la tapa

Conclusión: Se rechaza Ho

**OPERACIÓN: SOLDAR**  
SUB-ENSAMBLE: TARRO-TUERCA  
LINEA: SELLADO  
MÁQUINA: SOLDADOR (SO-05)  
OPERARIO: MARIO JAIR BARBOSA

*Descripción de la operación:*

Trae canasta con tarros embutidos, trae tuercas hexagonales de la troqueladora y las coloca en un contenedor sobre la canasta que contiene los tarros, posteriormente coloca la tuerca hexagonal sobre un imán en la parte superior del soldador, toma un tarro de la canasta lo instala sobre la guía y acciona la máquina, por último retira el sub-ensamble y lo arroja en un contenedor.

Hipótesis: Ho: El tiempo de operación depende del diámetro del tarro  
H1: El tiempo de operación no depende del diámetro del tarro

Conclusión: Se rechaza Ho

Ho: El tiempo de operación depende de la altura del tarro

H1: El tiempo de operación no depende de la altura del tarro

Conclusión: Se acepta Ho

Ho: El tiempo de operación depende de la interacción entre el diámetro y la altura del tarro

H1: El tiempo de operación no depende de la interacción entre el diámetro y la altura del tarro

Conclusión: Se rechaza Ho

**OPERACIÓN: CERRAR**  
ENSAMBLE: FILTRO  
LINEA: SELLADO, C.A.V.  
MÁQUINA: CERRAR (CR-02, CR-03, CR-05)  
OPERARIO: JUAN DE DIOS DUARTE

*Descripción de la operación:*

El centro de trabajo de cerrado consta de cinco operarios.

Al aro-disco se le aplica un pegante sobre el borde, esta tarea la realizan dos operarios.

El elemento filtrante es colocado dentro del tarro o carcasa además de accesorios especiales que lleven determinadas referencias de filtros como lo son cambriones, resortes o válvulas, se coloca el aro-disco en la parte inferior del tarro y se colocan sobre una mesa giratoria, esta tarea es realizada por un operario.

Una vez pre-ensamblado el filtro es cerrado por la máquina la cual es manejada por un operario.

Por último un operario se encarga de inspeccionar visualmente los filtros cerrados con el fin de revisar que el cerrado haya quedado uniforme y el elemento filtrante este centrado dentro del tarro.

Hipótesis: Ho: El tiempo de operación depende del diámetro del tarro

H1: El tiempo de operación no depende del diámetro del tarro

Conclusión: Se acepta Ho

Ho: El tiempo de operación depende de la altura del tarro

H1: El tiempo de operación no depende de la altura del tarro

Conclusión: Se rechaza Ho

Ho: El tiempo de operación depende de la interacción entre el diámetro y la altura del tarro

H1: El tiempo de operación no depende de la interacción entre el diámetro y la altura del tarro

Conclusión: Se rechaza Ho

**OPERACIÓN: PRELIMPIEZA**

ENSAMBLE: FILTRO

LINEA: SELLADO, C.A.V.

MÁQUINA: OPERACIÓN MANUAL (MANOO)

OPERARIO: HECTOR ALEXIS MARTINEZ

*Descripción de la operación:*

Este centro de trabajo consta de dos operarios.

El filtro cerrado pasa a una banda transportadora donde un operario se encarga de tomarlo de la banda, colocarlo sobre un rotor y afirmar una brocha con thinner con el fin de remover residuos de pegante, coloca el filtro nuevamente sobre la banda transportadora, el siguiente operario toma el filtro, lo coloca sobre un rotor y lo frota con una toalla con el fin de remover el mugre del tarro, después de esta operación el operario coloca el filtro sobre la banda.

Hipótesis: Ho: El tiempo de operación depende del diámetro del tarro  
H1: El tiempo de operación no depende del diámetro del tarro

Conclusión: Se rechaza Ho

Ho: El tiempo de operación depende de la altura del tarro  
H1: El tiempo de operación no depende de la altura del tarro

Conclusión: Se acepta Ho

Ho: El tiempo de operación depende de la interacción entre el diámetro y la altura del tarro  
H1: El tiempo de operación no depende de la interacción entre el diámetro y la altura del tarro

Conclusión: Se rechaza Ho

**OPERACIÓN: PINTAR**  
ENSAMBLE: FILTRO  
LINEA: SELLADO, C.A.V.  
MÁQUINA: MÁQUINA DE PINTURA (MP-01)  
OPERARIO: GERZON FABIAN GARCIA

*Descripción de la operación:*

Este centro de trabajo consta de dos operarios. El primer operario toma los filtros de la banda transportadora y los coloca en la cabina de pintura donde una pistola aplica la cantidad necesaria de pintura en polvo sobre el filtro, seguidamente toma los filtros y los coloca sobre un riel el cual conduce los filtros dentro de un horno de curado.

Una vez los filtros salen del horno el siguiente operario se encarga de removerlos del riel y colocarlos sobre la banda transportadora.

Hipótesis: Ho: El tiempo de operación depende del diámetro del tarro  
H1: El tiempo de operación no depende del diámetro del tarro

Conclusión: Se rechaza Ho

Ho: El tiempo de operación depende de la altura del tarro  
H1: El tiempo de operación no depende de la altura del tarro

Conclusión: Se rechaza Ho

Ho: El tiempo de operación depende de la interacción entre el diámetro y la altura del tarro  
H1: El tiempo de operación no depende de la interacción entre el diámetro y la altura del tarro

Conclusión: Se rechaza Ho

**OPERACIÓN: PROBAR**  
ENSAMBLE: FILTRO  
LINEA: SELLADO, C.A.V.  
MÁQUINA: PROBADOR (PB-01, PB-02)  
OPERARIO: JAVIER EDUARDO REYES

*Descripción de la operación:*

Toma dos filtros al mismo tiempo y los rosca sobre la máquina probadora, luego gira la bandeja de tal manera que los filtros queden sumergidos en agua, aplica una presión de 100 psi a los filtros y los observa en busca de fugas. Por último retira los filtros de la máquina y los coloca sobre la banda transportadora.

Hipótesis: Ho: El tiempo de operación depende del diámetro del tarro  
H1: El tiempo de operación no depende del diámetro del tarro

Conclusión: Se acepta Ho

Ho: El tiempo de operación depende de la altura del tarro  
H1: El tiempo de operación no depende de la altura del tarro

Conclusión: Se rechaza Ho

Ho: El tiempo de operación depende de la interacción entre el diámetro y la altura del tarro  
H1: El tiempo de operación no depende de la interacción entre el diámetro y la altura del tarro

Conclusión: Se rechaza Ho

**OPERACIÓN: LIMPIAR**  
ENSAMBLE: FILTRO  
LINEA: SELLADO, C.A.V.  
MÁQUINA: OPERACIÓN MANUAL (MANTO)  
OPERARIO: NORBERTO PEREZ BARRERA

*Descripción de la operación:*

Toma un filtro de la banda, lo coloca sobre un rotor y lo frota con una toalla con el fin de secarlo, coloca el filtro sobre la banda transportadora.

Hipótesis: Ho: El tiempo de operación depende del diámetro del tarro  
H1: El tiempo de operación no depende del diámetro del tarro

Conclusión: Se acepta Ho

Ho: El tiempo de operación depende de la altura del tarro  
H1: El tiempo de operación no depende de la altura del tarro

Conclusión: Se acepta Ho

Ho: El tiempo de operación depende de la interacción entre el diámetro y la altura del tarro  
H1: El tiempo de operación no depende de la interacción entre el diámetro y la altura del tarro

Conclusión: Se acepta Ho

**OPERACIÓN: MARCAR**  
ENSAMBLE: FILTRO  
LINEA: SELLADO, C.A.V.  
MÁQUINA: MARCADORA SCREEN (MF-01)  
OPERARIO: EDUARDO MUTIS HERRERA

*Descripción de la operación:*

Aplica pintura sobre el molde, prueba la pintura sobre un papel verificando que las letras queden totalmente legibles, luego toma un filtro de la banda, lo coloca en la

marcadora y acciona la máquina con un pedal, verifica la marca en el filtro y lo coloca en la banda del horno.

Hipótesis: Ho: El tiempo de operación depende del diámetro del tarro  
H1: El tiempo de operación no depende del diámetro del tarro

Conclusión: Se acepta Ho

Ho: El tiempo de operación depende de la altura del tarro  
H1: El tiempo de operación no depende de la altura del tarro

Conclusión: Se rechaza Ho

Ho: El tiempo de operación depende de la interacción entre el diámetro y la altura del tarro  
H1: El tiempo de operación no depende de la interacción entre el diámetro y la altura del tarro

Conclusión: Se rechaza Ho

**OPERACIÓN: APLICAR NUMAROL**  
ENSAMBLE: FILTRO  
LINEA: SELLADO, C.A.V.  
MÁQUINA: OPERACIÓN MANUAL (MATIN)  
OPERARIO: DIEGO ROBERTO CARO

*Descripción de la operación:*

Esta operación consta de 2 operarios.

Toma el filtro a la salida del horno, le aplica numarol (antioxidante) en la parte inferior y coloca nuevamente el filtro sobre la banda.

El siguiente operario toma el filtro, le coloca el empaque y lo deja en la banda que transporta el filtro a la máquina registradora la cual consigna la fecha y hora de elaboración, el lote de pedido y el número del filtro dentro del lote.

Hipótesis: Ho: El tiempo de operación depende del diámetro del tarro

H1: El tiempo de operación no depende del diámetro del tarro

Conclusión: Se rechaza Ho

Ho: El tiempo de operación depende de la altura del tarro

H1: El tiempo de operación no depende de la altura del tarro

Conclusión: Se rechaza Ho

Ho: El tiempo de operación depende de la interacción entre el diámetro y la altura del tarro

H1: El tiempo de operación no depende de la interacción entre el diámetro y la altura del tarro

Conclusión: Se rechaza Ho

**OPERACIÓN: EMBOLSAR- ENCAJAR**

ENSAMBLE: FILTRO

LINEA: SELLADO, C.A.V.

MÁQUINA: HORNO DE PLASTIFICADO (HO-10)

OPERARIO: JULY MARCELA PERDOMO

*Descripción de la operación:*

Esta operación consta de 2 operarios.

El operario toma el filtro de banda transportadora y el sello de garantía y los introduce en el plástico termoencogible, el cual es sellado por la maquina embolsadora. El filtro es dejado sobre la banda que conduce hacia el horno para que el filtro quede completamente plastificado.

Posteriormente otro operario es encargado de ubicar los filtros dentro de las cajas, las cuales debe sellar y registrar determinando el peso de la caja, la cantidad y referencia de filtros que contiene.

Hipótesis: Ho: El tiempo de operación depende del diámetro del tarro  
H1: El tiempo de operación no depende del diámetro del tarro

Conclusión: Se acepta Ho

Ho: El tiempo de operación depende de la altura del tarro  
H1: El tiempo de operación no depende de la altura del tarro

Conclusión: Se rechaza Ho

Ho: El tiempo de operación depende de la interacción entre el diámetro y la altura del tarro  
H1: El tiempo de operación no depende de la interacción entre el diámetro y la altura del tarro

Conclusión: Se rechaza Ho

**5.6.2 Tiempos predeterminados.** Una vez finalizado el análisis y determinada la influencia de las variables definidas en los tiempos de producción, se prosiguió a elaborar las fórmulas que determinarían el tiempo de operación en cada centro de trabajo en los que el diseño de experimentos comprobó la dependencia del tiempo. Estas fórmulas fueron desarrolladas con base en la regresión lineal de los datos de cada operación y los resultados fueron consignados en el anexo (Ver Anexo C).

Algunas ventajas de la aplicación de las fórmulas de tiempos son las siguientes:

- Se pueden establecer estándares de tiempos más consistentes.
- Se elimina la duplicación del esfuerzo en estudios de tiempos para operaciones similares.
- Es posible establecer los estándares con mayor rapidez.
- Se pueden emplear a una persona con menos experiencia y adiestramiento para establecer los estándares de tiempos.
- Es posible efectuar estimaciones rápidas y exactas de costos de mano de obra antes de que empiece la producción.

Una vez desarrollada la regresión lineal se determinaron las fórmulas de los tiempos estándares de producción:

**Tabla 27.** Formulas de tiempos predeterminados

Operación	Parte	Fórmula
Troquelar	Aro	$Tiempo = 0,530091 + (-0.002704)(Diámetro) + (-1.781835)(Diámetro)^2$
Pestañar	Aro	$Tiempo = 22.301662 + (-0.340316)(Diámetro) + 0.001685(Diámetro)^2$
Cortar	Tubo central	$Tiempo = 1.592727 + 0.006030(Altura) + (-3.0303E-05)(Altura)^2$
Punzonar-ranur	Tubo central	$Tiempo = 2.438851 + 0.021351(Altura) + (-0.000119)(Altura)^2$
Enchurcar	Tubo central	$Tiempo = 5.204321 + 8.902998E-06(Área) + (1.91887125E-09)(Área)^2$
Soldar	Tubo central	$Tiempo = 4.872874 + 0.012983(Altura) + (-5.21859606E-05)(Altura)^2$
Troquelar	Tapa	$Tiempo = -4.563152 + (0.169601)(Diámetro) + (-0.000993)(Diámetro)^2$

Operación	Parte	Fórmula
Plisar	Papel	$Tiempo = 17.551795 + (-0.051077)(Pliegues) + 0.004513(Pliegues)^2$
Troquelar	Disco-tarro	$Tiempo = 10.228167 + (-0.089113)(Diámetro) + 0.000262(Diámetro)^2$
Embutir	Tarro PH-01	$Tiempo = 904.613596 + (-12.432420)(Altura) + 0.045490(Altura)^2$
Embutir	Tarro PH-02	$Tiempo = 142.259526 + (-2.002311)(Altura) + 0.008118(Altura)^2$
Soldar	Aro-disco	$Tiempo = 73.017030 + (-1.304077)(Diámetro) + 0.006286(Diámetro)^2$
Soldar	Tarro-tuerca	$Tiempo = 4.098889 + (1.347222)(Altura) + (-0.172778)(Altura)^2$
Cerrar	Filtro	$Tiempo = 13.138204 + (-0.197059)(Diámetro) + 0.001416(Diámetro)^2$
Prelimpieza	Filtro	$Tiempo = 4.098889 + (1.347222)(Altura) + (-0.172778)(Altura)^2$
Probar	Filtro	$Tiempo = -18.405073 + (0.587775)(Diámetro) + (-0.002875)(Diámetro)^2$
Limpiar	Filtro	$Tiempo = 1.287 + 2.434E-02(Diámetro) + 2.602E-02(Altura)$
Marcar	Filtro	$Tiempo = 3.958492 + (0.001430)(Diámetro) + (0.000118)(Diámetro)^2$
Embolsar	Filtro	$Tiempo = -9.655197 + (0.307080)(Diámetro) + (-0.000780)(Diámetro)^2$

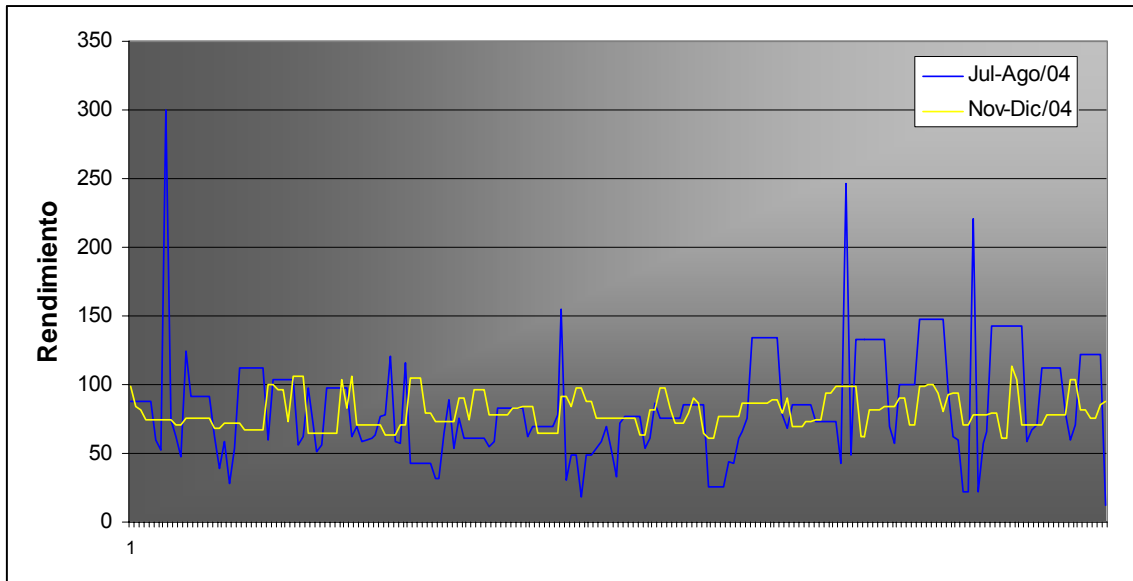
Luego de tener definidas las fórmulas de los tiempos de producción, estos fueron actualizados en la base de datos del sistema de costos de la planta 2 de Industrias PARTMO S.A., este programa es el que arroja la información básica para programar la producción y para llevar estadísticas de desempeño.

## 5.7 SEGUIMIENTO DE INDICADOR

**Nombre del indicador:**

$$Rendimiento\ mano\ de\ obra = \frac{Cantidad\ _\ producida / tiempo}{Cantidad\ _\ programada / tiempo} * 100$$

**Figura 23.** Índice de desempeño



Fuente. División de costos y producción. Industrias PARTMO

Como se aprecia en el gráfico, los datos del rendimiento del periodo Julio-Agosto de 2004, arrojados por el sistema de costos de Industrias PARTMO son incoherentes, ya que la base de cálculo de las unidades a producir programadas se encontraba desactualizada y al comparar esta con los datos físicos, arrojaba incongruencias. Este índice de cantidades programadas es calculado por el programa en base a los tiempos de producción.

Durante el periodo Septiembre-Octubre de 2004, los tiempos de producción para las líneas Sellado y C.A.V. fueron actualizados en el sistema de costos. Con esto se logra estabilizar los indicadores de desempeño ya que el programa que se encarga de calcularlos posee una base real sobre los tiempos y así arroja unos resultados más veraces, como se observa en el gráfico el periodo Noviembre-Diciembre de 2004.

## 6. DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

Debido al rápido crecimiento en la demanda de filtros elaborados por Industrias PARTMO S.A. se ha ido acomodando la distribución existente de la planta de producción, para suplir el volumen requerido por el departamento de ventas de la empresa. Esta necesidad de producción excesiva ha causado que el recorrido que deben seguir los productos sea muy irregular, disminuyendo la cantidad de filtros que realmente la planta estaría en condiciones de producir. Estas irregularidades se pudieron detectar mediante la identificación de signos como:

- Acumulación de materiales en diversos departamentos o almacenes temporales.
- Grandes cantidades de materiales sobre el suelo de la fábrica, sin controlar.
- Pérdidas frecuentes de materiales.
- Excesivo inventario de producto en proceso.
- Incumplimiento de plazos en los departamentos.
- Pasillos estrechos, congestionados y peligrosos.

Estas son las principales causas por las cuales la empresa decidió hacer un estudio de redistribución de planta para la fabricación de líneas de filtros cartucho y PMX. Con el fin de optimizar el uso de los recursos y aumentar la productividad de la planta, se plantearon los siguientes objetivos:

- Facilitar el proceso de fabricación.
  - Disponer de máquinas, equipos y zonas de trabajo de forma que el material pase sin incidentes a través de las mismas.
  - Establecer condiciones que mantengan la calidad
  - Eliminar todos los retrasos posibles.
- Reducir al mínimo el manejo de materiales

- Mantener alta rotación del trabajo en proceso
- Utilizar de manera adecuada el espacio disponible
- Facilitar la utilización efectiva de la mano de obra
- Proporcionar mejores condiciones de trabajo a los empleados.

Teniendo en cuenta los elementos fundamentales de la fabricación como lo son: hombres, máquinas y materiales, la interrelación que existe entre ellos y pensando en lo más conveniente para el proceso de fabricación de filtros, se decidió hacer la distribución en línea o por producto. Los principales aspectos de la distribución en línea son los siguientes:

- Maquinaria especial
- Pocas existencias de material en proceso
- Mano de obra no especializada
- Equilibrio previsto entre mano de obra y máquina
- Poca flexibilidad en caso de avería de máquinas

## **6.1 INVENTARIO DE MÁQUINAS**

Las instalaciones de la planta dos de Industrias PARTMO S.A. se encuentran divididas en 4 zonas principales como son:

- La primera zona comprende el parqueadero principal, bodega de producto terminado, portería, oficinas de calidad, desarrollo humano, sistemas, sala de juntas, vestieres y cafetería.

- La segunda zona comprende el área de producción de filtros de las líneas sellado, C.A.V., cartucho y PMX, los almacenes de materia prima, baños y almacenes de residuos.
- La tercera zona comprende el área de mantenimiento y las oficinas del departamento técnico,
- La cuarta zona comprende el área de producción de las líneas de aire y agroindustrial.

La totalidad de las máquinas involucradas en la fabricación de los filtros tipo cartucho y PMX se encuentran ubicadas en la zona 2 de la planta.

**Tabla 28. Máquinas de línea cartucho y PMX**

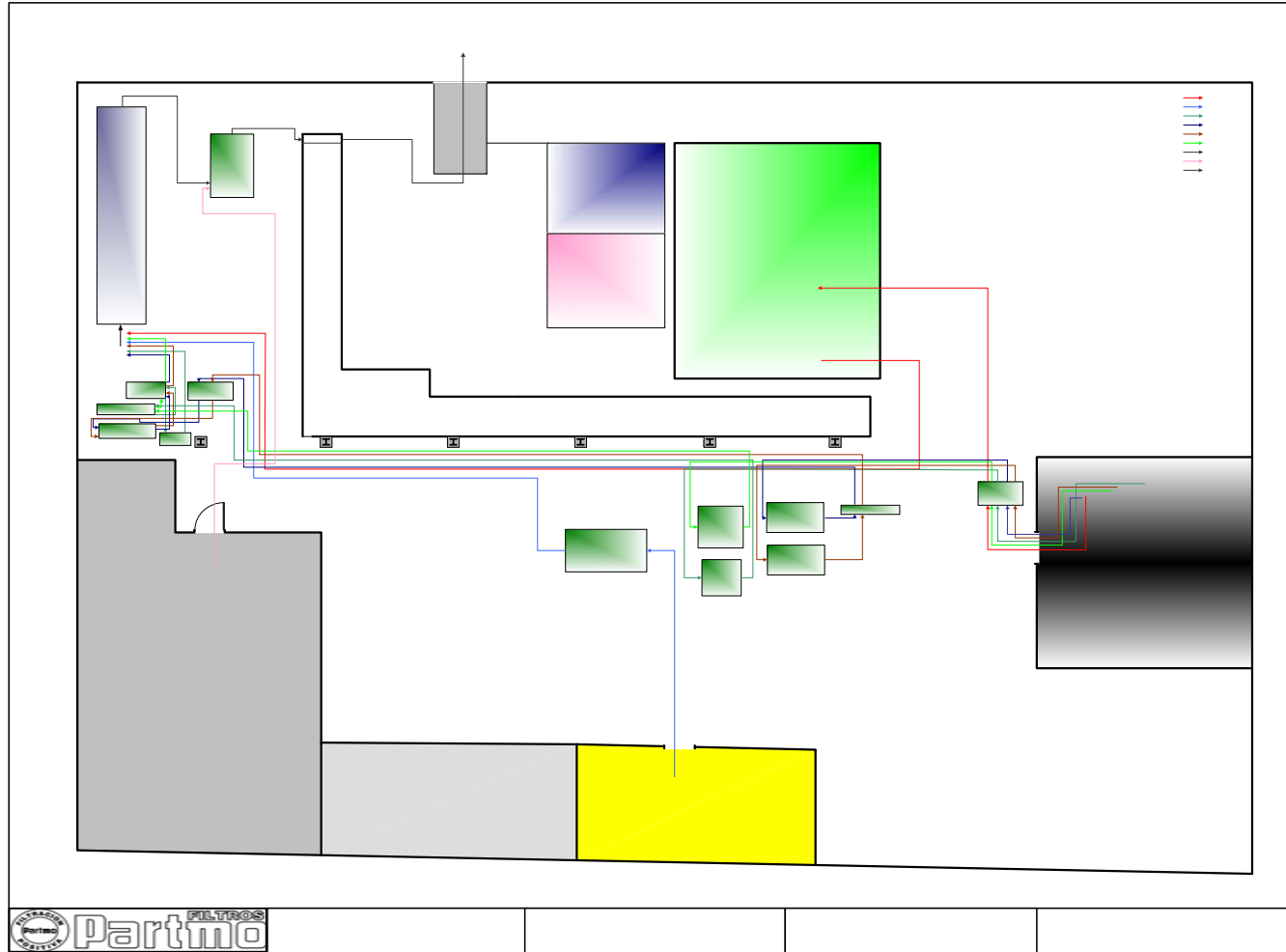
Parte	Operación	Máquina	Código
Tapas	Troquelar 1 paso	Troqueladora	TR-01*/TR-02*
	Troquelar 2 paso	Troqueladora	TR-07*/TR18*
Papel	Plisar	Plisadora	PL-02
Tubo central	Expandir	Expansora	EX-01
	Punzonar	Punzonadora	PZ-03
	Cortar	Cortadora rotativa	RM-01
	Cortar	Cortadora manual	CM-01
	Soldar	Soldador	SO-07
	Reforzar	Reforzadora	RN-01
Cuerpo	Expandir	Expansora	EX-04
	Punzonar	Punzonadora	PZ-02
	Laminar	Laminadora	LM-02
	Cortar	Cortadora rotativa	CR-01
	Cortar	Cortadora manual	RM-01
	Ranurar	Ranuradora	RA-02
	Soldar	Soldador	SO-07
Elemento	Curar	Horno	HO-03
	Colocar empaque	Manual	
	Embolsar	Horno	HO-06
	Embalar	Manual	MANCA/VIDEOJET*

Fuente. Departamento Técnico Industrias PARTMO

\* Estas máquinas son utilizadas en otras líneas, por esta razón su distribución no será modificada.

Mediante el diagrama de recorrido actual se pueden apreciar las grandes distancias que deben recorrer los operarios encargados de trabajar con láminas; en promedio un trabajador recorre 1.8 Km. en un turno de ocho horas. Estos operarios deben buscar los flejes en la cizalla y pasar por cada uno de los centros de trabajo requeridos para el producto. Estas máquinas se encuentran situadas por toda la zona de producción de filtros sellados, lo que indica que los operarios invierten gran parte de su tiempo transportándose con el producto en proceso por cada una de estas hasta que finalmente es puesto en el horno de ensamble.

A continuación se presenta el plano de la zona 2 de las instalaciones de Industrias PARTMO S.A., el cual contiene el diagrama de recorrido para las líneas de producción de filtros tipo cartucho y PMX. Este diagrama muestra la distribución actual de las máquinas utilizadas en el proceso de fabricación de los filtros y el recorrido que realizan los materiales y operarios.



Horno de  
Embalaje

Horno  
HO-02

## 6.2 ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN SISTEMÁTICA DE LA PLANTA

La base teórica utilizada para este análisis fue el método SLP (Systematic Layout Plant), para el desarrollo de este método fue necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Las diferentes máquinas y secciones involucradas en la elaboración de filtros de las líneas cartucho y PMX
- Las necesidades de espacio y proximidad entre las secciones
- El flujo de los materiales, partes y productos a través de la planta
- La ubicación de los recursos con el fin de disminuir o evitar búsquedas, congestión de personal, transportes en la secuencia de la línea de producción.
- Las condiciones actuales de trabajo

**6.2.1 Relaciones de actividades.** Para identificar las relaciones entre las áreas involucradas en el estudio se utilizó el cuadro de relaciones de actividades con el fin de evaluar la proximidad entre las diferentes secciones, así como las razones de la proximidad.

Escala de valores

A = Absolutamente necesaria

E = Importante

I = Importancia ordinaria

O = No tiene importancia

X = No conviene la proximidad

Los motivos seleccionados para evaluar la cercanía entre las áreas fueron:

- Suministro de materias primas
- Secuencia del proceso
- Tráfico de personal
- Facilidad para el manejo de materiales

**Tabla 29.** Relaciones de actividades

Núm.	Nombre del área	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Inventarios	X													
2	Plisadora 02	O	X												
3	Expansora 04	O	O	X											
4	Punzonadora 3	O	O	O	X										
5	Punzonadora 2	O	O	O	O	X									
6	Cortadora rotativa	O	O	I/4	O	O	X								
7	Cortadora manual	O	O	I/4	O	O	A/2	X							
8	Soldador 07	O	O	O	A/2	A/2	I/2	A/2	X						
9	Reforzadora	O	O	O	O	O	O	A/2	X						
10	Ranuradora	O	O	O	A/2	A/2	O	O	A/2	O	X				
11	Horno curar 01	X/1	A/1	O	O	O	O	O	A/2	A/2	O	X			
12	Horno embolsar	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	A/2	X		
13	video jet	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	A/3	X	
14	Bodega pdto terminado	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	A/3	X

Como resultado del análisis de las relaciones de actividades, pudimos concluir que los centros de trabajo que se deben tener en cuenta con mayor prioridad para la distribución son:

- Cortadora manual
- Soldador 07
- Ranuradora
- Horno de curado
- Reforzadora
- Horno de embolsar

Los restantes centros de trabajo no tienen relaciones de proximidad significativas, aunque siguen siendo importantes para el análisis, las propuestas de distribución se basarán principalmente en los centros de trabajo anteriormente enumerados.

**6.2.3 Necesidades de espacio.** Para esta etapa se excluyeron del análisis las siguientes áreas:

- Inventarios
- video jet
- Bodega de producto terminado

Estas áreas no sufrirán modificaciones ya que son utilizadas por todas las líneas de fabricación de filtros.

En la siguiente tabla se relaciona cada centro de trabajo en estudio con sus dimensiones, identificando las restricciones.

**Tabla 30.** Necesidades de espacio

MÁQUINA	DIMENSIONES	AREA (m2)	RESTRICCIONES
Expansora 01	4,06x2,06	8,36	
Plisadora 02	2,65x4,50	11,93	
Punzonadora 3	2,85x2,35	6,70	Anclaje al piso
Punzonadora 2	2,73x5,00	13,65	Anclaje al piso
Cortadora rotativa	1,9x2,7	5,13	
Cortadora manual	2,55x1,75	4,46	
Soldador 07	2,1x0,95 + 1,35x1,05	3,40	
Reforzadora	1,45x1,35	1,96	
Ranuradora	1,20x1,30	1,56	
Horno curar	7,80x2,10	16,38	Min 1.5 m de espacio con las máquinas
Horno embolsar	4,40x2,55	11,22	

#### **6.2.4 Propuesta de alternativas de distribución.**

##### **Alternativa A**

Para esta alternativa se propone desplazar la línea de ensamble de filtros de sellado aproximadamente 6 metros hacia la pared del costado norte de la planta.

##### **Alternativa B**

En esta alternativa no se modifica la actual distribución de la línea de ensamble de filtros sellados y C.A.V., lo que origina que las máquinas en estudio queden distribuidas a lado y lado de esta línea.

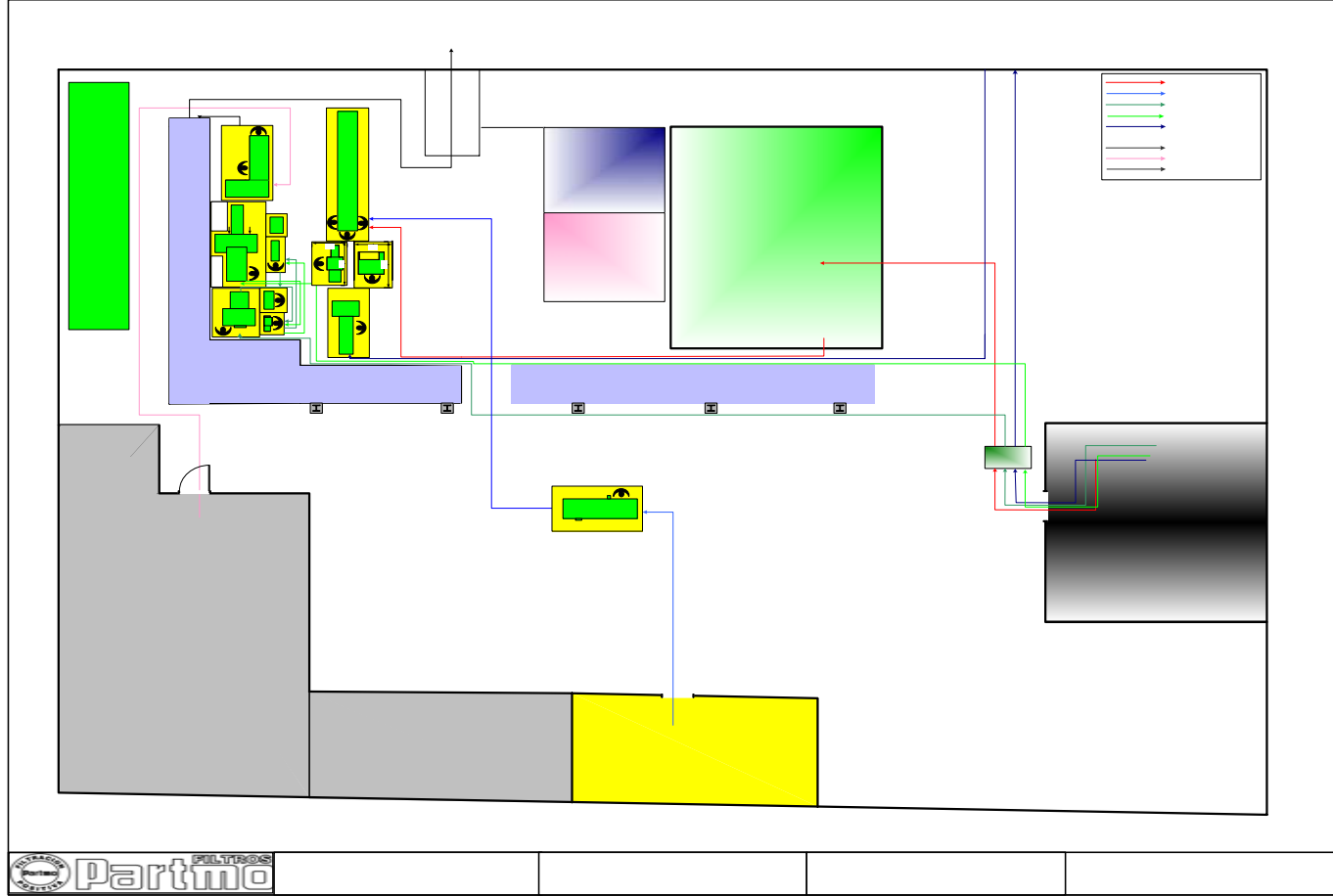
##### **Alternativa C**

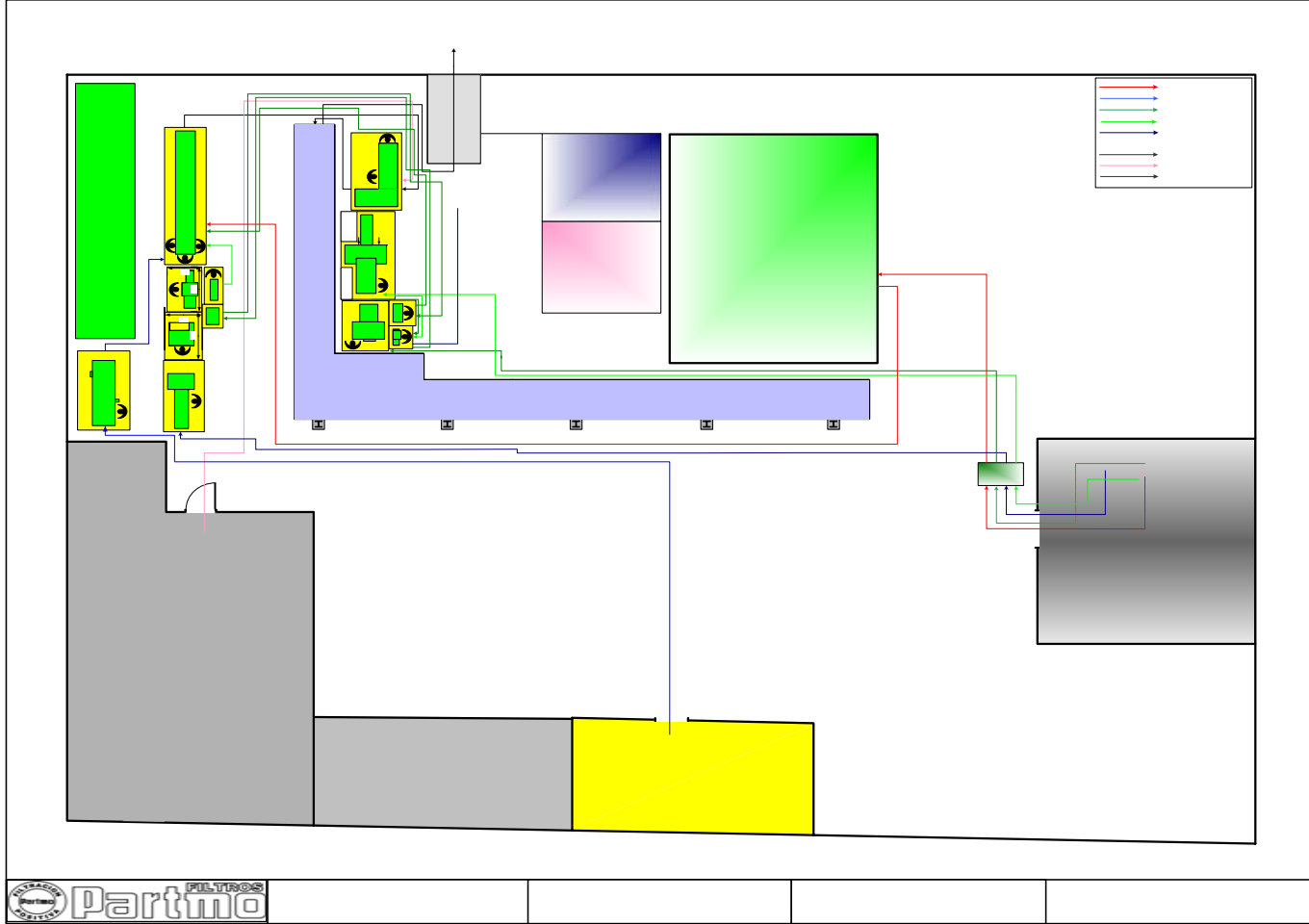
Esta propuesta no modifica la línea de ensamble y se elimina el horno HO-03.

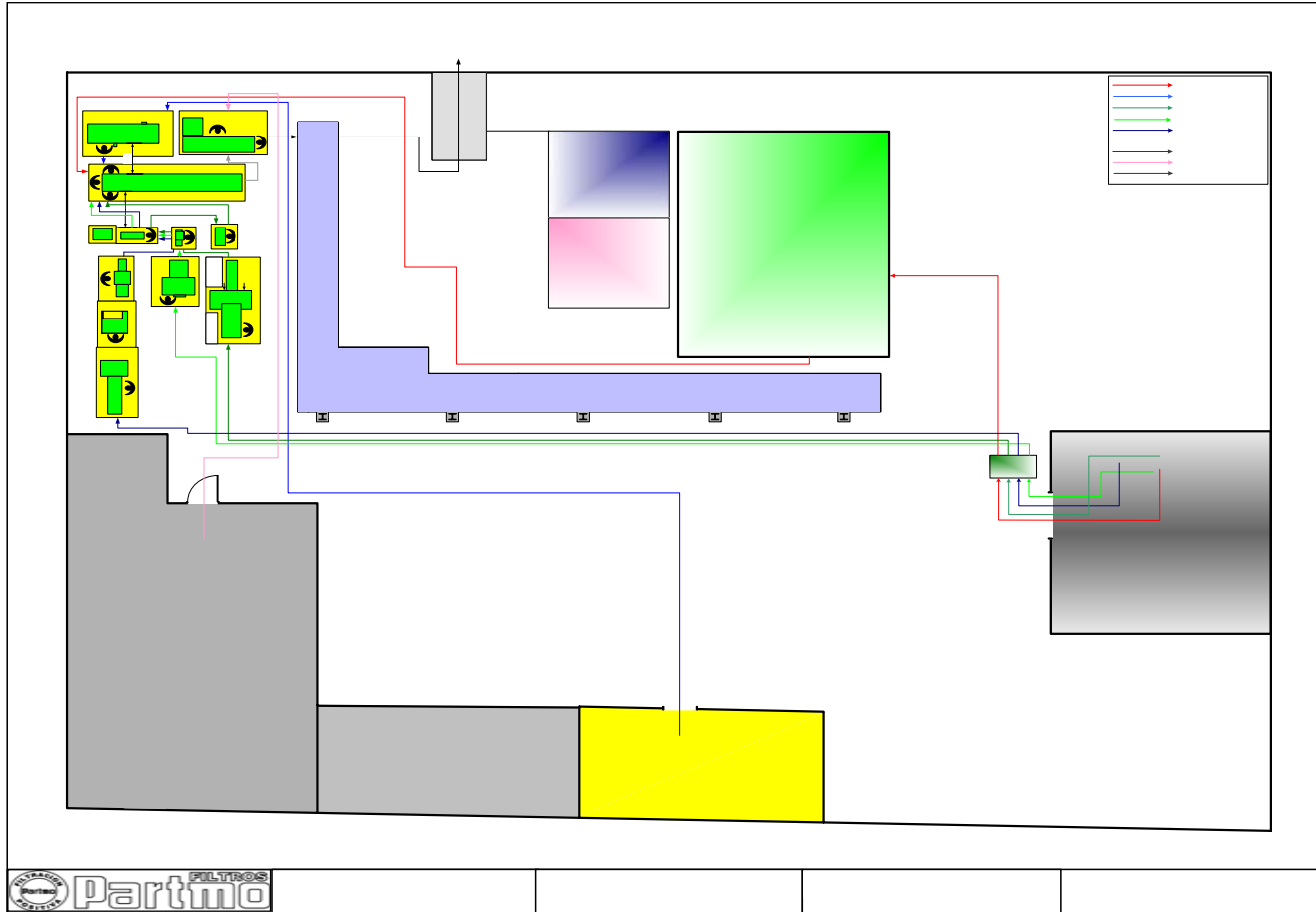
##### **Alternativa D**

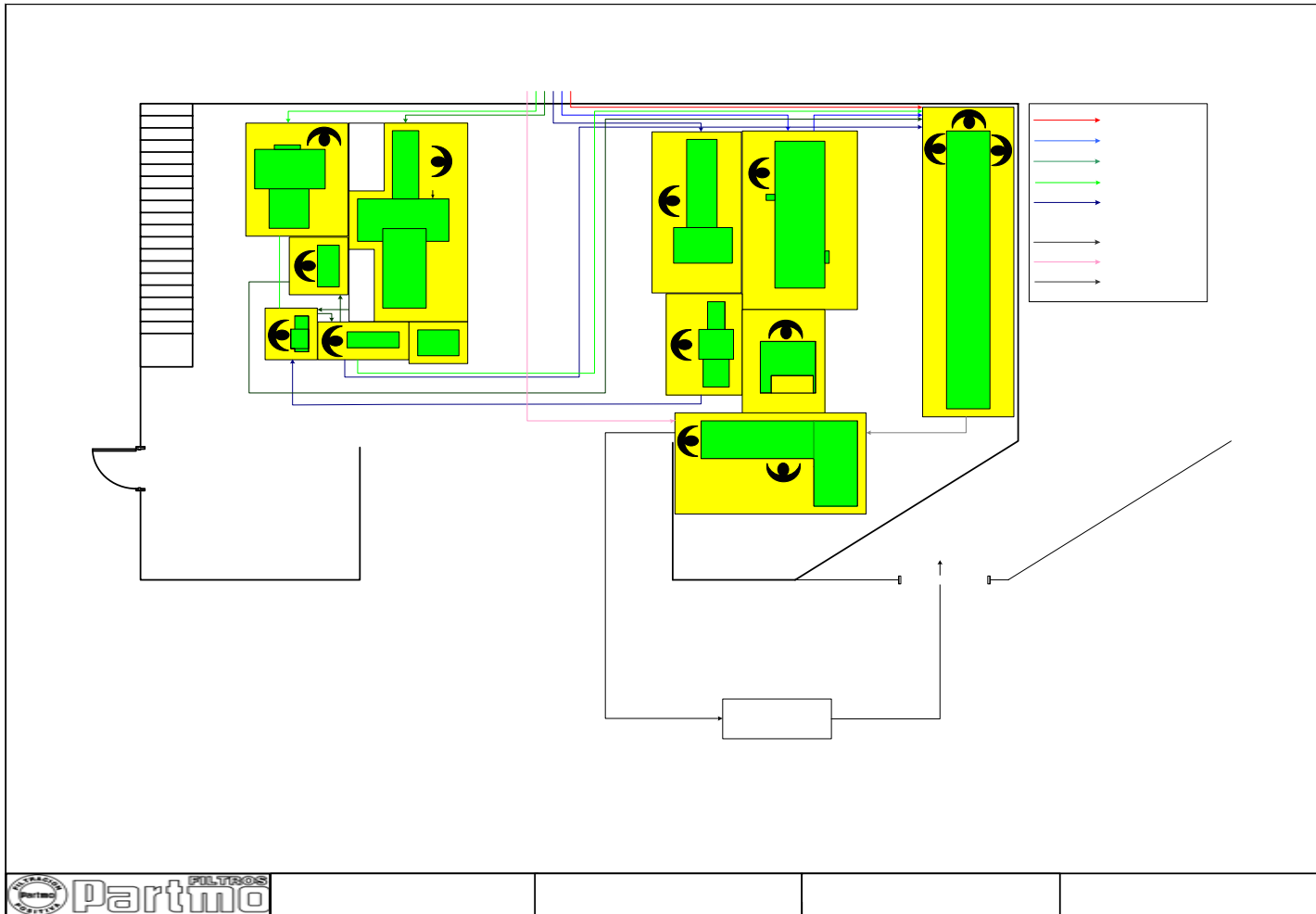
Las máquinas en estudio serían ubicadas en la zona de mantenimiento en donde actualmente se encuentra un espacio sin aprovechar.











**6.2.5 Selección de la alternativa.** Las alternativas planteadas fueron presentadas al departamento técnico el cual es el encargado de planear, evaluar y ejecutar la distribución de las máquinas. Los factores que se tuvieron en cuenta para la evaluación de las alternativas fueron:

- *Factor 1. Aprovechamiento de espacios vacíos*

Grados

- Utilización de espacios sin uso (10 puntos)
- Necesidad de desplazamiento de máquinas de otras líneas (4 puntos)

- *Factor 2. Condiciones de trabajo*

Grados

- Aislamiento de la zona de producción (10 puntos)
- Proximidad media con línea de ensamble de filtros sellados (6 puntos)
- Proximidad alta con línea de ensamble de filtros sellados (2 puntos)

- *Factor 3. Secuencia del proceso*

Grados

- Los puestos de trabajo se encuentran ubicados en la misma zona (10 puntos)
- Existen obstáculos entre los puestos de trabajo (6 puntos)
- Se encuentran alejados de la zona de producción (2 puntos)

- *Factor 4. Facilidad de supervisión*

Grados

- Fácil acceso del supervisor a todos los puestos de trabajo (10 puntos)

- Existen obstáculos que dificultan la supervisión (6 puntos)
  - Dificultad de acceso del supervisor a los puestos de trabajo (2 puntos)
- *Factor 5. Suministro de materias primas*

Grados

- Cercanía a inventarios y almacenes de materia prima (10 puntos)
- Distancia moderada a inventarios y almacenes de materia prima (5 puntos)

**Tabla 31.** Análisis de propuestas de distribución

ALTERNATIVA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>A</b>	Aprovechamiento de espacios vacíos	Se necesita desplazar la línea de ensamble, lo que genera costos adicionales y alteración en la distribución de la línea sellado
	Mayor control del proceso por parte del supervisor	No se conserva el flujo de material ya que la máquina plisadora se encuentra alejada de la zona de distribución
<b>B</b>	Proximidad con almacén de producto terminado	Exceso de movimiento de materiales y operarios en la línea de producción
		Incomodidad laboral con otras líneas de producción
<b>C</b>	Disminución de movimientos	Las condiciones de trabajo se alteran al ubicar en medio de la línea el horno de curado
	Buen flujo de proceso	
	Facilidad de suministro de materiales	
	Mayor control del proceso	
<b>D</b>	Aprovechamiento de espacios vacíos	Mayor desplazamiento de materiales y productos debido a la gran distancia recorrida hacia almacenes de insumos y producto terminado
	Mejor condición de trabajo por alejamiento con las zonas de alto ruido	

**Tabla 32.** Puntuación de alternativas

<b>ALTERNATIVA</b>	<b>Factor 1 (25)</b>	<b>Factor 2 (25)</b>	<b>Factor 3 (35)</b>	<b>Factor 4 (10)</b>	<b>Factor 5 (10)</b>	<b>Total 100</b>
A	80	50	350	100	100	<b>680</b>
B	200	50	210	60	100	<b>620</b>
C	200	150	350	100	100	<b>900</b>
D	200	250	70	20	50	<b>590</b>

Tomando en cuenta lo anterior, la alternativa seleccionada para implementar fue la alternativa C. El proceso tendrá una secuencia más ordenada y se logrará ejercer un control más estricto por parte de los supervisores ya que prácticamente estarán integrados todos los centros de trabajo de esta línea.

Al término de la elaboración del presente informe, la distribución de planta propuesta quedó implementada en un 40%. Los centros de trabajo que se han desplazado a la ubicación propuesta son:

- Expansora EX-01
- Punzonadora PZ-02
- Punzonadora PZ-03
- Cortadora rotativa
- Cortadora manual

**Figura 30.** Avance de distribución de planta



En la figura se muestran las máquinas en su ubicación actual. La distribución de planta propuesta se completará según la programación de actividades de la empresa.

## 7. CONCLUSIONES

- La práctica empresarial realizada incentivó una atmósfera de compromiso y sentido de pertenencia muy favorable entre los miembros de la empresa, al promover el trabajo en equipo y la interacción de los diferentes niveles de la organización incentivando un clima laboral agradable y la ausencia de tensiones. Esto hizo más sencillo el conocimiento detallado del sistema productivo permitiendo adquirir una visión mas amplia de la interacción mutua entre los procesos de la empresa, en especial del proceso de fabricación.
- La realización de este proyecto de grado permitió estrechar los vínculos entre la universidad y la industria metalmecánica de la región, lo cual representa un gran beneficio para ambos, ya que por un lado, la empresa se ve favorecida por la utilidad que tiene el trabajo realizado para lograr sus objetivos y metas y por otro, la universidad provee un mecanismo para que sus futuros egresados complementen su formación profesional.
- A través del estudio de métodos realizado en los centros de trabajo se logró eliminar actividades generadoras de despilfarro. Con esto se obtuvo una mejora en el método de siete centros de trabajo, ya que se economizaron movimientos de operarios y se demostró que la operación es más efectiva y está bien determinada. De igual forma se logró economizar el esfuerzo humano, reducir la fatiga y garantizar la seguridad contra accidentes, pues se redujo el contacto del operario con las máquinas.

- Mediante la aplicación de técnicas del estudio del trabajo realizada en el proceso productivo, se logró reducir en promedio el tiempo de operación en un 52.12% sobre los centros de trabajo analizados, así como una reducción de recorrido de 228.18 metros equivalentes al 81.28% del que se realizaba inicialmente.
- Gracias a este análisis de métodos también se logró reducir el despilfarro de material y dar un uso más racional a la materia prima requerida en este caso la lámina de diferentes calibres generando una reducción de residuos de la misma, ya que ahora se obtiene y trabaja de acuerdo a las especificaciones y dimensiones requeridas en el proceso.
- Con el análisis de acoplamiento de máquinas, la operación de fabricación de tubo central y cuerpo exterior de filtros de la línea Aire se logró reducir en 1 el número de operarios. El otro operario realizará solo la función de soldar estas partes. Con esto se obtiene un aumento en la capacidad de producción y se ejercerá un mayor control sobre las operaciones.
- La aplicación de técnicas estadísticas para determinar los tiempos de producción permitió reconocer la complejidad de un sistema productivo. También se consiguió identificar variables que afectan los procesos, entre ellas las de difícil control y perturbadoras de la respuesta, como por ejemplo el operario, máquina utilizada, método de trabajo, tipo de material empleado, entre otras. A través de las técnicas utilizadas se logró aislar estas variables obteniendo que no incidieran en los tiempos de producción cronometrados.

- Mediante el estudio de tiempos en la línea sellado se obtuvieron estándares de producción para 1600 operaciones de acuerdo a las referencias de filtros de la línea sellado y C.A.V. Estos tiempos se actualizaron en el sistema de costos de la empresa y se pudo contribuir con la estabilización de datos de la evaluación de desempeño del personal operativo y la programación de la producción.
- Los tiempos de producción en los cuales fue probada la incidencia de las variables analizadas, quedaron determinados por medio de fórmulas de tiempos. Estas formulas le garantizarán a la empresa establecer estándares para operaciones similares y referencias nuevas o modificadas, con mayor rapidez, pues se elimina la necesidad de realizar nuevamente un estudio de tiempos.
- Al analizar el proceso de producción de filtros de la línea cartucho y PMX, se observó que la distribución de sus máquinas no permitía un flujo adecuado de material. Con esto se optó por plantear alternativas de mejora en la distribución de planta seleccionando la que se adecuará a las necesidades de la empresa; con esto se espera obtener un aprovechamiento óptimo del espacio, reducir el recorrido de operarios y garantizar un mayor control de proceso.
- La distribución de planta y los flujos de proceso propuestos de la línea cartucho y PMX, llevaron a reducir y en casos a eliminar los retrocesos en la producción gracias a la utilización de espacios vacíos y máquinas. También se acortaron en lo posible las distancias entre las máquinas que hacen parte del proceso para economizar los desplazamientos de los operarios.

- En todo momento se contó con el respaldo y la colaboración del personal de la empresa, al recoger información, confrontar ideas, proponer soluciones y finalmente al realizar los cambios; pues percibieron los beneficios que se lograron.

## 8. RECOMENDACIONES

- Se propone seguir realizando un seguimiento permanente a los métodos de trabajo mejorados, con el fin de verificar que estos se efectúen correctamente, o en caso contrario, para analizar cuales son sus fallas y de esta manera poder realizar los ajustes necesarios y garantizar el mejoramiento continuo de los mismos.
- Se recomienda seguir realizando los ajustes del nuevo diseño de distribución de planta de la línea de filtros de cartucho y PMX, ya que una distribución deficiente causa enormes pérdidas de tiempo por recorridos, por operaciones o métodos de fabricación innecesarios que no agregan valor al producto final y en cambio si hacen que los tiempos de entrega y el costo del producto sean mayores.
- Las mejoras realizadas a los métodos de trabajo convencionales para la fabricación de un producto ayudan a aumentar la eficiencia de cualquier tipo de esfuerzo humano, desde la más sencilla operación hasta la más compleja. Con esto se recomienda a la empresa tener en cuenta en el desarrollo de planes de mejoramiento a los operarios, ya que de ellos depende su crecimiento productivo.
- Se considera importante la utilización de las fórmulas de tiempos de producción predeterminados para eliminar la duplicación del esfuerzo en estudio de

tiempos para operaciones similares o para la determinación de tiempos de producción de nuevas referencias de filtros de las líneas Sellado y C.A.V.

- Es de gran utilidad que el análisis diseñado para la determinación de los tiempos de producción sea aplicado para las operaciones de las otras líneas de producción tanto en la planta 2 como en la planta principal de Industrias PARTMO.
- Una vez sea implementado el 100% de las mejoras propuestas en la práctica debe ponerse en marcha un análisis del proceso con el fin de balancear la línea de producción, con esto se mejorará la planeación y programación del trabajo en la planta.
- Es importante para la empresa agilizar la implementación de las mejoras planteadas, pues estas se verán reflejadas en los beneficios de corto plazo y se podrá realizar una planeación más eficaz de la producción, ya que se contará con métodos de trabajos más estables donde los operarios podrán responder con mejor disposición a las necesidades de la empresa.

## BIBLIOGRAFÍA

- CHASE, Richard B. AQUILANO, Nochotas. JACOBS, F Robert. Administración de producción y operaciones Editorial McGraw Hill. 2000. 885p.
- KONZ, Stephan. Diseño de sistemas de trabajo. Editorial LIMUSA. 1999. 673p.
- MEREDITH, Jack R. Administración de las operaciones. Editorial LIMUSA WILEY. 1999. 781p.
- MONTGOMERY, Douglas C. Diseño y análisis de experimentos. Editorial LIMUSA WILEY. 2002. 686p.
- OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO. Introducción al estudio del trabajo. Editorial LIMUSA. 2002. 522p.
- ORTIZ, Nestor Raúl. Análisis y mejoramiento de los procesos de la empresa. UIS. Bucaramanga, 1999.
- RENDER, Barry. HEIZER, Jay. Principios de administración de operaciones. Editorial Prentice Hall. 1996. 624p

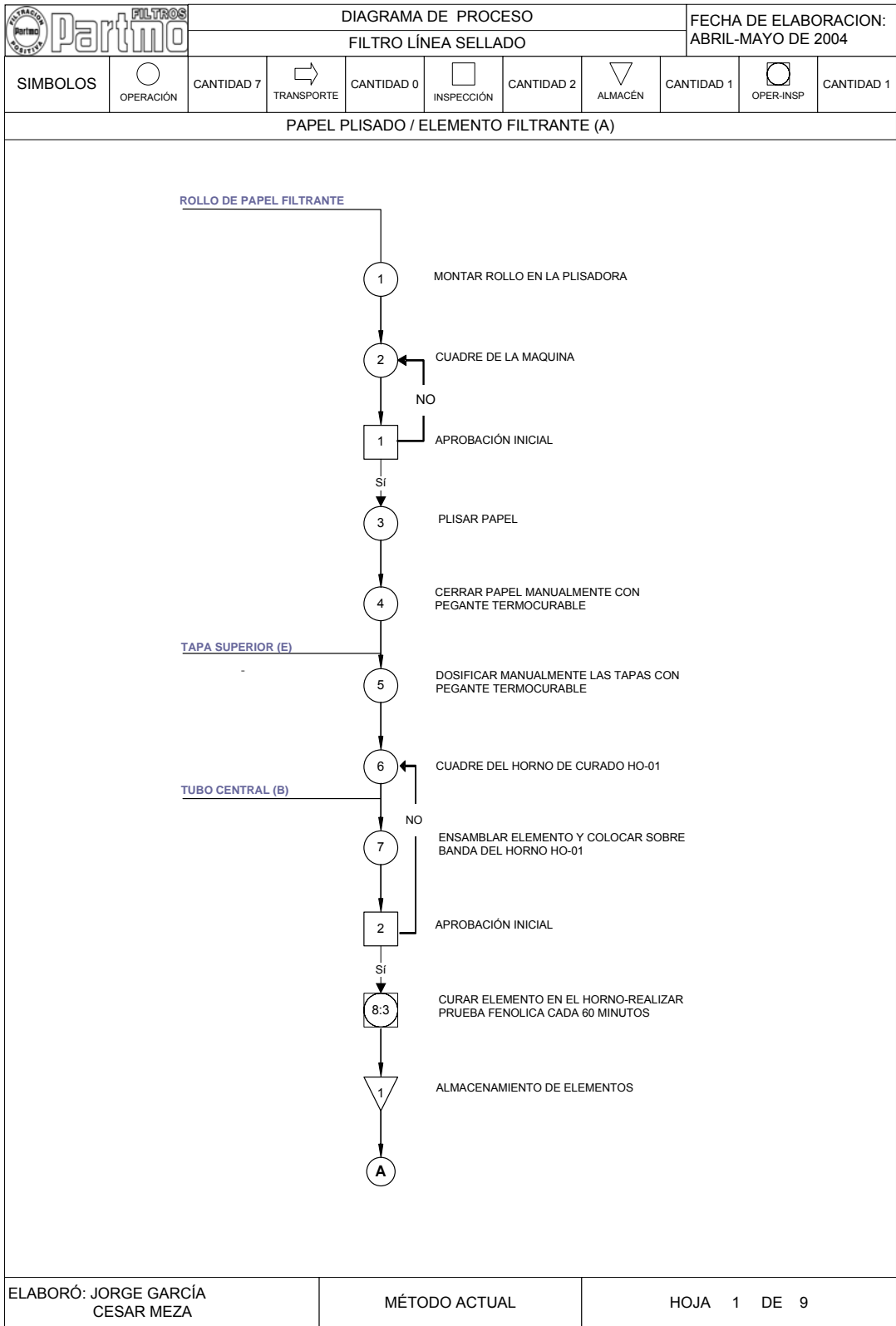
- [www.calidad.org](http://www.calidad.org)

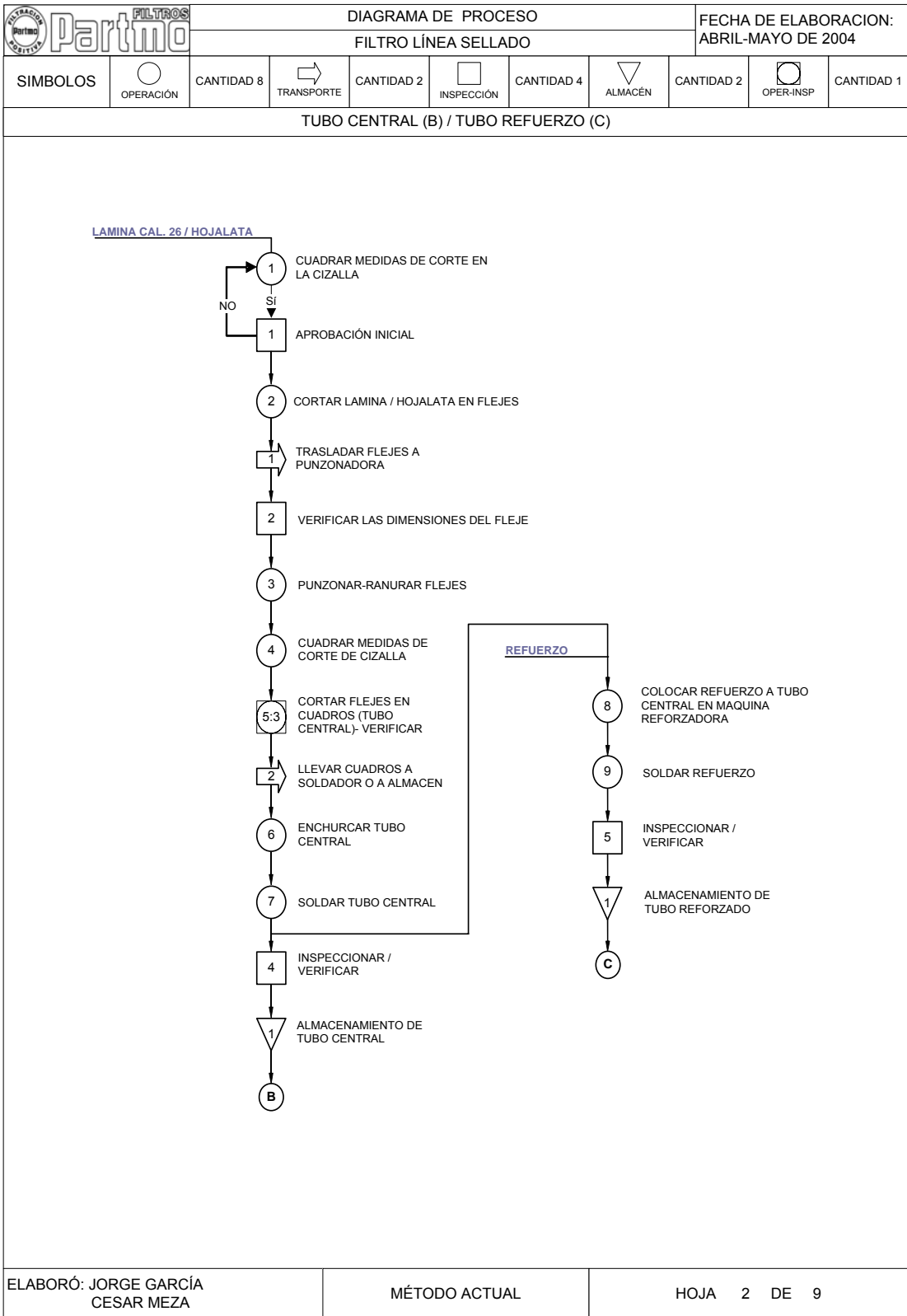
- [www.cta.org.co](http://www.cta.org.co)

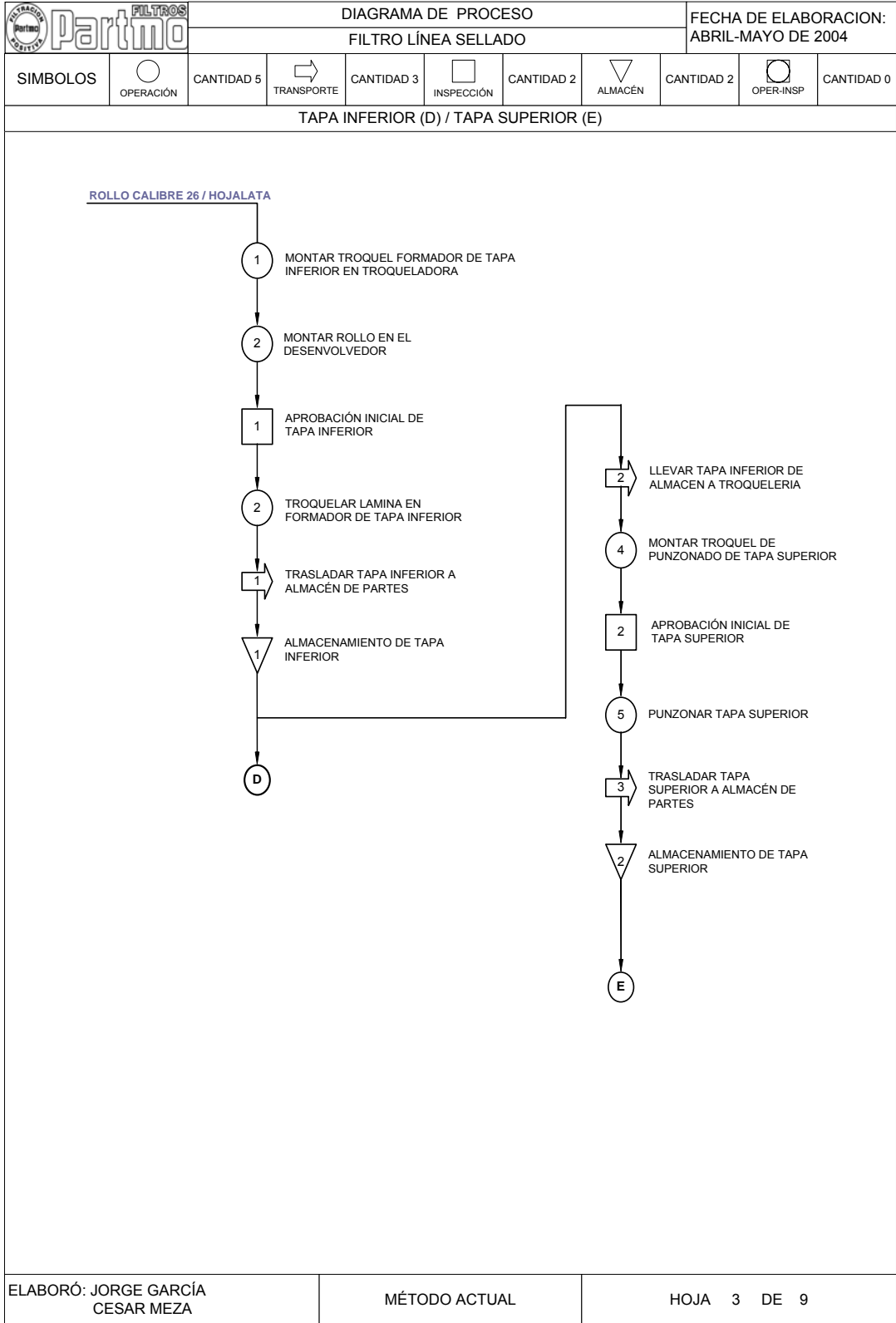
# **ANEXOS**

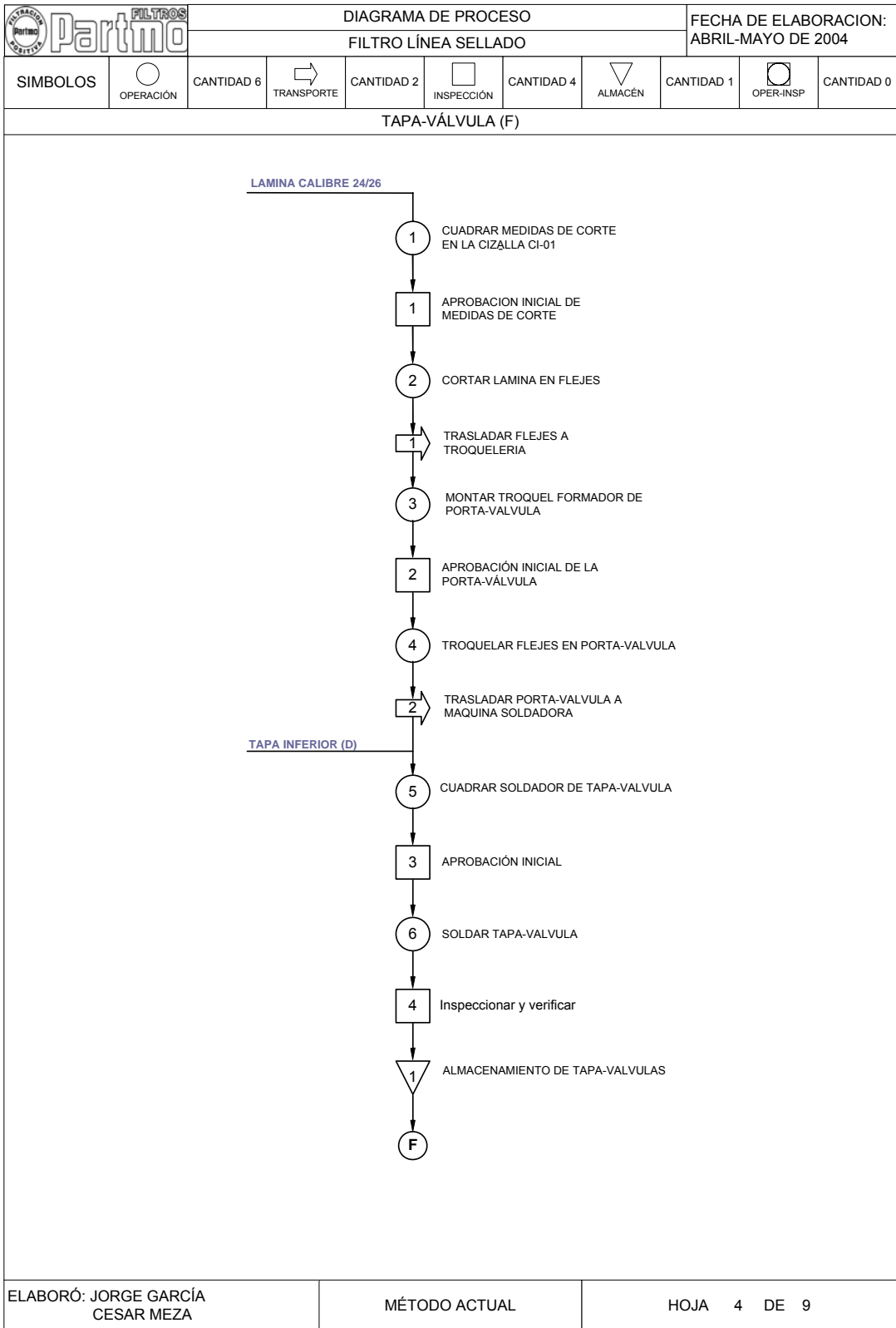
**ANEXO A**

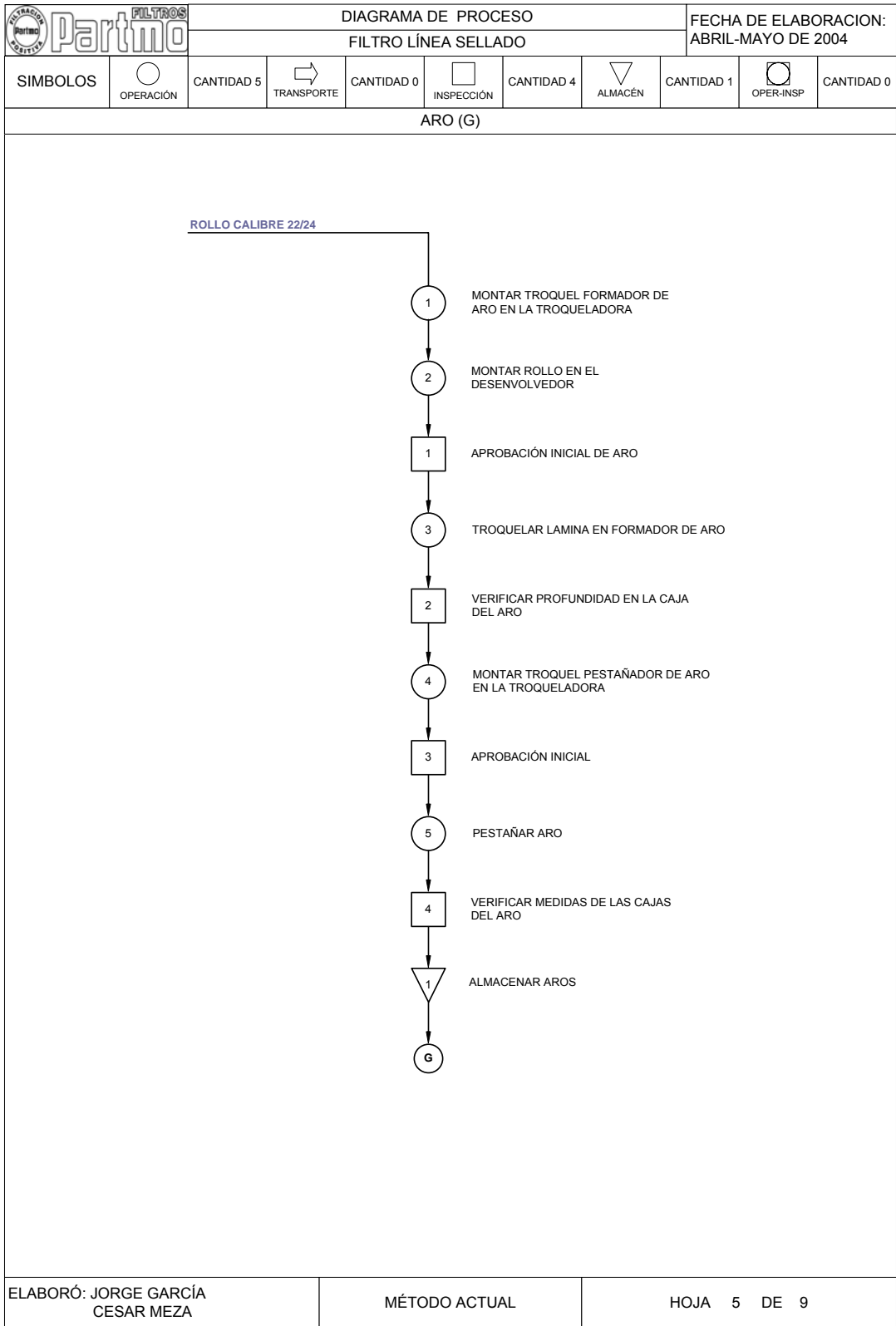
**DIAGRAMAS DE PROCESO DE LA LÍNEA  
SELLADO**

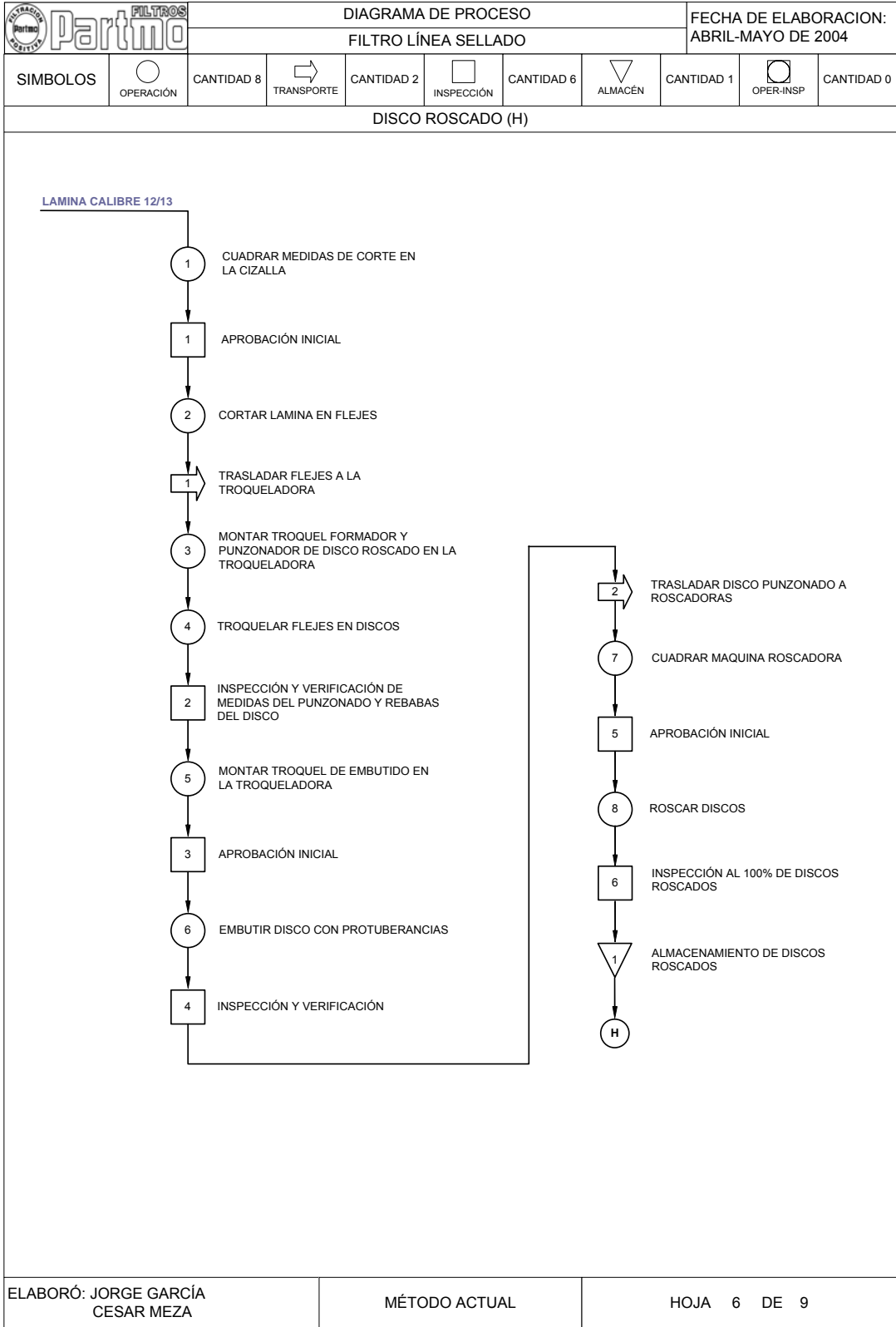


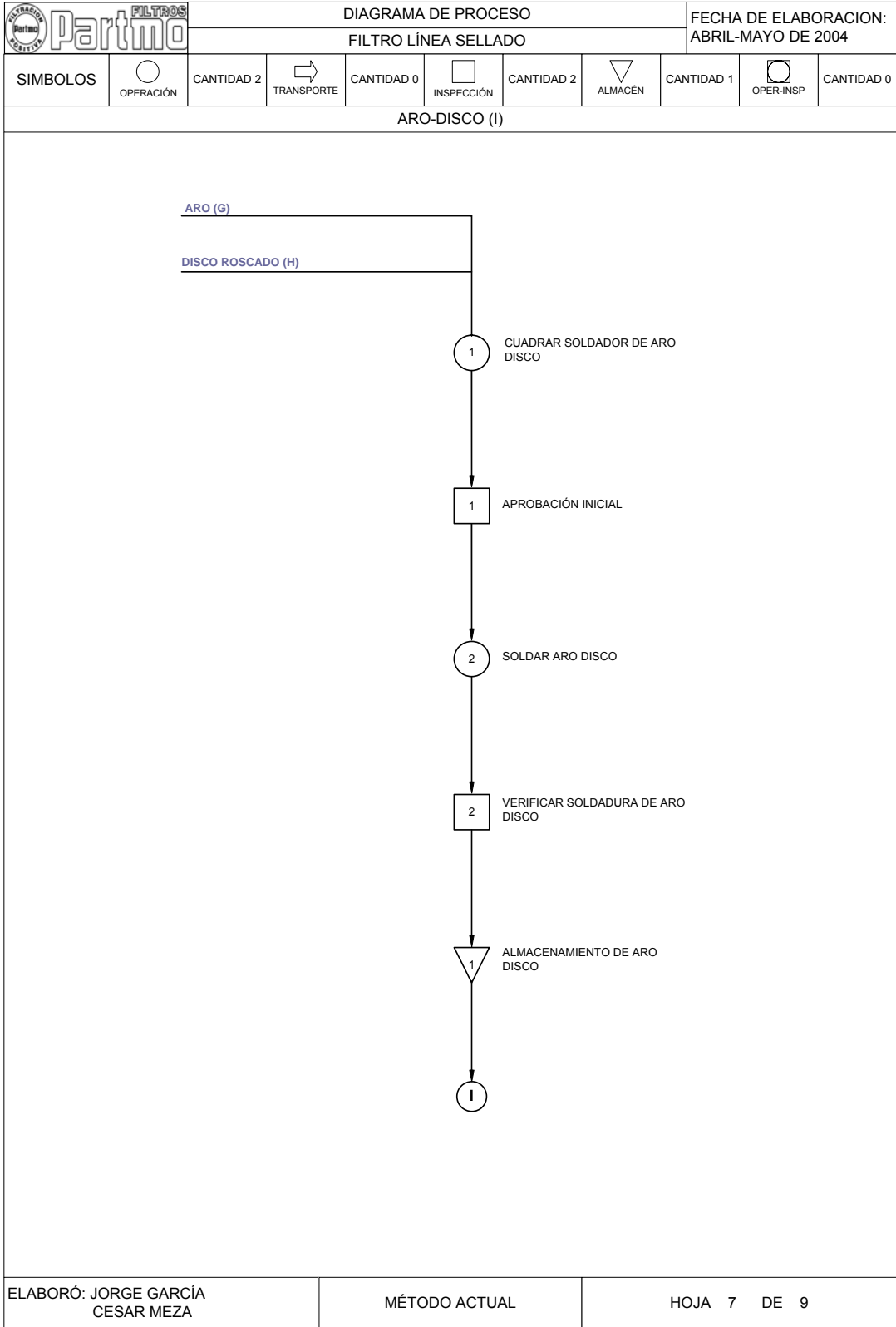


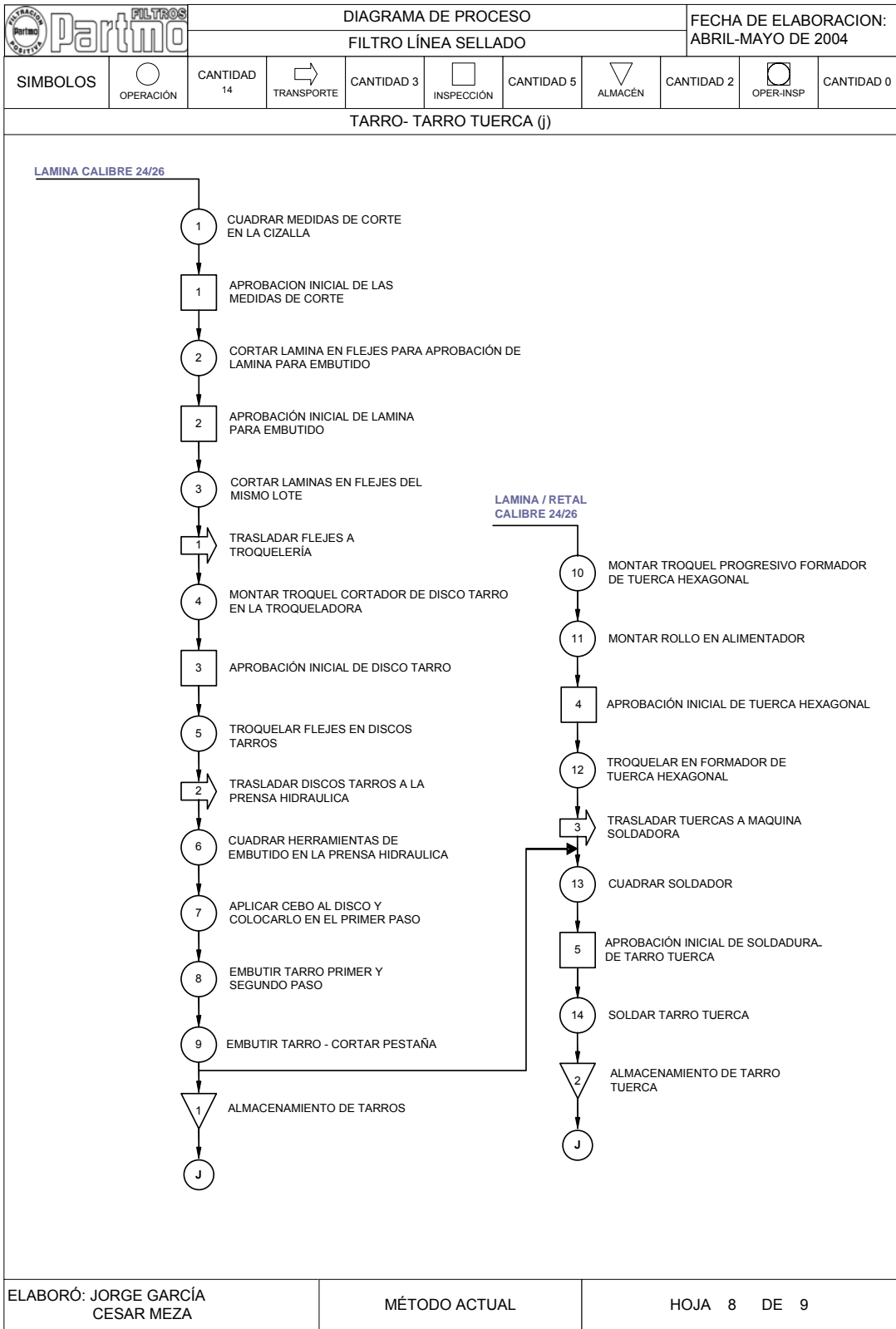


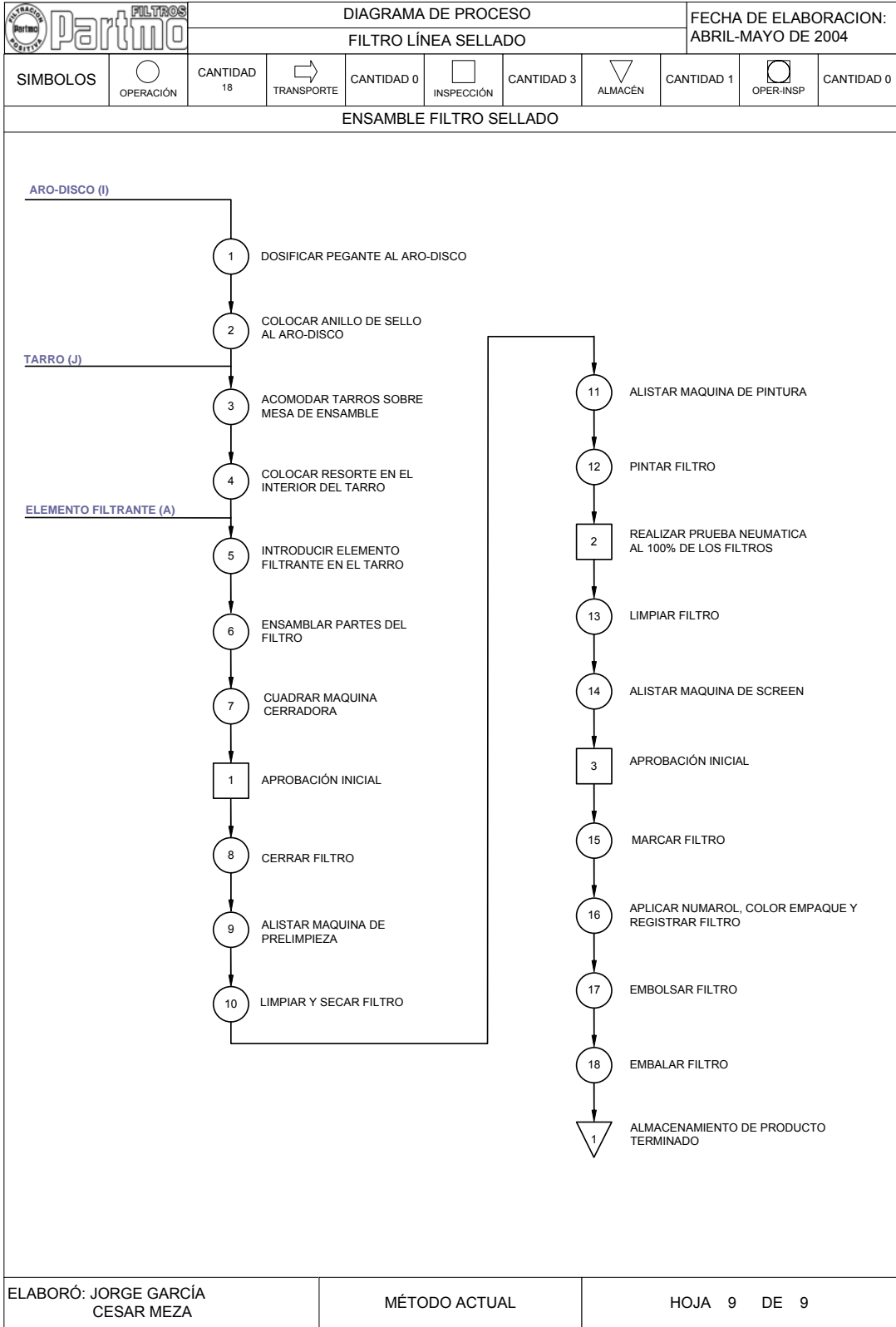




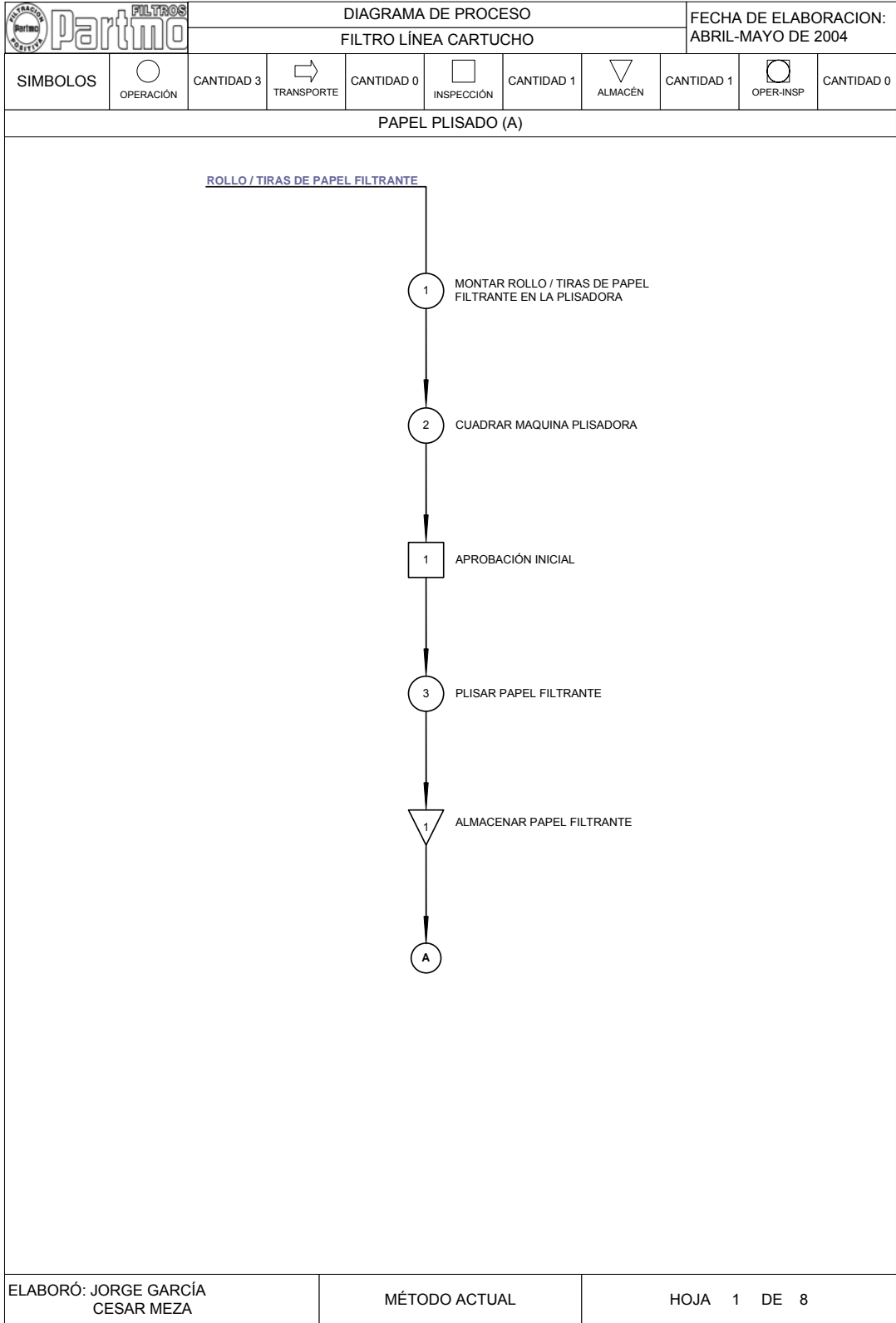


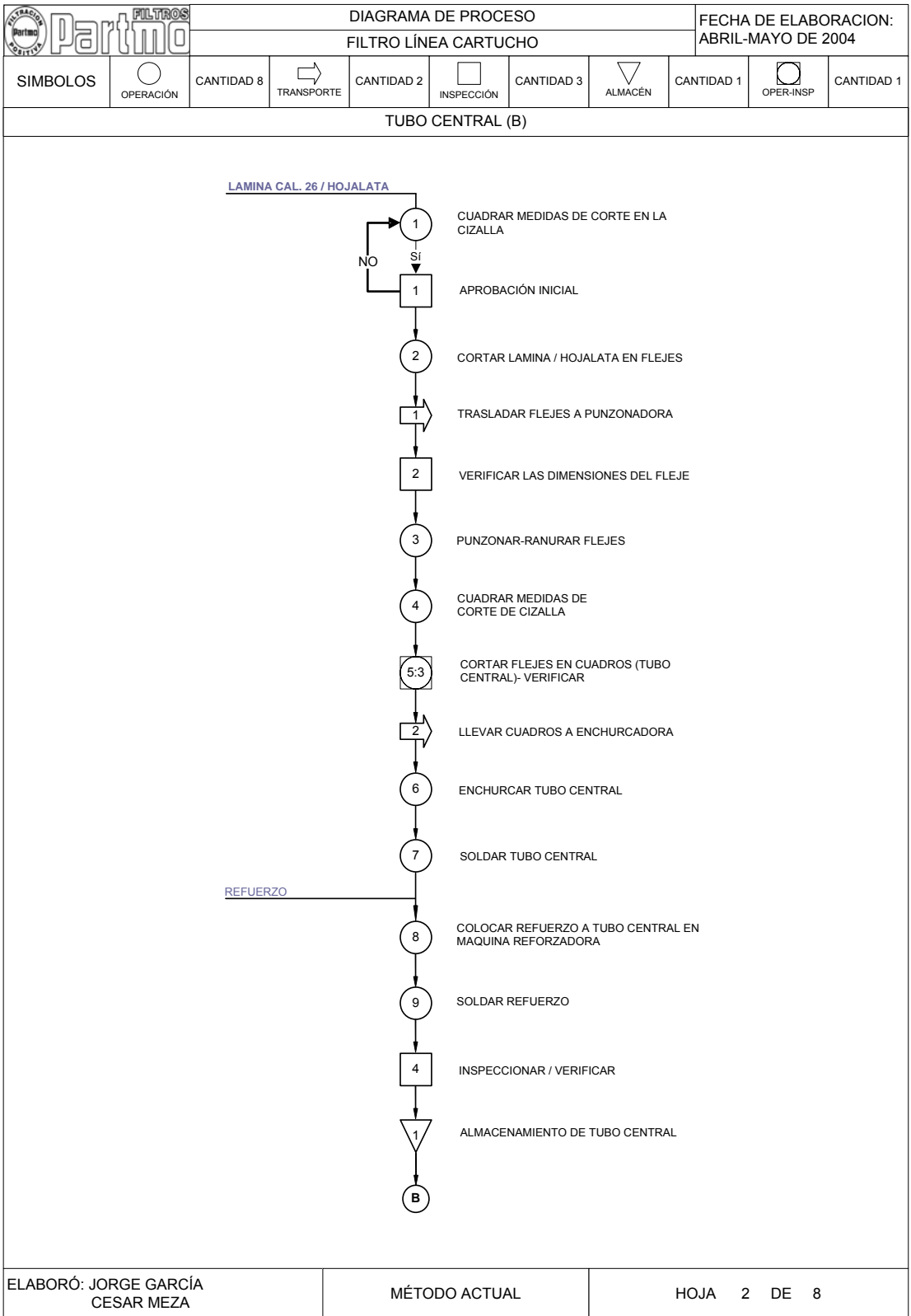


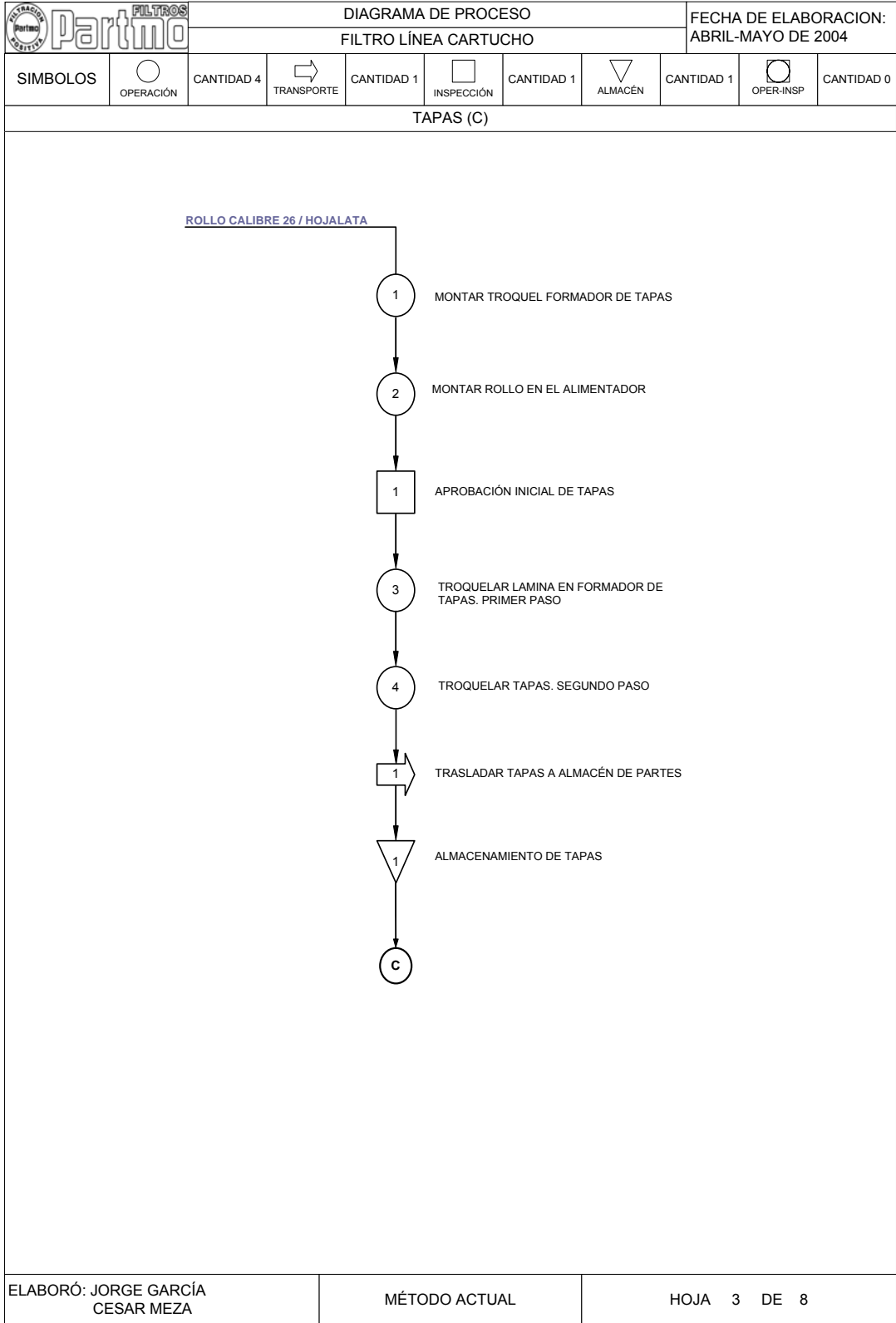


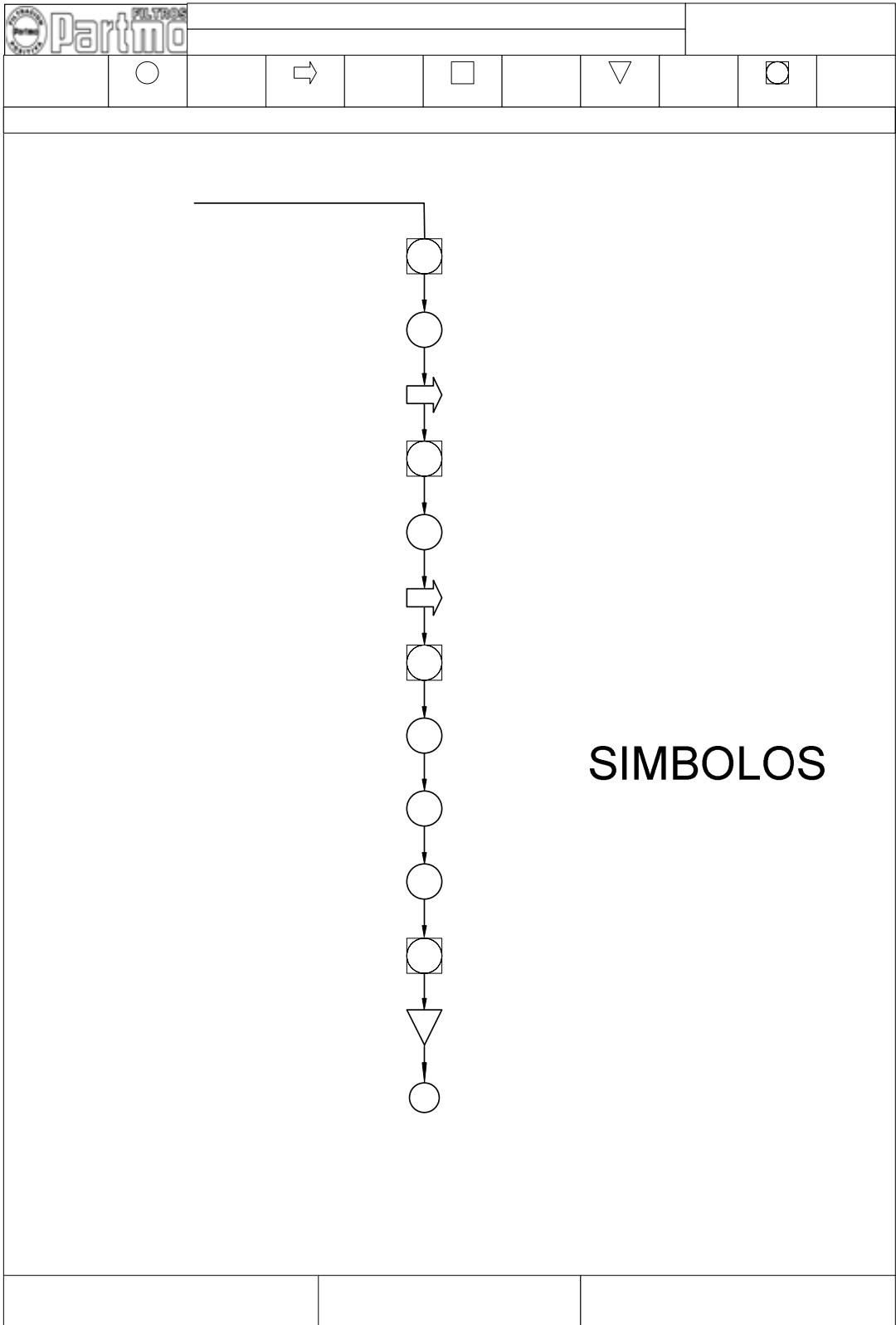


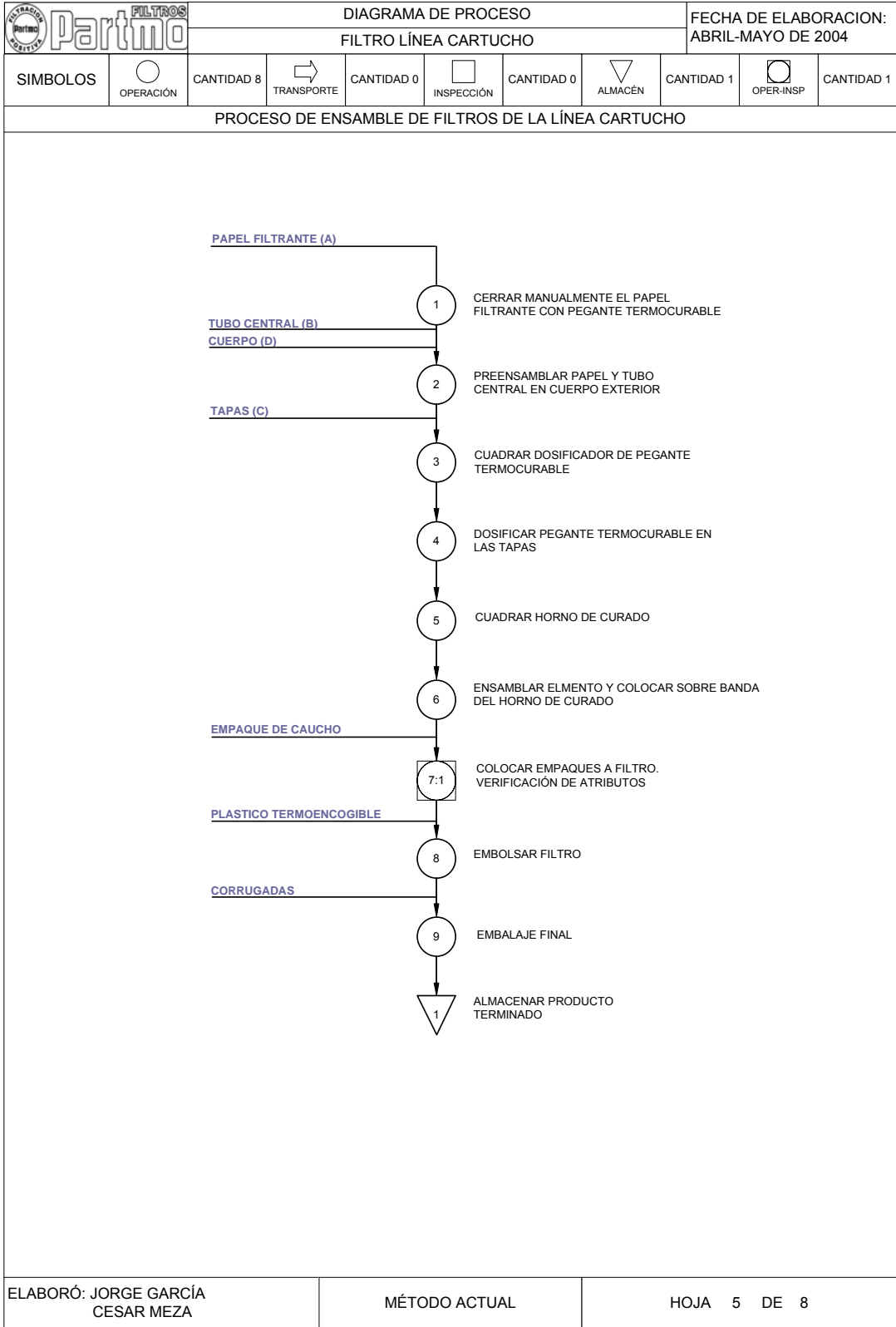
## **DIAGRAMAS DE PROCESO DE LA LÍNEA CARTUCHO Y PMX**

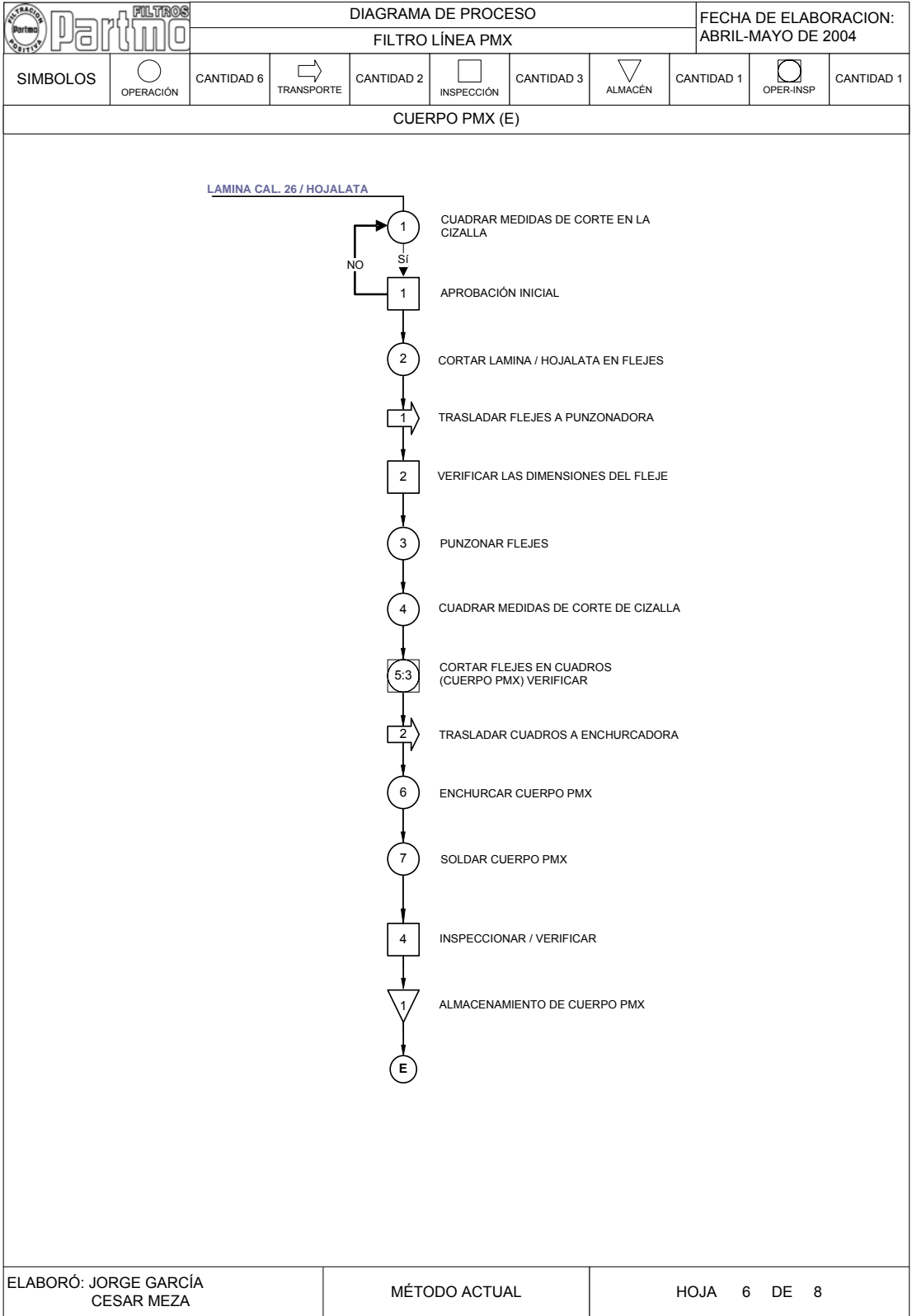


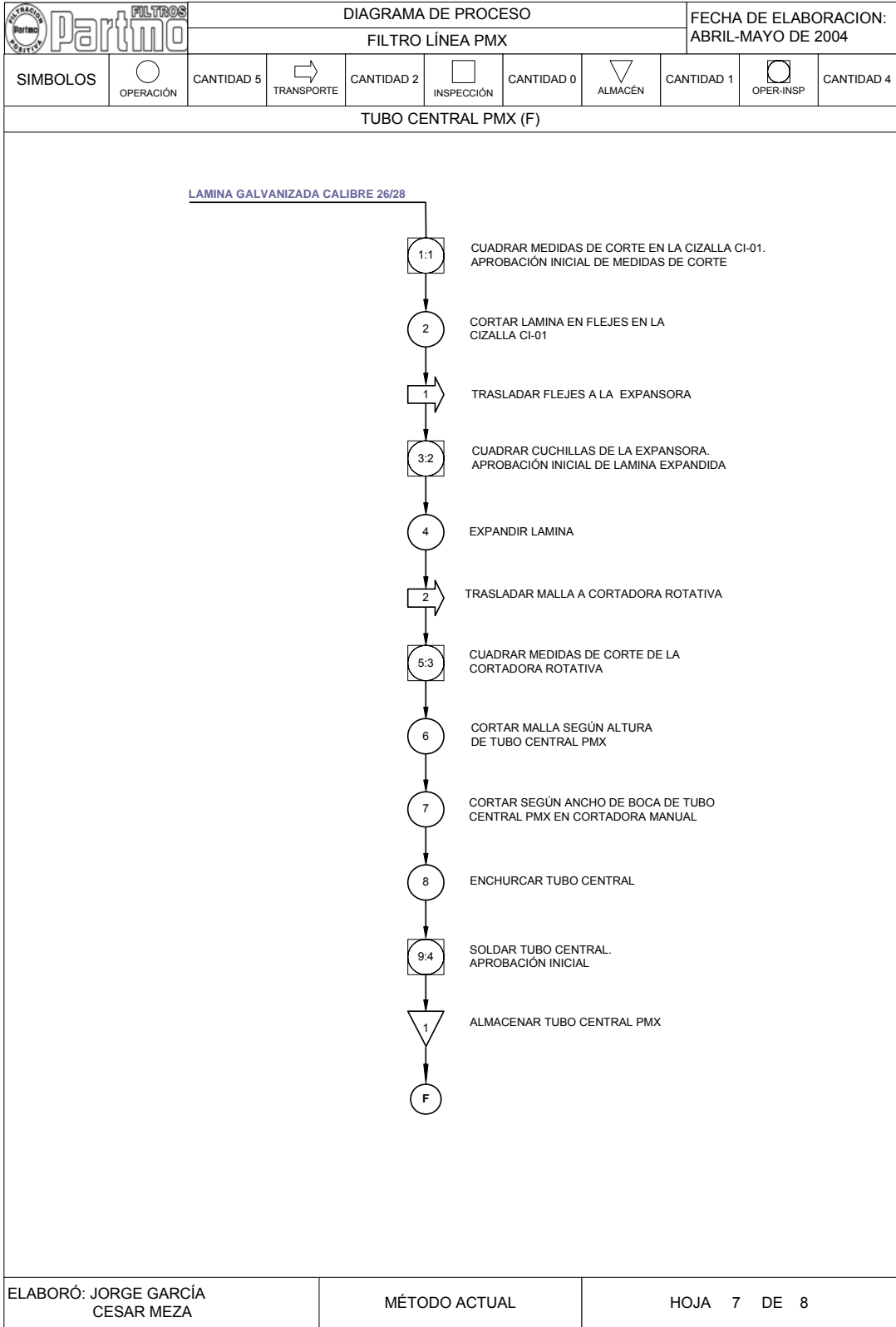


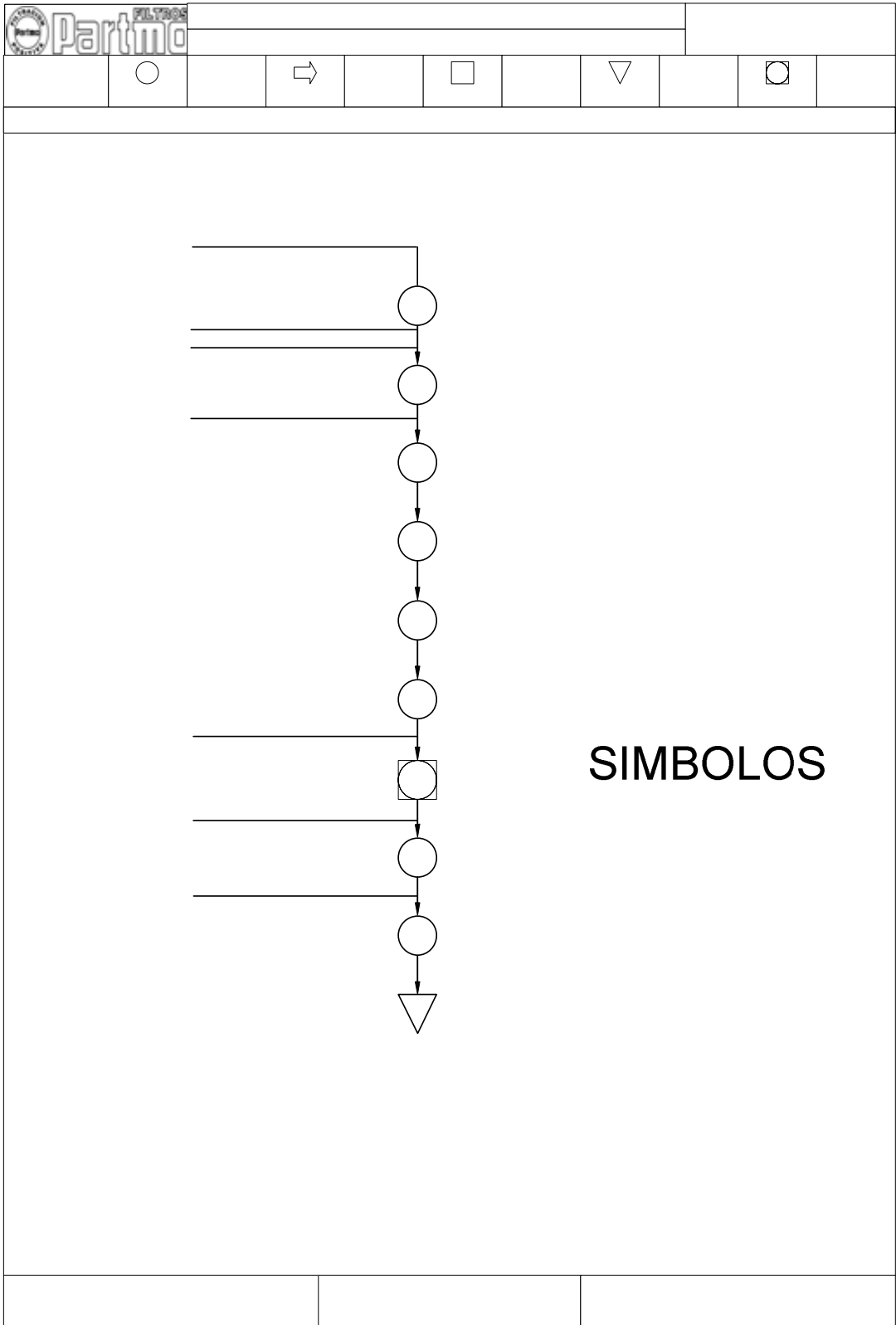




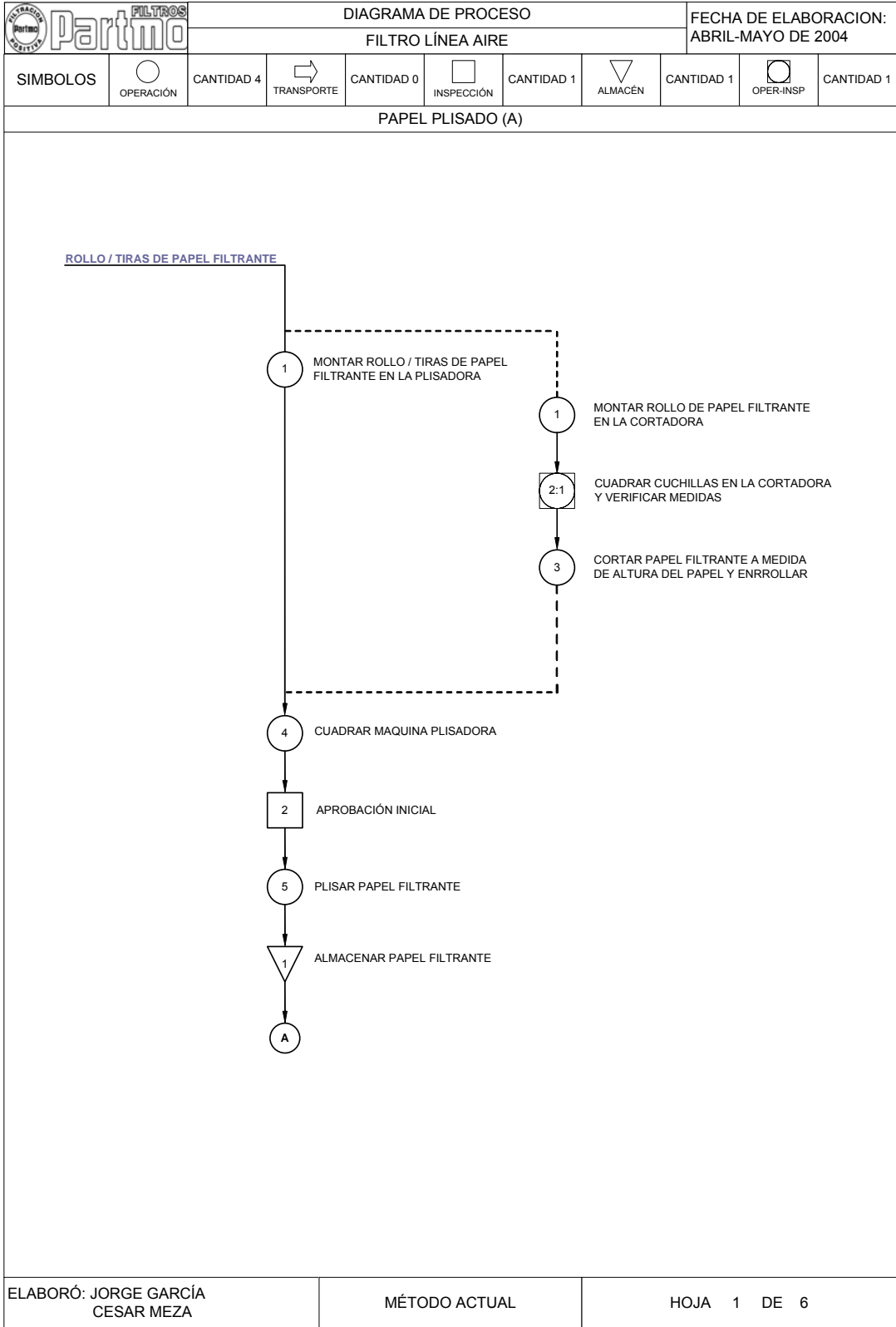


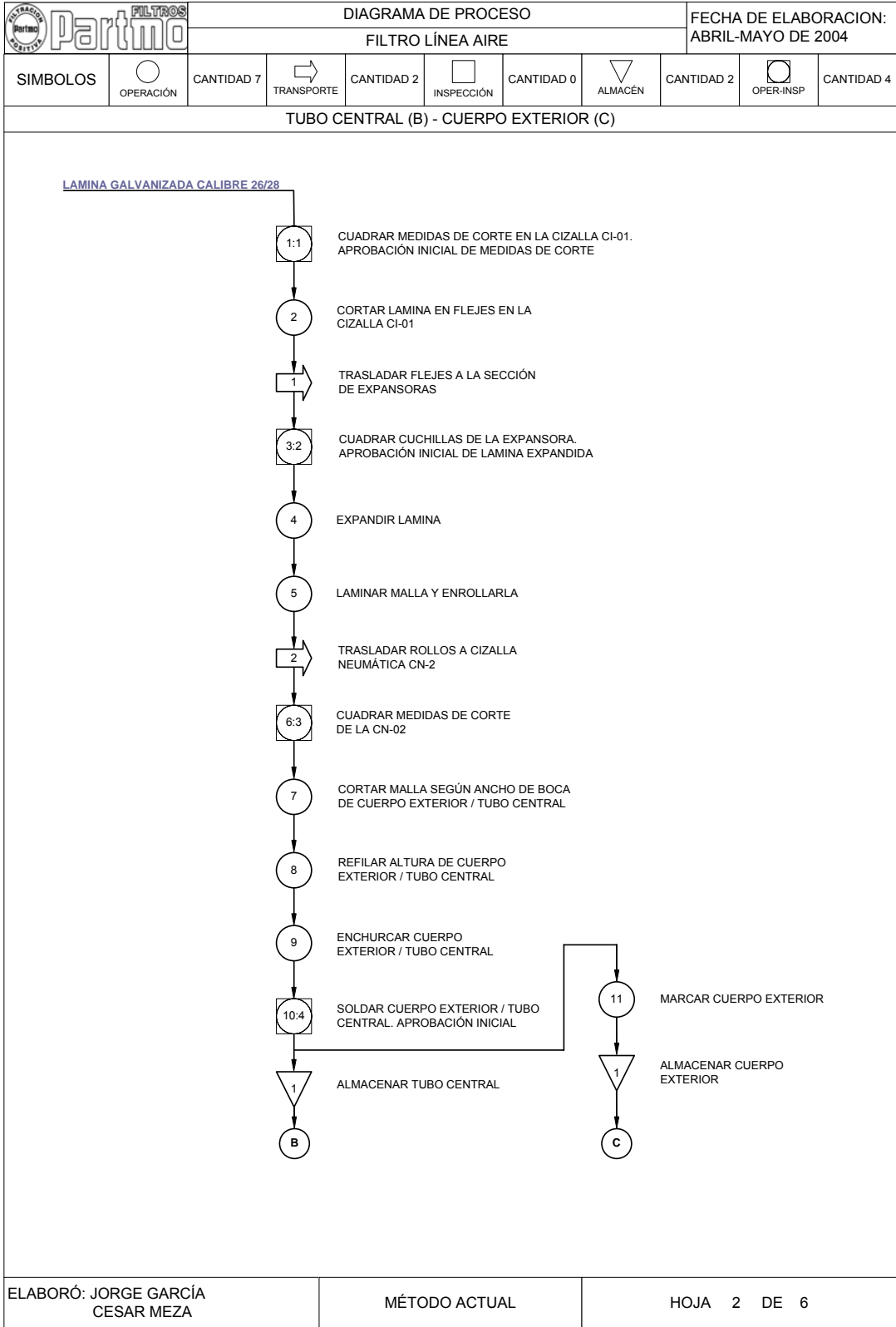


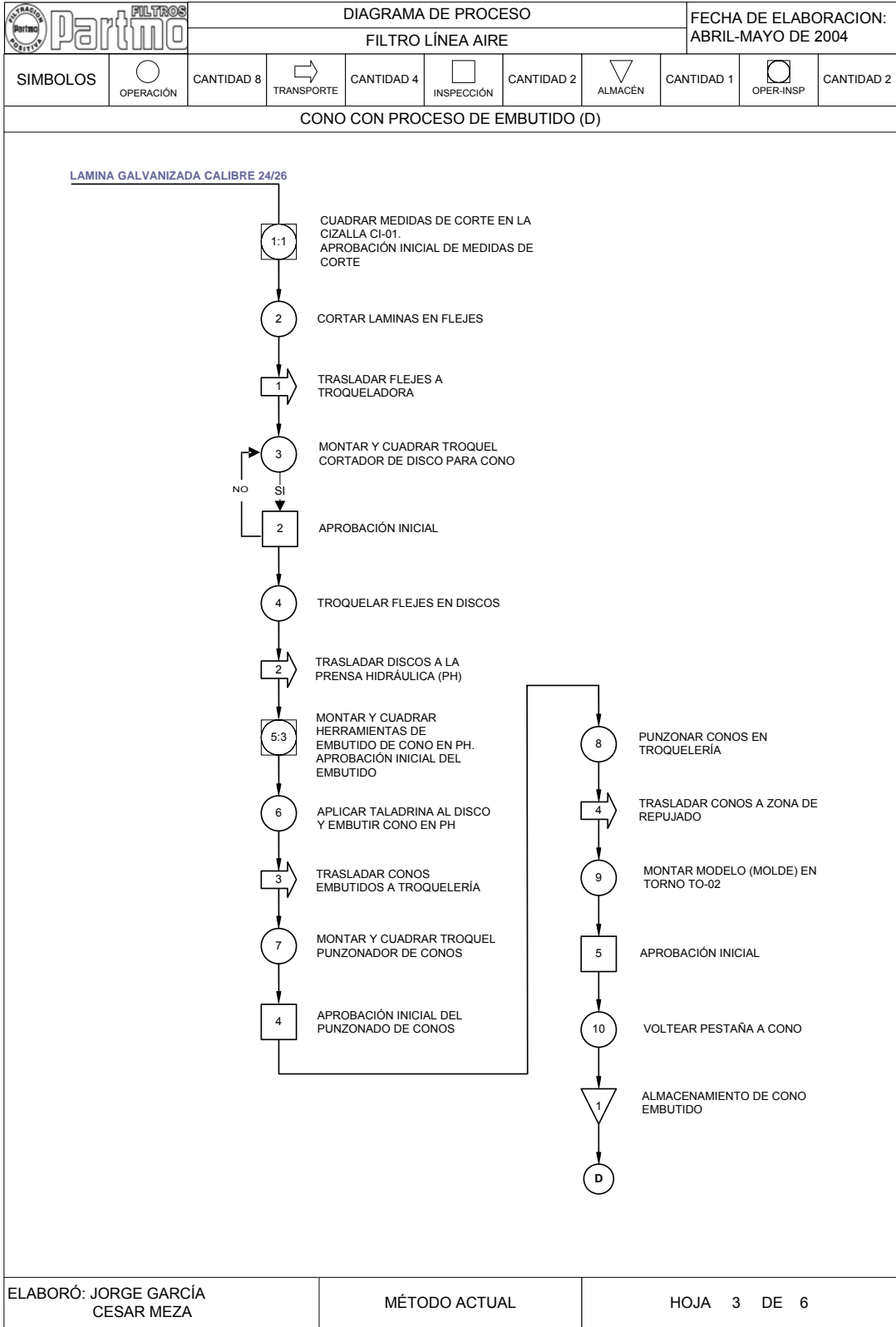


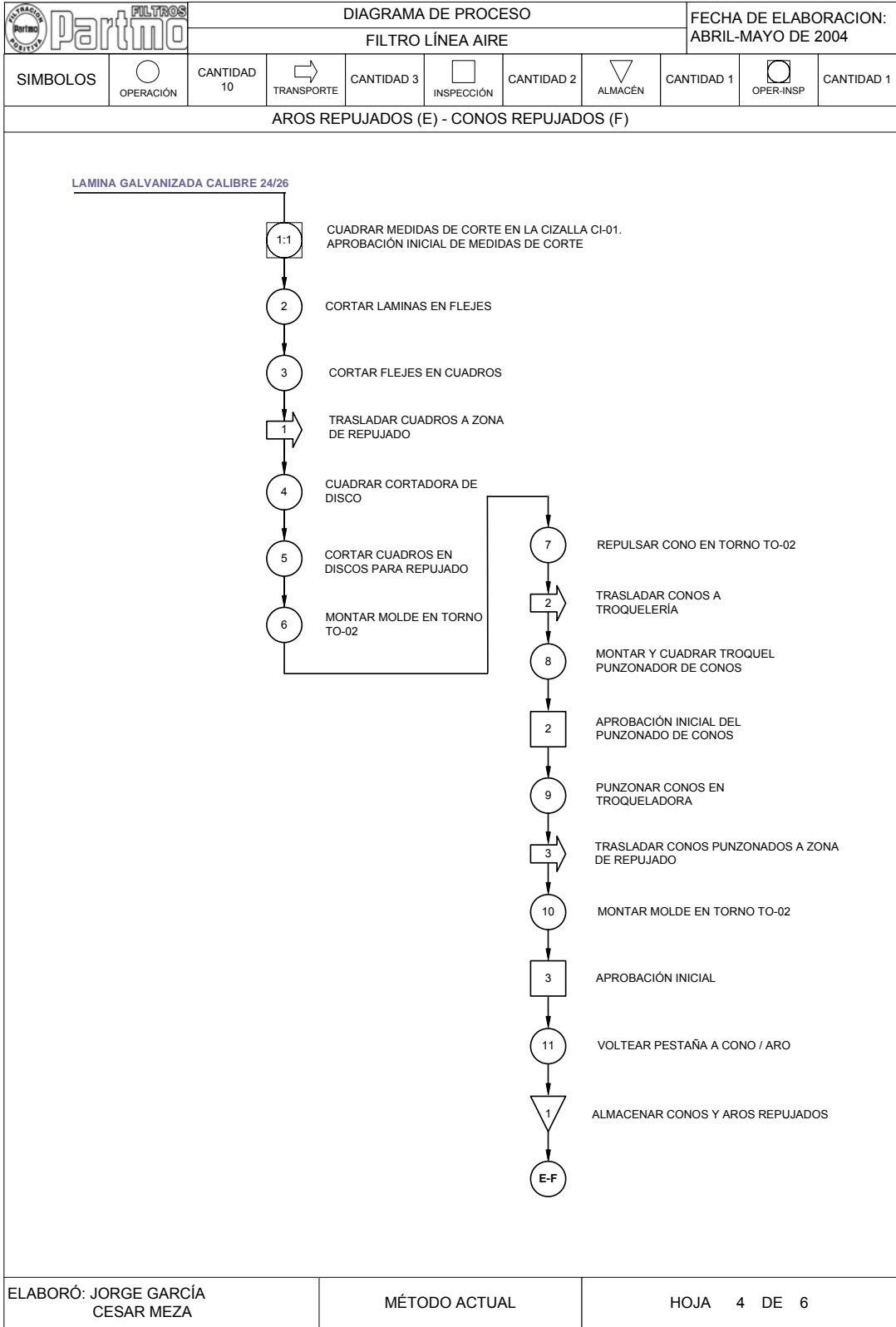


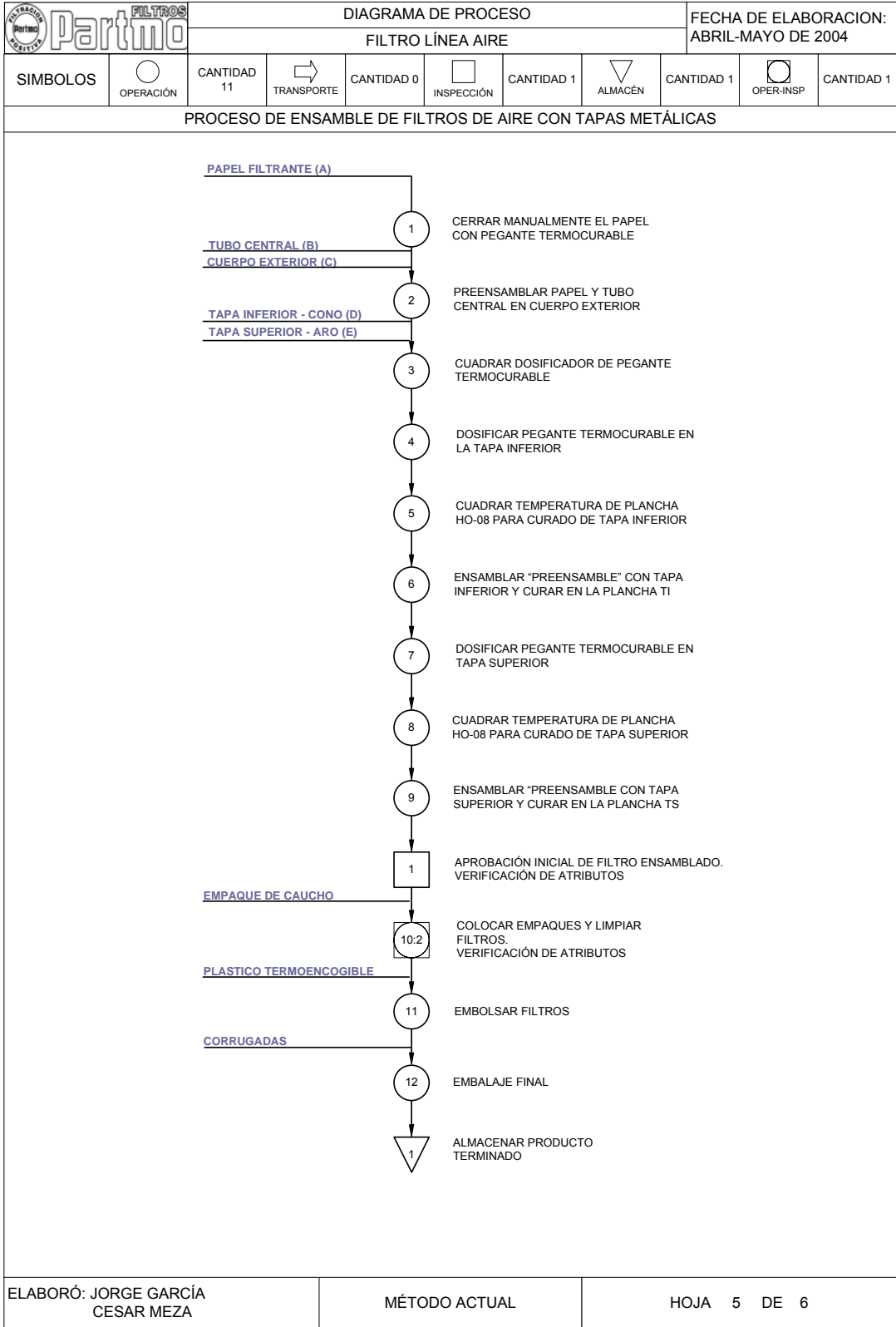
# **DIAGRAMAS DE PROCESO DE LA LÍNEA AIRE Y AGRO**













## **ANEXO B**



**LISTA DE CHEQUEO PARA EL NUEVO METODO DE TRABAJO**

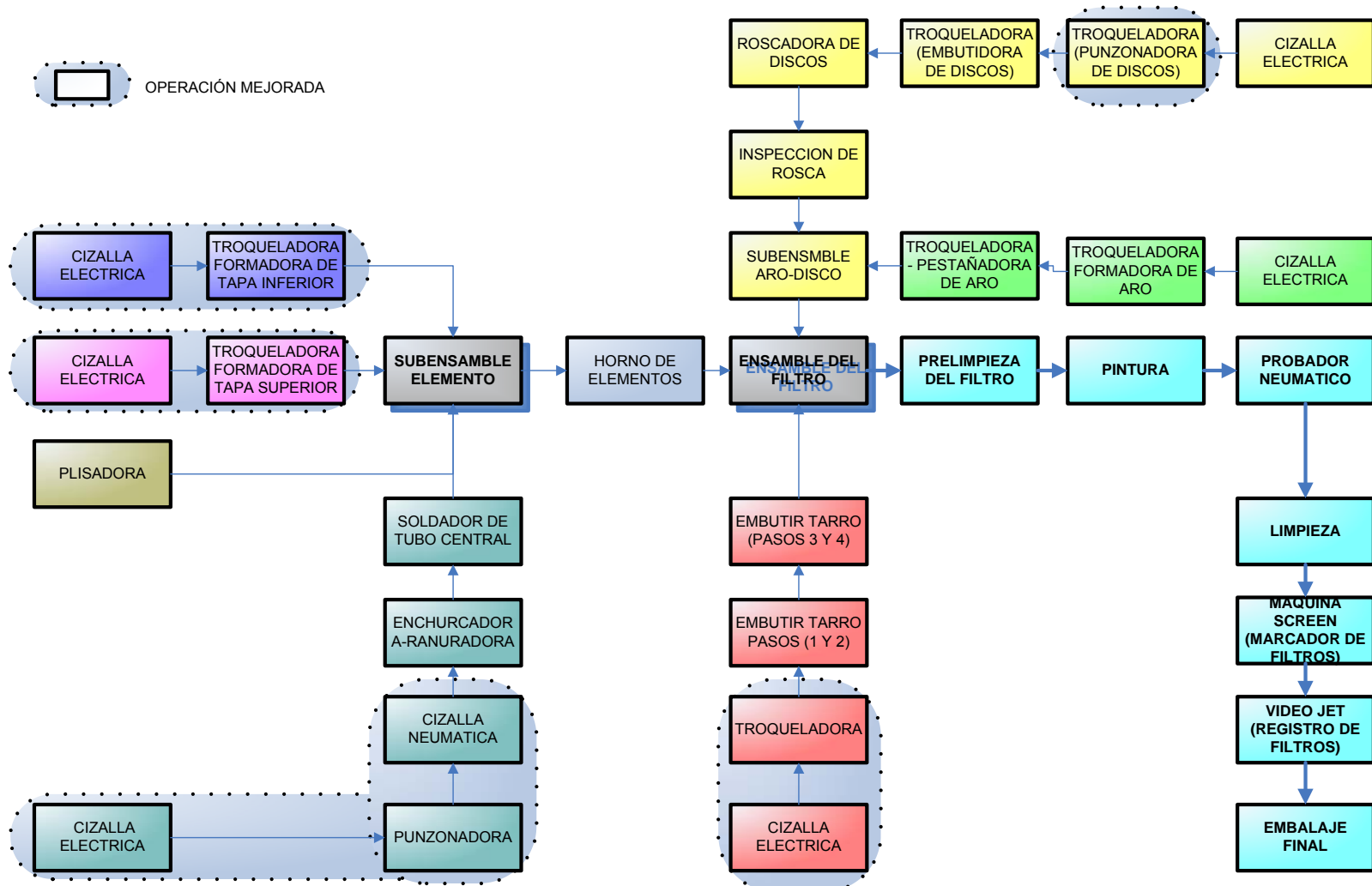
<b>Centro de trabajo:</b>		<b>Codigo:</b>		<b>Operación:</b>
<b>A. Operaciones</b>				
PREGUNTA	RESPUESTA			
	SI	NO		
1. ¿Qué proposito tiene la operación?				
2. ¿Es necesario el resultado que se obtiene con ella?				
3. ¿Es necesaria la operación porque la anterior no se ejecutó debidamente?				
4. ¿Se previó originalmente para rectificar algo que ya se rectificó de otra manera?				
5. ¿El proposito de la operación puede lograrse de otra manera?				
6. ¿Hay alguna operación posterior que elimine la necesidad de efectuar la que se estudia ahora?				
7. Si se añadiera una operación, ¿se facilitarían la ejecución de otras?				
8. ¿La operación se puede efectuar de otro modo con el mismo o mejor resultado?				
9. ¿No cambiaron las circunstancias desde que se añadió la operación al proceso?				
10. ¿Podría combinarse la operación con una operación anterior o posterior?				
11. ¿La operación que se analiza puede combinarse con otra?				
12. ¿La operación se puede eliminar?				
13. ¿La sucesión de operaciones es la mejor posible?				
14. ¿La operación mejoraría si se le modificara el orden?				
15. ¿Podrían combinarse la operación y la inspección?				
<b>B. Utilización de materiales</b>				
1. ¿El material que se utiliza es realmente el adecuado?				
2. ¿No podría reemplazarse por otro que igualmente sirviera?				
3. ¿El material se compra ya acondicionado para el uso?				



**LISTA DE CHEQUEO PARA EL NUEVO METODO DE TRABAJO**

PREGUNTA	RESPUESTA		
	SI	NO	JUSTIFICACIÓN
4. ¿Podría el abastecedor introducir reformas en la elaboración del material para mejorar su uso y disminuir los desperdicios?			
5. ¿El material es entregado suficientemente limpio?			
6. ¿Se compra en cantidades y dimensiones que lo hagan rendir al maximo y reduzcan la perdida de material?			
7. ¿Se saca el maximo partido posible de material al cortarlo?			
8. ¿No se podría modificar el método para eliminar el exceso de desperdicios?			
9. ¿Se podrían utilizar los sobrantes o retazos inaprovechables?			
10. ¿Se podrían clasificar los retazos para venderlos a mejor precio?			
11. ¿La calidad de materiales es uniforme?			

## MAPA DE PROCESO LÍNEA SELLADO



INDUSTRIAS PARTMO S.A. - ESTUDIO DE TIEMPOS - PLANTA 2	
Operación _____ Código _____ Material _____	Parte__ Subensamble ( S. __ C. __ ) Ensamble ____ Parte _____ Cod _____ Referencia _____
C.T. _____ N° de operarios _____ Aprobado por _____ Fecha _____ H.I. _____ H.T. _____	Sexo: M ( ) F ( ) Analistas _____ _____

Descripción de la operación:									
CICLO	ELEMENTOS REGULARES	Valoración (%)	T.C. (seg.)	T.B. (seg.)	CICLO	ELEMENTOS REGULARES	Valoración (%)	T.C. (seg.)	T.B. (seg.)
1	A				11	A			
	B					B			
2	A				12	A			
	B					B			
3	A				13	A			
	B					B			
4	A				14	A			
	B					B			
5	A				15	A			
	B					B			
6	A				16	A			
	B					B			
7	A				17	A			
	B					B			
8	A				18	A			
	B					B			
9	A				19	A			
	B					B			
10	A				20	A			
	B					B			
Elementos irregulares					V. (%)	T.C. (Seg.)	T.B. (Seg.)	Frec.	T. B. por ciclo
El. Núm	Descripción								
Tensión física		Tensión mental		Condiciones de trabajo			Total puntos	Total suplementos	
Elemento	Fuerza media	Postura	Concentración	Ruido	tº	Gases, Polvo			Agua

Cálculo del tiempo estandar				
Elemento	T.B. (seg)	Suplemento (%)	Suplemento (seg)	Tiempo Estandar
<b>Tiempo Estándar</b>				

## **TABLAS PARA CALCULAR SUPLEMENTOS POR FATIGA**

Los suplementos pueden determinarse utilizando las tablas de tensiones relativas y la tabla de conversión de los puntos reproducidos en este apéndice. El análisis deberá efectuarse del siguiente modo:

1. Determinar, para el elemento de trabajo en estudio, el grado de tensión impuesta, consultando el punto que corresponda en la tabla de tensiones.
2. Asignar puntos según lo indicado en dichas tablas y determinar el total de puntos para las tensiones impuestas por la ejecución del elemento de trabajo.
3. Extraer de la tabla de conversión de los puntos el suplemento por descanso apropiado.

### **TABLAS DE TENSIONES RELATIVAS**

#### **A. TENSIÓN FISICA PROVOCADA POR LA NATURALEZA DEL TRABAJO**

##### **1. Fuerza ejercida en promedio**

Considerar todo el elemento o periodo al que corresponderá el suplemento por descanso y determinar la fuerza media ejercida.

Si la pieza pesa más de 10 libras, se debe calcular la fuerza promedio, utilizando para ello el tiempo que se emplea en cada actividad.

Ejemplo: Levantar y transportar un peso de 20 Kg. (tiempo: 12 seg.) y volver con las manos vacías (tiempo: 8 seg.). La fuerza ejercida en promedio, se calculará como sigue:

$$(20 \cdot 12/20) + (0 \cdot 32/20) = 12 \text{ Kg.}$$

El número de puntos atribuidos según el promedio dependerá del tipo de esfuerzo realizado. El esfuerzo realizado está clasificado de la siguiente manera:

**a) Esfuerzo mediano.**

- Cuando el trabajo consiste en transportar o sostener cargas
  - Trillar, martillar y otros movimientos rítmicos.
- Esta categoría incluye la mayor parte de las operaciones

**b) Esfuerzo reducido.**

- Cuando se desplaza el peso del cuerpo a fin de ejercer fuerza: por ejemplo, accionar un pedal, presionar un articulo con el cuerpo.
- Sostener o transportar cargas bien equilibradas sujetas al cuerpo por fajas o colgadas de los hombros; los brazos y las manos están libres.

**c) Esfuerzo intenso**

- Cuando el trabajo consiste principalmente en levantar cargas.
- Ejercer fuerza mediante el uso prolongado de determinados músculos de los dedos y brazos.
- Levantar o sostener cargas en posturas difíciles
- Efectuar operaciones en ambientes calurosos, trabajar metales en caliente, etc.

Las tablas I, II y III indican los puntos que se atribuirán según el tipo de esfuerzo y la fuerza ejercida en promedio.

**TABLA I. ESFUERZO MEDIANO:** puntos para la fuerza ejercida en promedio

Kg.	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
0	0	0	1	2	3	6	8	10	12	14
5	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
10	25	26	27	28	29	30	31	32	32	33
15	34	35	36	37	38	39	39	40	41	41
20	42	43	44	45	46	46	47	48	49	50
25	50	51	51	52	53	54	54	55	56	56
30	57	58	59	59	60	61	61	62	63	64
35	64	65	65	66	67	68	69	70	70	71
40	72	72	72	73	73	74	74	75	76	76
45	77	78	79	79	80	80	81	82	82	83
50	84	85	88	86	87	88	88	88	89	90
55	91	92	93	94	95	95	96	96	97	97
60	97	98	98	98	99	99	99	100	100	100
65	101	101	102	102	103	101	105	106	107	108
70	109	109	109	110	110	111	112	112	112	113

Ejemplo: suponiendo que el trabajador deba transportar en peso de 12.5 Kg.:

1. Se determina el tipo de esfuerzo (mediano, reducido o intenso).
2. En la tabla correspondiente al tipo de esfuerzo, se busca en la columna de la izquierda, el renglón referente a 10 Kg.
3. Se sigue ese renglón hacia la derecha hasta llegar a la columna 2,5.
4. Se ven los puntos atribuidos para 12.5 Kg. transportados, o sea:

Tabla I, esfuerzo mediano: 30 puntos

Tabla II, esfuerzo reducido: 22 puntos

Tabla III, esfuerzo intenso: 38 puntos

**TABLA II. ESFUERZO REDUCIDO:** puntos para fuerza ejercida promedio

Kg.	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
0	0	0	1	2	3	6	7	8	9	10
5	11	12	13	14	14	15	16	16	17	18
10	19	19	20	21	22	22	23	23	24	25
15	26	26	27	27	28	28	29	30	31	31
20	32	32	33	34	34	35	35	36	36	37
25	38	38	39	39	40	41	41	42	42	43
30	43	43	44	44	45	46	46	47	47	48
35	48	49	50	50	50	51	51	52	52	53
40	54	54	54	55	55	56	56	57	58	58
45	58	59	59	60	60	60	61	62	62	63
50	63	63	61	65	65	66	66	66	67	67
55	68	68	68	69	69	70	71	71	71	72
60	72	73	73	73	74	74	75	75	76	76
65	77	77	77	78	78	78	79	80	80	81
70	81	82	82	82	83	83	84	84	84	85

**TABLA III. ESFUERZO INTENSO:** puntos para la fuerza ejercida promedio

Kg.	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
0	0	1	2	3	8	11	13	15	17	18
5	20	21	22	24	25	27	28	29	30	32
10	33	34	35	37	38	39	40	41	43	44
15	45	46	47	40	49	50	51	52	54	55
20	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
25	66	67	60	69	70	71	72	73	74	75
30	76	76	77	78	79	80	81	82	83	84
35	85	80	87	88	88	88	90	91	92	93
40	91	94	95	96	97	98	99	100	101	101
45	102	103	104	105	105	106	107	109	109	110
50	110	111	112	113	114	115	115	116	117	118
55	119	119	120	121	122	123	124	124	125	126
60	127	128	128	129	130	130	131	132	133	134
65	135	136	136	137	137	138	139	140	141	142
70	142	143	143	144	145	146	147	148	148	148

## **Puntos**

Inspeccionar con intermitencias defectos de detalle	3
Clasificar piezas según su tamaño	4
Leer el periódico en un autobús	8
Soldar por arco con máscara	10
Inspeccionar con la vista en forma continua	10
Hacer grabados utilizando un monóculo de aumento	14

## **2. Postura**

Determinar si el trabajador está sentado, de pie, agachado o en una posición engorrosa, si tiene que manipular una carga y si ésta es fácil o difícil de manipular.

	<b>Puntos</b>
Sentado cómodamente	0
Sentado incómodamente, o a veces sentado y a veces de pie	2
De pie o andando libremente	4
Subiendo o bajando escaleras sin carga	5
De pie o andando con una carga	6
Subiendo o bajando escaleras de mano, o debiendo a veces inclinarse, levantarse, estirarse o arrojar objetos	8
Levantando pesos con dificultad, traspalando balasto a un contenedor	10
Debiendo constantemente inclinarse, levantarse, estirarse o arrojar objetos	12
Extrayendo carbón con un zapapico, tumbado en una veta baja	16

### 3. Vibraciones

Considerar el impacto de las vibraciones en el cuerpo, extremidades o manos y el aumento del esfuerzo mental debido a las mismas o a una serie de sacudidas o golpes.

	<b>Puntos</b>
Traspalar materiales ligeros	1
Coser con maquina eléctrica o afín	2
Sujetar el material en el trabajo con prensa o guillotina mecánica	2
Tronzar madera	2
Traspalar balasto	4
Trabajar con una taladradora mecánica portátil accionada con una sola mano	4
Picar con zapapico	6
Emplear una taladradora mecánica que exige las dos manos	8
Emplear un martillo perforador sobre hormigón	15

### 4. Ciclo breve (Trabajo muy repetitivo)

Si en un trabajo muy repetitivo una serie de elementos muy cortos forman un ciclo que se repite continuamente durante un largo periodo se atribuyen puntos como se indica a continuación a fin de compensar la imposibilidad de alternar los músculos utilizados durante el trabajo.

Tiempo medio del ciclo (centiminutos)	<b>Puntos</b>
16-17	1
15	2
13-14	3
12	4

10-11	5
8-9	6
7	7
6	8
5	9
Menos de 5	10

## 5. Ropa molesta

Considerar el peso de la ropa de protección en relación con el esfuerzo y el movimiento. Observar asimismo si la ropa estorba la aireación y la respiración.

	<b>Puntos</b>
Guantes de caucho para cirugía	1
Guantes de caucho para uso domestico	2
Botas	2
Gafas protectoras para afilador	3
Guantes para uso industrial	5
Máscara protectora	6
Máscara para pintar con pistola	8
Traje de amianto o chaqueta encerrada	15
Ropa de protección incómoda y mascarilla de respiración	20

## B. TENSION MENTAL

### 1. Concentración / Ansiedad

Considerar las posibles consecuencias de una menor atención por parte del trabajador, el grado de responsabilidad que asume, la necesidad de coordinar los movimientos con exactitud y el grado de precisión o exactitud exigida.

	<b>Puntos</b>
Hacer un montaje corriente	0
Traspalar balasto	0
Hacer un embalaje corriente; lavar vehículos	1
Empujar carrito por un pasillo despejado	1
Alimentar troquel de prensa sin tener que aproximar la mano a la prensa	2
Rellenar de agua una batería	2
Pintar paredes	3
Juntar lotes pequeños y sencillos sin necesidad de prestar mucha atención	4
Coser a maquina con guía automática	4
Pasar con carrito a recoger pedidos de almacén	5
Hacer una inspección simple	5
Cargar / Descargar troquel de una prensa o maquina	6
Pintar metal labrado con pistola	6
Sumar cifras	7
Inspeccionar componentes detallados	7
Bruñir y pulir manualmente	8
Observar con atención	9
Coser a maquina guiando manualmente el trabajo	10
Empaquetar bombones surtidos recordando de memoria la presentación	10
Montar trabajos demasiado complejos para ser automatizados	10
Soldar piezas sujetas con una plantilla	10
Conducir un autobús con tráfico intenso o neblina	15
Marcar o colocar piezas con detalles de mucha precisión	15

## 2. Monotonía

Considerar el grado de estímulo mental y en caso de trabajar con otras personas, espíritu de competencia, música, etc.

	<b>Puntos</b>
Efectuar de a dos un trabajo por encargo	0
Limpiarse los zapatos solitariamente durante media hora	3
Efectuar un trabajo repetitivo	5
Hacer una inspección corriente	6
Sumar columnas similares de cifras	8
Efectuar solo un trabajo sumamente repetitivo	11

## 3. Tensión visual

Considerar las condiciones de iluminación natural y artificial, deslumbramiento, centelleo, color y proximidad del trabajo, así como la duración del periodo de tensión.

	<b>Puntos</b>
Efectuar un trabajo fabril normal	0
Inspeccionar defectos fácilmente visibles	2
Clasificar por colores artículos con colores distintivos	2
Efectuar un trabajo fabril con mala iluminación	2

## 4. Ruido

Considerar si el ruido afecta la concentración, si es un zumbido constante o un ruido de fondo, si es regular o aparece de improviso, si es irritante o sedante.

	<b>Puntos</b>
Trabajar en una oficina tranquila sin ruidos que distraigan	0
Trabajar en un taller de pequeños montajes	0
Trabajar en una oficina del centro de la ciudad oyendo continuamente el ruido del tráfico	1
Trabajar en un taller de maquinas ligeras	2
Trabajar en una oficina o taller donde el ruido distraiga la atención	2
Trabajar en un taller de carpintería	4
Hacer funcionar un martillo de vapor en una fragua	5
Hacer remaches en un astillero	9
Perforar pavimentos de carretera	10

Nota: Teniendo en cuenta que el ruido que presenta la Planta 2 de Industrias Partmo, es mayor de 87 decibeles, se consideró asignar un puntaje de 6 o 7 dependiendo específicamente del centro de trabajo en evaluación.

### **C. TENSION FISICA O MENTAL PROVOCADA POR LA NATURALEZA DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO**

#### **1. Temperatura y humedad.**

Considerar las condiciones generales de temperatura de la atmósfera y clasificarlas como se indica a continuación. Según la temperatura media observada, seleccionar el valor adecuado en una de las series siguientes:

<b>HUMEDAD (%)</b>	<b>TEMPERATURA</b>		
	<b>HASTA 23<sup>o</sup> C</b>	<b>De 23<sup>o</sup> C a 32<sup>o</sup> C</b>	<b>Mas de 32<sup>o</sup> C</b>
Hasta 75	0	6--9	16--19
De 76 a 85	1--3	10--13	20--23
Más de 85	4--6	14--16	24--30

Nota: La Planta 2 de Industrias Partmo normalmente tiene una temperatura de 28°C en las zonas lejanas a los hornos de curado de elementos filtrantes. Las zonas cercanas a los hornos de curado alcanzan un valor aproximado de 32°C.

## 2. Ventilación

Considerar la calidad y frescura del aire, así como el hecho de que circule o no (climatización o corriente natural).

	<b>Puntos</b>
Oficinas	0
Fabricas con ambiente físico similar al de una oficina	0
Talleres con ventilación aceptable, pero con un poco de corriente de aire	1
Talleres con mala ventilación	3
Sistemas de vertederos	14

## 3. Emanación de gases

Considerar la naturaleza y concentración de las emanaciones de gases: tóxicos o nocivos para la salud; irritantes para los ojos, nariz, garganta, olor desagradable.

	<b>Puntos</b>
Torno con líquidos refrigerantes	0
Pintura manual	1
Corte por llama oxiacetilénica	1
Soldadura con resina	1
Gases de escape de vehículos de motor en un garaje	5
Pintura con pistola	6
Trabajos de moldeado con metales	10

#### 4. Polvo

Considerar el volumen y tipo de polvo.

	<b>Puntos</b>
Trabajo de oficina	0
Operaciones normales de montaje ligero	0
Trabajo en taller de prensas	0
Operaciones de mecanizado	1
Aserrar madera	2
Evacuar cenizas	2
Abrasión de soldaduras	4
Trasegar coque de tolvas a volcadores o camiones	6
Descargar cemento	10
Demoler edificios	12

#### 5. Suciedad

Considerar la naturaleza del trabajo y la molestia general causada por el hecho de que sea sucio. Este suplemento comprende el “tiempo para lavarse” en los casos en que se paga (es decir, si los trabajadores disponen de tres o cinco minutos para lavarse, etc.) No deben atribuirse puntos y tiempo a la vez.

	<b>Puntos</b>
Trabajo de oficina	0
Operaciones normales de montaje	0
Manejo de multcopistas de oficina	1
Barrido de polvo o basura	2
Desmontaje de motores de combustión interna	4
Trabajo debajo de un vehiculo de motor usado	5
Descarga de sacos de cemento	7

Extracción de carbón	10
Deshollinado de chimeneas	10

## **6. Presencia de agua**

Considerar el efecto acumulativo de trabajo efectuado en ambiente mojado durante un largo periodo de tiempo.

	<b>Puntos</b>
Operaciones normales de fábrica	0
Trabajo al aire libre	1
Trabajo continuo en lugares húmedos	2
Apomazado de paredes con agua	4
Manipulación continua de productos mojados	5
Lavandería-tintorería: trabajos con agua y vapor	10

## TABLA DE CONVERSION DE LOS PUNTOS

**TABLA IV.** Porcentaje de suplemento por fatiga según el total de puntos atribuidos

Puntos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6
10	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7
20	8	8	8	8	9	9	9	9	10	10
30	11	11	11	11	12	12	12	13	13	13
40	14	14	15	15	16	16	17	17	18	18
50	19	19	28	21	21	22	22	23	23	24
60	25	25	26	27	27	28	29	29	30	31
70	32	32	33	34	35	35	36	37	38	39
80	40	41	42	43	43	44	45	46	47	48
90	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58
100	59	60	61	63	64	65	66	67	68	69
110	70	72	73	74	75	77	78	79	80	82
120	83	84	86	87	88	90	91	92	94	95
130	96	98	100	101	102	104	105	107	108	110
140	111	113	114	116	117	118	120	121	123	125

OPERACIÓN	ELEMENTOS	FUERZA MEDIA	POSTURA	CONCENTRACION	RUIDO	TEMPERATURA	GASES	AGUA	TOTAL (PUNTOS)	% SUPLEMENTO
TROQUELAR ARO	APLASTAR RETAL	15	6	0	4	8	0	0	33	16
	DEPOSITAR AROS	16	6	0	4	8	0	0	34	17
	TROQUELAR	3	2	0	4	8	0	0	17	12
PESTAÑAR ARO	TRAER AROS	16	6	0	4	8	0	0	34	17
	ORGANIZAR AROS	0	4	0	4	8	0	0	16	12
	ARROJAR DISCOS	3	4	0	4	8	0	0	19	12
	PESTAÑAR AROS	3	2	5	4	8	0	0	22	13
	ARROJAR AROS EN CANASTA	0	2	0	4	8	0	0	14	11
TROQ-PUNZ DISCO	TRAER FLEJES	20	6	0	4	8	0	0	38	18
	LLEVAR RETAL	20	6	0	4	8	0	0	38	18
	TROQUELAR DISCO	6	2	5	4	8	0	0	25	14
EMBUTIR DISCO	TRAER CANASTA	25	8	0	4	8	0	0	45	21
	ARREGLAR DISCOS	3	4	0	4	8	0	0	19	12
	CAMBIAR CANASTA	10	4	0	4	8	0	0	26	14
	EMBUTIR DISCOS	3	2	5	4	8	0	0	22	13
ROSCAR DISCO	TRAER DISCOS	25	6	0	4	8	0	0	43	20
	SECAR DISCOS	10	4	0	4	8	0	0	26	14
	ROSCAR DISCOS	3	2	5	4	8	0	0	22	13
SOLDAR ARO-DISCO	TRAER AROS	16	6	0	4	8	0	0	34	17
	SOLDAR	3	2	3	4	8	0	0	20	13
TROQUELAR TAPA	TROQUELAR TAPA	16	6	0	4	8	0	0	34	17
	ARREGLAR RETAL	15	6	0	4	8	0	0	33	16
SOLDAR TAPA-V	SOLDAR TAPA-VALVULA	3	2	3	4	8	0	0	20	13
	ORGA PORTA-VALVULAS	0	4	3	4	8	0	0	19	12
	LLENAR CANASTA	10	4	0	4	8	0	0	26	14
CIZALLAR LAM TC	TRAER LÁMINA	20	6	0	4	8	0	0	38	18
	CUADRAR CIZALLA	0	4	5	4	8	0	0	21	13
	RECOGER FLEJES	20	8	0	4	8	0	0	40	24
	CIZALLAR	0	4	0	4	8	0	0	16	12
PUNZ-ENCH TC	PUNZONAR RANURAR	0	4	5	4	8	0	0	21	13
CORTE FINAL DE TC	LLEVAR FLEJES A CIZALLA	10	6	0	4	8	0	0	28	15
	CORTE FINAL	3	4	3	4	8	0	0	22	13

OPERACIÓN	ELEMENTOS	FUERZA MEDIA	POSTURA	CONCENTRACION	RUIDO	TEMPERATURA	GASES	AGUA	TOTAL (PUNTOS)	% SUPLEMENTO
ENCHURCAR TC	ENCHURCAR	3	4	3	4	8	0	0	22	13
	ESPERAR	0	4	0	4	8	0	0	16	12
SOLDAR TC	SOLDAR	3	4	5	4	8	0	0	24	14
	ESPERAR	0	2	0	4	8	0	0	14	11
PLISAR	PLISAR	3	4	5	4	8	0	0	24	14
TROQUELAR DISCO TARRO	TROQUELAR DISCO TARRO	16	6	0	4	8	0	0	34	17
	ARREGLAR RETAL	15	6	0	4	8	0	0	33	16
	DEPTAR DISCOS EN CANASTA	25	2	0	4	8	0	0	39	18
	SACAR BALDE CON DISCOS	15	2	0	4	8	0	0	29	15
EMBUTIR TARRO	TRAER DISCOS	25	4	0	4	8	0	0	41	19
	EMBUTIR TARRO	3	4	3	4	8	0	0	22	13
SOLDAR TARRO T	SOLDAR TARRO TUERCA	3	2	3	4	8	0	0	20	13
	JALAR TARROS	15	2	0	4	8	0	0	29	15
CERRAR	CERRAR FILTROS	0	0	2	4	8	0	0	14	11
PRE-LIMPIEZA	PRE-LIMPIAR FILTROS	8	4	0	4	8	0	3	27	14
	ESPERAR FILTROS CERRADOS	0	4	0	4	8	0	0	16	12
PINTAR	LIMPIAR BALINERAS	0	4	0	4	12	5	0	25	14
	LIMPIAR Y CAMBIAR BALINERAS	0	4	0	4	12	5	0	25	14
	LLENAR PINTURA	30	8	0	4	8	5	0	55	27
	PINTAR FILTROS	0	4	3	4	12	5	0	28	15
PROBAR	TRAER BANDEJA	57	4	0	4	8	0	0	73	39
	PROBAR FILTROS SIN PINTAR	0	4	5	4	8	0	5	26	14
	PROBAR FILTROS	0	4	5	4	8	0	5	26	14
LIMPIEZA	ESPERAR FILTROS PROBADOS	0	4	0	4	8	0	0	16	12
	LIMPIAR FILTROS	10	4	3	4	8	0	5	34	17
MARCAR	APLICAR PINTURA	0	4	0	4	8	0	0	16	12
	RASPAR TABLA	0	4	0	4	8	0	0	16	12
	LIMPIAR	0	4	0	4	8	0	0	16	12
	MARCAR FILTROS	0	4	5	4	8	0	0	21	13

OPERACIÓN	ELEMENTOS	FUERZA MEDIA	POSTURA	CONCENTRACION	RUIDO	TEMPERATURA	GASES	AGUA	TOTAL (PUNTOS)	% SUPLEMENTO
APLIC. NUMAROL	APLICAR NUMAROL	0	4	3	4	8	0	0	19	12
EMBOLSAR	EMBOLSAR FILTROS	0	0	5	4	8	0	0	17	12
EMBALAJE	ALISTAR CAJA	3	4	3	4	8	0	0	22	13
	ENCAJAR FILTROS	0	4	3	4	8	0	0	19	12
	CERRAR, MARCAR, PESAR CAJA	10	4	3	4	8	0	0	29	15

## **ANEXO C**

## RESULTADOS DEL EXPERIMENTO DE MEDICIÓN DEL TRABAJO

- OPERACIÓN: TROQUELAR**

PARTE: ARO

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TIEMPO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,143 <sup>a</sup>	2	7,127E-02	9,482	,014
Intercept	145,250	1	145,250	19324,878	,000
DIAM	,143	2	7,127E-02	9,482	,014
Error	4,510E-02	6	7,516E-03		
Total	145,437	9			
Corrected Total	,188	8			

a. R Squared = ,760 (Adjusted R Squared = ,680)

- OPERACIÓN: PESTAÑAR**

PARTE: ARO

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TIEMPO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	9,241E-02 <sup>a</sup>	2	4,621E-02	10,859	,010
Intercept	247,465	1	247,465	58158,903	,000
DIAM	9,241E-02	2	4,621E-02	10,859	,010
Error	2,553E-02	6	4,255E-03		
Total	247,583	9			
Corrected Total	,118	8			

a. R Squared = ,784 (Adjusted R Squared = ,711)

**TIEMPO**

	DIAM	N	Subset	
			1	2
Tukey HSD <sup>a,b</sup>	97,40	3	5,1405	
	108,30	3	5,2091	
	88,50	3		5,3814
	Sig.		,451	1,000
Duncan <sup>a,b</sup>	97,40	3	5,1405	
	108,30	3	5,2091	
	88,50	3		5,3814
	Sig.		,245	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 4,255E-03.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

b. Alpha = ,05.

- OPERACIÓN: TROQUELAR-PUNZONAR**

PARTE: DISCO ROSCADO

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: TIEMPO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4,500E-02 <sup>a</sup>	2	2,250E-02	,789	,496
Intercept	194,512	1	194,512	6822,800	,000
DIADISC	4,500E-02	2	2,250E-02	,789	,496
Error	,171	6	2,851E-02		
Total	194,728	9			
Corrected Total	,216	8			

a. R Squared = ,208 (Adjusted R Squared = -,056)

- **OPERACIÓN: EMBUTIR**  
PARTE: DISCO ROSCADO

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: TIEMPO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4,688E-03 <sup>a</sup>	2	2,344E-03	1,651	,268
Intercept	356,871	1	356,871	251350,6	,000
DIAM	4,688E-03	2	2,344E-03	1,651	,268
Error	8,519E-03	6	1,420E-03		
Total	356,884	9			
Corrected Total	1,321E-02	8			

a. R Squared = ,355 (Adjusted R Squared = ,140)

- **OPERACIÓN: ROSCAR**  
PARTE: DISCO ROSCADO

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: TIEMPO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	67,896 <sup>a</sup>	5	13,579	17,427	,000
Intercept	5552,197	1	5552,197	7125,232	,000
ROSCA	,184	2	9,218E-02	,118	,889
MAQ	65,685	1	65,685	84,295	,000
ROSCA * MAQ	2,027	2	1,013	1,300	,308
Error	9,351	12	,779		
Total	5629,445	18			
Corrected Total	77,247	17			

a. R Squared = ,879 (Adjusted R Squared = ,829)

- OPERACIÓN: CORTAR**  
PARTE: TUBO CENTRAL

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: TIEMPO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2,296E-02 <sup>a</sup>	2	1,148E-02	5,380	,046
Intercept	30,067	1	30,067	14093,880	,000
ALTURA	2,296E-02	2	1,148E-02	5,380	,046
Error	1,280E-02	6	2,133E-03		
Total	30,103	9			
Corrected Total	3,576E-02	8			

a. R Squared = ,642 (Adjusted R Squared = ,523)

**TIEMPO**

	ALTURA	N	Subset	
			1	2
Tukey HSD <sup>a,b</sup>	35,00	3	1,7633	
	65,00	3	1,8333	1,8333
	109,00	3		1,8867
	Sig.		,231	,392
Duncan <sup>a,b</sup>	35,00	3	1,7633	
	65,00	3	1,8333	1,8333
	109,00	3		1,8867
	Sig.		,113	,207

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 2,133E-03.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

b. Alpha = ,05.

- OPERACIÓN: PUNZONAR-RANURAR**  
PARTE: TUBO CENTRAL

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: TIEMPO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,199 <sup>a</sup>	2	9,943E-02	91,316	,000
Intercept	94,868	1	94,868	87123,306	,000
ALTURA	,199	2	9,943E-02	91,316	,000
Error	6,533E-03	6	1,089E-03		
Total	95,073	9			
Corrected Total	,205	8			

a. R Squared = ,968 (Adjusted R Squared = ,958)

**TIEMPO**

ALTURA	N	Subset		
		1	2	3
Tukey HSD <sup>a,b</sup> 35,00	3	3,0400		
64,00	3		3,3167	
99,00	3		3,3833	
Sig.		1,000	,105	
Duncan <sup>a,b</sup> 35,00	3	3,0400		
64,00	3		3,3167	
99,00	3			3,3833
Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1,089E-03.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

b. Alpha = ,05.

- **OPERACIÓN: CORTE FINAL**  
PARTE: TUBO CENTRAL

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: TIEMPO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4,110E-02 <sup>a</sup>	2	2,055E-02	1,052	,416
Intercept	122,300	1	122,300	6262,147	,000
ANCHOTC	4,110E-02	2	2,055E-02	1,052	,416
Error	9,765E-02	5	1,953E-02		
Total	127,340	8			
Corrected Total	,139	7			

a. R Squared = ,296 (Adjusted R Squared = ,015)

- **OPERACIÓN: ENCHURCAR**  
PARTE: TUBO CENTRAL

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: TIEMPO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,234 <sup>a</sup>	2	,117	47,661	,000
Intercept	267,322	1	267,322	108864,4	,000
AREA	,234	2	,117	47,661	,000
Error	1,473E-02	6	2,456E-03		
Total	267,571	9			
Corrected Total	,249	8			

a. R Squared = ,941 (Adjusted R Squared = ,921)

**TIEMPO**

AREA	N	Subset		
		1	2	3
Tukey HSD <sup>a,b</sup>	4375	3	5,2800	
	8125	3	5,4033	
	13375	3		5,6667
	Sig.		,051	1,000
Duncan <sup>a,b</sup>	4375	3	5,2800	
	8125	3		5,4033
	13375	3		5,6667
	Sig.		1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 2,456E-03.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

b. Alpha = ,05.

- **OPERACIÓN: SOLDAR**  
PARTE: TUBO CENTRAL

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: TIEMPO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,103 <sup>a</sup>	2	5,134E-02	7,370	,024
Intercept	268,414	1	268,414	38528,270	,000
ALTURA	,103	2	5,134E-02	7,370	,024
Error	4,180E-02	6	6,967E-03		
Total	268,558	9			
Corrected Total	,144	8			

a. R Squared = ,711 (Adjusted R Squared = ,614)

**TIEMPO**

	ALTURA	N	Subset	
			1	2
Tukey HSD <sup>a,b</sup>	35	3	5,3533	
	64	3	5,4233	5,4233
	99	3		5,6067
	Sig.		,588	,080
Duncan <sup>a,b</sup>	35	3	5,3533	
	64	3	5,4233	
	99	3		5,6067
	Sig.		,344	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 6,967E-03.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

b. Alpha = ,05.

- **OPERACIÓN: TROQUELAR**  
PARTE: TAPA ELEMENTO

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: TIEMPO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,353 <sup>a</sup>	2	,177	75,955	,000
Intercept	55,177	1	55,177	23711,588	,000
DIAM	,353	2	,177	75,955	,000
Error	1,396E-02	6	2,327E-03		
Total	55,544	9			
Corrected Total	,367	8			

a. R Squared = ,962 (Adjusted R Squared = ,949)

**TIEMPO**

	DIAM	N	Subset		
			1	2	3
Tukey HSD <sup>a,b</sup>	63,60	3	2,2064	2,5445	2,6771
	73,80	3			
	84,50	3			
	Sig.		1,000	1,000	1,000
Duncan <sup>a,b</sup>	63,60	3	2,2064	2,5445	2,6771
	73,80	3			
	84,50	3			
	Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 2,327E-03.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

b. Alpha = ,05.

- **OPERACIÓN: PLISAR**  
PARTE: PAPEL FILTRANTE

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: TIEMPO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	52,687 <sup>a</sup>	2	26,344	225,331	,000
Intercept	6745,884	1	6745,884	57700,969	,000
PLIEGUES	52,687	2	26,344	225,331	,000
Error	,701	6	,117		
Total	6799,273	9			
Corrected Total	53,389	8			

a. R Squared = ,987 (Adjusted R Squared = ,982)

**TIEMPO**

PLIEGUES	N	Subset		
		1	2	3
Tukey HSD <sup>a,b</sup> 47,00	3	25,1200		
50,00	3		26,2800	
60,00	3			30,7333
Sig.		1,000	1,000	1,000
Duncan <sup>a,b</sup> 47,00	3	25,1200		
50,00	3		26,2800	
60,00	3			30,7333
Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = ,117.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

b. Alpha = ,05.

- **OPERACIÓN: TROQUELAR**  
PARTE: DISCO TARRO

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: TIEMPO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1,104 <sup>a</sup>	2	,552	13,712	,006
Intercept	78,914	1	78,914	1959,775	,000
DIAMETRO	1,104	2	,552	13,712	,006
Error	,242	6	4,027E-02		
Total	80,260	9			
Corrected Total	1,346	8			

a. R Squared = ,820 (Adjusted R Squared = ,761)

**TIEMPO**

	DIAMETRO	N	Subset	
			1	2
Tukey HSD <sup>a,b</sup>	164,00	3	2,6667	
	190,00	3	2,7633	
	225,00	3		3,4533
	Sig.		,830	1,000
Duncan <sup>a,b</sup>	164,00	3	2,6667	
	190,00	3	2,7633	
	225,00	3		3,4533
	Sig.		,577	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 4,027E-02.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

b. Alpha = ,05.

- **OPERACIÓN: EMBUTIR**  
PARTE: TARRO  
MÁQUINA: (PH-05, PH-06)

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: TIEMPO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	5,198 <sup>a</sup>	11	,473	,441	,921
Intercept	12572,016	1	12572,016	11726,897	,000
ALTURA	4,067E-02	1	4,067E-02	,038	,847
ANCHO	2,195E-02	2	1,097E-02	,010	,990
MÁQUINA	6,944E-05	1	6,944E-05	,000	,994
ALTURA * ANCHO	,883	2	,441	,412	,667
ALTURA * MÁQUINA	2,300E-02	1	2,300E-02	,021	,885
ANCHO * MÁQUINA	,178	2	8,914E-02	,083	,920
ALTURA * ANCHO * MÁQUINA	4,051	2	2,026	1,889	,173
Error	25,730	24	1,072		
Total	12602,943	36			
Corrected Total	30,928	35			

a. R Squared = ,168 (Adjusted R Squared = -,213)

- **OPERACIÓN: EMBUTIR**  
 PARTE: TARRO  
 MÁQUINA: PRENSA HIDRÁULICA (PH-01, PH-02)

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: TIEMPO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6877,681 <sup>a</sup>	5	1375,536	1316,275	,000
Intercept	32926,057	1	32926,057	31507,518	,000
ALTURA	163,336	2	81,668	78,149	,000
MÁQUINA	6696,716	1	6696,716	6408,205	,000
ALTURA * MÁQUINA	17,629	2	8,815	8,435	,005
Error	12,540	12	1,045		
Total	39816,278	18			
Corrected Total	6890,221	17			

a. R Squared = ,998 (Adjusted R Squared = ,997)

**TIEMPO**

	ALTURA	N	Subset		
			1	2	3
Tukey HSD <sup>a,b</sup>	129,00	6	39,2883		
	148,00	6		42,3833	
	153,00	6			46,6367
	Sig.		1,000	1,000	1,000
Duncan <sup>a,b</sup>	129,00	6	39,2883		
	148,00	6		42,3833	
	153,00	6			46,6367
	Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1,045.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,000.

b. Alpha = ,05.

- **OPERACIÓN: SOLDAR**  
SUB-ENSAMBLE: ARO-DISCO

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: TIEMPO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3,235 <sup>a</sup>	2	1,618	797,298	,000
Intercept	323,065	1	323,065	159245,4	,000
DIAM	3,235	2	1,618	797,298	,000
Error	1,217E-02	6	2,029E-03		
Total	326,313	9			
Corrected Total	3,247	8			

a. R Squared = ,996 (Adjusted R Squared = ,995)

**TIEMPO**

	DIAM	N	Subset		
			1	2	3
Tukey HSD <sup>a,b</sup>	108,30	3	5,5082		
	97,40	3		5,6296	
	88,50	3			6,8363
	Sig.		1,000	1,000	1,000
Duncan <sup>a,b</sup>	108,30	3	5,5082		
	97,40	3		5,6296	
	88,50	3			6,8363
	Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 2,029E-03.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

b. Alpha = ,05.

- **OPERACIÓN: SOLDAR**  
SUB-ENSAMBLE: TAPA-VALVULA

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: TIEMPO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2,563E-02 <sup>a</sup>	2	1,281E-02	2,158	,197
Intercept	1588,969	1	1588,969	267543,6	,000
DIAM	2,563E-02	2	1,281E-02	2,158	,197
Error	3,563E-02	6	5,939E-03		
Total	1589,030	9			
Corrected Total	6,126E-02	8			

a. R Squared = ,418 (Adjusted R Squared = ,224)

- **OPERACIÓN: SOLDAR**  
SUB-ENSAMBLE: TARRO-TUERCA

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: TIEMPO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	7,949 <sup>a</sup>	8	,994	120,957	,000
Intercept	967,805	1	967,805	117812,1	,000
ALTURA	7,928	2	3,964	482,530	,000
ANCHO	5,430E-03	2	2,715E-03	,330	,723
ALTURA * ANCHO	1,588E-02	4	3,970E-03	,483	,748
Error	,148	18	8,215E-03		
Total	975,902	27			
Corrected Total	8,097	26			

a. R Squared = ,982 (Adjusted R Squared = ,974)

**TIEMPO**

ALTURA	N	Subset		
		1	2	3
Tukey HSD <sup>a,b</sup> 1	9	5,2733		
2	9		6,1022	
3	9			6,5856
Sig.		1,000	1,000	1,000
Duncan <sup>a,b</sup> 1	9	5,2733		
2	9		6,1022	
3	9			6,5856
Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 8,215E-03.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,000.

b. Alpha = ,05.

- **OPERACIÓN: CERRAR**  
ENSAMBLE: FILTRO

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: TIEMPO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3,719 <sup>a</sup>	8	,465	14,216	,000
Intercept	1183,259	1	1183,259	36185,284	,000
ALTURA	,184	2	9,201E-02	2,814	,086
DIAMETRO	3,259	2	1,629	49,829	,000
ALTURA * DIAMETRO	,276	4	6,904E-02	2,111	,121
Error	,589	18	3,270E-02		
Total	1187,566	27			
Corrected Total	4,308	26			

a. R Squared = ,863 (Adjusted R Squared = ,803)

**TIEMPO**

DIAMETRO	N	Subset		
		1	2	3
Tukey HSD <sup>a,b</sup> 1,00	9	6,2722		
2,00	9		6,4933	
3,00	9			7,0944
Sig.		1,000	1,000	1,000
Duncan <sup>a,b</sup> 1,00	9	6,2722		
2,00	9		6,4933	
3,00	9			7,0944
Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 3,270E-02.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,000.

b. Alpha = ,05.

**• OPERACIÓN: PRELIMPIEZA  
ENSAMBLE: FILTRO**

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: TIEMPO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	15,369 <sup>a</sup>	8	1,921	92,563	,000
Intercept	1494,696	1	1494,696	72014,261	,000
ALTURA	15,323	2	7,662	369,135	,000
DIAMETRO	1,445E-02	2	7,226E-03	,348	,711
ALTURA * DIAMETRO	3,184E-02	4	7,959E-03	,383	,818
Error	,374	18	2,076E-02		
Total	1510,439	27			
Corrected Total	15,743	26			

a. R Squared = ,976 (Adjusted R Squared = ,966)

**TIEMPO**

ALTURA	N	Subset		
		1	2	3
Tukey HSD <sup>a,b</sup> 1,00	9	6,4800		
2,00	9		7,5211	
3,00	9			8,3200
Sig.		1,000	1,000	1,000
Duncan <sup>a,b</sup> 1,00	9	6,4800		
2,00	9		7,5211	
3,00	9			8,3200
Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 2,076E-02.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,000.

b. Alpha = ,05.

- **OPERACIÓN: PINTAR**  
**ENSAMBLE: FILTRO**

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: TIEMPO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,135 <sup>a</sup>	8	1,685E-02	,091	,999
Intercept	2696,601	1	2696,601	14596,970	,000
DIAMETRO	4,501E-02	2	2,250E-02	,122	,886
ALTURA	2,574E-02	2	1,287E-02	,070	,933
DIAMETRO * ALTURA	6,401E-02	4	1,600E-02	,087	,985
Error	3,325	18	,185		
Total	2700,061	27			
Corrected Total	3,460	26			

a. R Squared = ,039 (Adjusted R Squared = -,388)

- **OPERACIÓN: PROBAR**  
ENSAMBLE: FILTRO

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: TIEMPO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	18,226 <sup>a</sup>	8	2,278	39,035	,000
Intercept	2949,304	1	2949,304	50533,822	,000
ALTURA	3,027E-02	2	1,514E-02	,259	,774
DIAMETRO	18,016	2	9,008	154,342	,000
ALTURA * DIAMETRO	,180	4	4,491E-02	,770	,559
Error	1,051	18	5,836E-02		
Total	2968,580	27			
Corrected Total	19,276	26			

a. R Squared = ,946 (Adjusted R Squared = ,921)

**TIEMPO**

DIAMETRO	N	Subset		
		1	2	3
Tukey HSD <sup>a,b</sup> 1,00	9	9,4344		
2,00	9		10,4856	
3,00	9			11,4344
Sig.		1,000	1,000	1,000
Duncan <sup>a,b</sup> 1,00	9	9,4344		
2,00	9		10,4856	
3,00	9			11,4344
Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 5,836E-02.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,000.

b. Alpha = ,05.

- **OPERACIÓN: LIMPIAR**  
ENSAMBLE: FILTRO

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: TIEMPO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	22,177 <sup>a</sup>	8	2,772	122,101	,000
Intercept	964,574	1	964,574	42485,325	,000
ALTURA	17,902	2	8,951	394,264	,000
DIAMETRO	3,854	2	1,927	84,873	,000
ALTURA * DIAMETRO	,421	4	,105	4,633	,010
Error	,409	18	2,270E-02		
Total	987,160	27			
Corrected Total	22,586	26			

a. R Squared = ,982 (Adjusted R Squared = ,974)

**TIEMPO**

	DIAMETRO	N	Subset		
			1	2	3
Tukey HSD <sup>a,b</sup>	1,00	9	5,5333		
	2,00	9		5,9411	
	3,00	9			6,4567
	Sig.		1,000	1,000	1,000
Duncan <sup>a,b</sup>	1,00	9	5,5333		
	2,00	9		5,9411	
	3,00	9			6,4567
	Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 2,270E-02.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,000.

b. Alpha = ,05.

**TIEMPO**

	ALTURA	N	Subset		
			1	2	3
Tukey HSD <sup>a,b</sup>	1,00	9	5,0089		
	2,00	9		5,9211	
	3,00	9			7,0011
	Sig.		1,000	1,000	1,000
Duncan <sup>a,b</sup>	1,00	9	5,0089		
	2,00	9		5,9211	
	3,00	9			7,0011
	Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 2,270E-02.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,000.

b. Alpha = ,05.

- **OPERACIÓN: MARCAR**  
ENSAMBLE: FILTRO

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: TIEMPO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,347 <sup>a</sup>	8	4,333E-02	3,567	,012
Intercept	637,340	1	637,340	52464,001	,000
ALTURA	2,090E-02	2	1,045E-02	,860	,440
DIAMETRO	,269	2	,134	11,057	,001
ALTURA * DIAMETRO	5,713E-02	4	1,428E-02	1,176	,355
Error	,219	18	1,215E-02		
Total	637,906	27			
Corrected Total	,565	26			

a. R Squared = ,613 (Adjusted R Squared = ,441)

**TIEMPO**

	DIAMETRO	N	Subset	
			1	2
Tukey HSD <sup>a,b</sup>	1,00	9	4,7467	
	2,00	9	4,8400	
	3,00	9		4,9889
	Sig.		,199	1,000
Duncan <sup>a,b</sup>	1,00	9	4,7467	
	2,00	9	4,8400	
	3,00	9		4,9889
	Sig.		,089	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1,215E-02.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,000.

b. Alpha = ,05.

- **OPERACIÓN: APLICAR NUMAROL**  
ENSAMBLE: FILTRO

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: TIEMPO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2,560 <sup>a</sup>	8	,320	1,227	,339
Intercept	472,876	1	472,876	1813,448	,000
ALTURA	,814	2	,407	1,561	,237
DIAMETRO	,243	2	,121	,466	,635
ALTURA * DIAMETRO	1,503	4	,376	1,441	,261
Error	4,694	18	,261		
Total	480,129	27			
Corrected Total	7,253	26			

a. R Squared = ,353 (Adjusted R Squared = ,065)

- OPERACIÓN: EMBOLSAR- ENCAJAR**  
**ENSAMBLE: FILTRO**

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: TIEMPO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	54,871 <sup>a</sup>	8	6,859	34,684	,000
Intercept	2962,068	1	2962,068	14978,713	,000
DIAMETRO	53,937	2	26,969	136,376	,000
ALTURA	,406	2	,203	1,027	,378
DIAMETRO * ALTURA	,528	4	,132	,668	,623
Error	3,560	18	,198		
Total	3020,499	27			
Corrected Total	58,431	26			

a. R Squared = ,939 (Adjusted R Squared = ,912)

**TIEMPO**

DIAMETRO	N	Subset		
		1	2	3
Tukey HSD <sup>a,b</sup> 1,00	9	8,8233		
2,00	9		10,3233	
3,00	9			12,2756
Sig.		1,000	1,000	1,000
Duncan <sup>a,b</sup> 1,00	9	8,8233		
2,00	9		10,3233	
3,00	9			12,2756
Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = ,198.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,000.

b. Alpha = ,05.

















- OPERACIÓN: LIMPIAR**  
ENSAMBLE: FILTRO

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,985	,971	,969	,16497

a Predictors: (Constant), ALTURA, DIAMETRO

**Coefficients**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1,287	,334		3,852	,001
	DIAMETRO	2,434E-02	,004	,214	6,092	,000
	ALTURA	2,602E-02	,001	,929	26,43	,000

4

a Dependent Variable: TIEMPO

- OPERACIÓN: MARCAR**  
ENSAMBLE: FILTRO

Dependent variable.. TIEMPO                      Method.. QUADRATI

Multiple R                      ,95059  
R Square                        ,90363  
Adjusted R Square            ,89560  
Standard Error                ,05921

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	2	,78901528	,39450764
Residuals	24	,08414768	,00350615

F =            112,51865                      Signif F =            ,0000

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
DIAMETRO	,001430	,045422	,063991	,031	,9751
DIAMETRO**2	,000118	,000270	,886632	,436	,6666
(Constant)	3,958492	1,897470		2,086	,0478

