

**Análisis y mejoramiento de los procesos productivos para la empresa Penagos Hermanos &  
Compañía S.A.S**

**Maria Camila Parra Muñoz**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial**

**Director**

**Jessica Gissella Maradey Lázaro**

**M.Eng y MSc. en Ingeniera Mecánica**

**Tutor**

**Jesús Rangel Jiménez**

**Administrador de empresas**

**Universidad Industrial de Santander**

**Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas**

**Escuela de Estudios Industriales y Empresariales**

**Bucaramanga, Santander**

**2018**

## Contenido

Introducción .....	15
1. Definición del proyecto .....	17
1.1 Título .....	17
1.2 Modalidad.....	17
1.3 Descripción de la empresa.....	17
1.3.1 Reseña histórica .....	18
1.3.2 Misión .....	19
1.3.3 Visión.....	19
1.3.4 Política de calidad .....	19
1.3.5 Certificaciones, premios y reconocimientos .....	20
1.3.6 Estructura organizacional.....	21
1.3.6.1 Organigrama.....	21
1.3.6.2 Número de cargos y empleados .....	22
1.3.7 Portafolio de productos .....	23
1.4 Planteamiento del problema.....	26
1.5 Objetivos .....	28
1.5.1 Objetivo general.....	28
1.5.2 Objetivos específicos .....	28
1.6 Metodología .....	28

2.	Marco de referencias .....	30
2.1	Marco de antecedentes .....	30
2.2	Marco teórico .....	34
2.2.1	La industria manufacturera y sus productos .....	34
2.2.2	Capacidad de manufactura, producción y proceso .....	35
2.2.2.1	Make to stock .....	36
2.2.2.2	Make to order .....	36
2.2.3	Procesos de manufactura.....	37
2.2.3.1	Operaciones de procesamiento.....	39
2.2.3.2	Operaciones de ensamble .....	39
2.2.3.3	Operaciones de pintura.....	40
2.2.3.4	Operaciones de metalistería .....	41
2.2.4	Máquinas de producción y herramientas .....	42
2.2.4.1	Cortadora Láser HS-G3015A.....	43
2.2.5	Diagrama causa efecto .....	45
2.2.6	Estudio de métodos y tiempos .....	45
2.2.6.1	Diagrama de procesos .....	49
2.2.7	Trabajo estándar o estandarización.....	51
2.2.7.1	Ficha técnica.....	52
2.2.7.2	Instructivo de verificación.....	52

2.2.7.3	Lista de verificación .....	52
2.2.8	Kaizen .....	52
2.2.8.1	Estrategia 5's .....	53
2.2.8.2	Curvas de aprendizaje .....	55
2.2.9	OEE (Overall Equipment Effectiveness) .....	57
3.	Diagnóstico general de los procesos .....	60
3.1	Diagnóstico cualitativo de los procesos .....	60
3.1.1	Diagnóstico general de producción .....	60
3.1.2	Descripción proceso pintura .....	63
3.1.3	Descripción proceso ensamble .....	67
3.1.4	Descripción proceso metalistería .....	76
3.1.5	Diagrama de causa efecto .....	86
3.2	Diagnóstico cuantitativo de los procesos .....	92
3.2.1	Diagrama de proceso .....	92
3.3	Diagnóstico de los procesos .....	96
4.	Análisis de eficiencia .....	97
4.1	OEE .....	97
4.2	Proceso para la recolección de datos .....	99
4.3	Análisis de resultados .....	100
5.	Plan de mejoramiento .....	109

5.1	Plan de acción propuesta área de pintura .....	111
5.2	Plan de acción propuesta área de ensamble .....	114
5.3	Plan de acción propuesta área de metalistería .....	115
5.4	Plan de acción propuesta área de repuestos. ....	117
6.	Conclusiones.....	121
7.	Recomendaciones .....	122
	Referencias bibliográficas.....	123

**Lista de tablas**

Tabla 1. Cumplimiento de objetivos .....	16
Tabla 2. Portafolio productos línea agrícola .....	24
Tabla 3. Portafolio productos línea gas - fittings .....	26
Tabla 4. Metodología .....	28
Tabla 5. Técnicas de la ingeniería de métodos y tiempos .....	46
Tabla 6. Acciones que tienen lugar durante un proceso dado .....	49
Tabla 7. Tiempos de lavado .....	65
Tabla 8. Maquinaria en el área de metalistería .....	77
Tabla 9. Reporte de novedades .....	89
Tabla 10. Porcentaje de uso de materia prima .....	100
Tabla 11. Tiempos para calculo OEE .....	103
Tabla 12. Calculo OEE .....	105
Tabla 13. Plan de mejoramiento .....	109

### Lista de figuras

Figura 1. Organigrama de la empresa, suministrado por Penagos Hermanos & CÍA SAS .....	22
Figura 2. Clasificación de los procesos de manufactura .....	38
Figura 3. Máquina cortadora láser HS-G3015A. ....	43
Figura 4. Curva de aprendizaje .....	56
Figura 5. Ilustración OEE. ....	59
Figura 6. Preparación inicial del eje, gancho de alambre .....	63
Figura 7. Canasta de lavado .....	64
Figura 8. Acomodación de los ejes en la canasta de lavado .....	64
Figura 9. Ubicación de los ejes en la cabina de pintura.....	66
Figura 10. Ubicación de los ejes en el carro para hornear y para secar .....	66
Figura 11. Ubicación de los martillos en el rotor.....	69
Figura 12. Ubicación de las cuchillas en el rotor.....	69
Figura 13. Roscado de la chumacera con el volvedor .....	70
Figura 14. Prensa hidráulica Penagos Hermanos & Cía SAS.....	71
Figura 15. Eje rodamientos en prensa hidráulica.....	71
Figura 16. Aplicación de la grasa .....	72
Figura 17. Eje rodamientos chumacera en la prensa hidráulica.....	72
Figura 18. Eje en rotor .....	73
Figura 19. Preparación del cuerpo .....	74
Figura 20. Tapa cerrada completamente .....	74
Figura 21. Ubicación del deflector de salida, repaso de roscas .....	75
Figura 22. Ensamble cuerpo, rotor, eje-chumacera .....	75

Figura 23. Accesorio tapa .....	76
Figura 24. Molde para cortadora laser .....	78
Figura 25. Pulir con lima .....	78
Figura 26. Troqueladora.....	79
Figura 27. Ajuste oscilaciones troqueladora.....	79
Figura 28. Ajuste troquel con pisadoras .....	80
Figura 29. Verificación altura del diente con calibrador .....	80
Figura 30. Corte del diente con rebabas.....	81
Figura 31. Corte del diente limpio y libre de rebabas.....	81
Figura 32. Escuadra del troquel .....	82
Figura 33. Largo del troquel según medidas para camisas horizontales.....	82
Figura 34. Largo del troquel según molde para camisas verticales .....	83
Figura 35. Soldadura de punto, unión de las camisas .....	83
Figura 36. Vista interna y externa de una buena soldadura .....	84
Figura 37. Guía para las camisas .....	84
Figura 38. Marcas para el refuerzo de las camisas .....	85
Figura 39. Forma de aplanar para el refuerzo .....	85
Figura 40. Refuerzo con la guía.....	85
Figura 41. Refuerzo en la camisa ya terminado.....	86
Figura 42. Diagrama causa efecto 1.....	91
Figura 43. Diagrama causa efecto 2.....	91
Figura 44. Conversiones diagrama de proceso .....	92
Figura 45. Diagrama de proceso, pintura ejes.....	93

Figura 46. Diagrama de proceso, ensamble TP8 .....	94
Figura 47. Diagrama de proceso, metalistería, fabricación camisa DV 306.....	95
Figura 48. Formato de recolección de datos para OEE .....	99
Figura 49. Eficiencia cortadora laser .....	102
Figura 50. Formato ficha técnica de repuestos .....	118

**Lista de apéndices**

**(Ver apéndices adjuntos en el CD y pueden visualizarlos en la Base de Datos de la  
Biblioteca UIS)**

Apéndice A. Reporte de novedades

Apéndice B. Índice y ejemplo de fichas técnicas

Apéndice C. Lista de verificación de piezas herramientas

Apéndice D. Proceso de verificación de las camisas

Apéndice E. Formatos recolección de datos llenos

## Resumen

Título: Análisis y mejoramiento de los procesos productivos para la empresa Penagos Hermanos & Compañía S.A.S\*

Autor: Parra Muñoz, Maria Camila\*\*

Palabras claves: Mejoramiento de procesos, trabajo estándar, productividad, metalistería, pintura, ensamble, OEE.

### Contenido

El desarrollo del proyecto se enfoca en buscar herramientas que generen un plan de mejora continua para las secciones de pintura, ensamble y metalistería en la empresa Penagos Hermanos & Compañía S.A.S, así como realizar el primer análisis de eficiencia para la máquina cortadora láser por medio del OEE (Overall Equipment Effectiveness).

En la etapa inicial del proyecto se identificaron los puntos críticos y las oportunidades de mejora de cada uno de las secciones mencionados, se realizó un diagnóstico general del proceso productivo y un diagnóstico para cada sección, utilizando herramientas cualitativas y cuantitativas como el diagrama de causa efecto, las 6M y el diagrama de proceso para cada uno de estos. Estas herramientas sirvieron para conocer las condiciones iniciales y dar un punto de partida para poder generar las propuestas de mejora. Al mismo tiempo se realizó el estudio de eficiencia general de los equipos OEE, para la cortadora láser y se realizaron las fichas técnicas de los repuestos.

Posteriormente se realizaron las propuestas de mejora para la estandarización de procesos, basadas en la realización de formatos, listas de verificación y fichas técnicas que se pusieron en marcha en cada una de las áreas. Por último, se realizó el informe y análisis del estudio OEE y se presentaron las demás propuestas de mejora al área de producción.

---

\*Trabajo de grado

\*\*Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.  
Directora: Jessica Gissella Maradey Lázaro, M.Eng y MSc. en Ingeniera Mecánica

### Abstract

Title: Análisis y mejoramiento de los procesos productivos para la empresa Penagos Hermanos & Compañía S.A.S\*

Author: Parra Muñoz, Maria Camila\*\*

Keywords: Productive improvement, standar work, productivity, metalworking, painting, assemble, OEE.

#### Content

The development of the project focuses on finding tools that generate a plan for continuous improvement for the painting, assembly and metalworking sections at Penagos Hermanos & SAS, as well as performing the first efficiency analysis for the laser cutting machine. using the OEE (Overall Equipment Effectiveness).

In the initial stage of the project, the critical points and opportunities for improvement of each of the aforementioned sections were identified, a general diagnosis of the productive process and a diagnosis for each section was made, using qualitative and quantitative tools such as the cause-effect diagram, the 6M and the process diagram for each of these. These tools served to know the initial conditions and give a starting point to generate the improvement proposals. At the same time, the general efficiency study of the OEE equipment was carried out for the laser cutter and the technical specifications of the spare parts were made.

Subsequently, the improvement proposals for the standardization of processes were made, based on the realization of formats, checklists and technical sheets that were launched in each of the areas. Finally, the report and analysis of the OEE study was carried out and the other improvement proposals were presented to the production area.

---

\*Bachelor Thesis

\*\*Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.  
Directora: Jessica Gissella Maradey Lázaro, M.Eng y MSc. en Ingeniera Mecánica

## **Introducción**

A través de la historia las empresas se han enfocado en buscar herramientas que las permitan ser competitivas y mantenerse vigentes en el mercado, lo que demanda grandes esfuerzos en producción, investigación y desarrollo; La empresa PENAGOS HERMANOS & COMPAÑÍA S.A.S no es ajena a esto y siempre ha mantenido la filosofía de adquirir tecnología e infraestructura para así lograr satisfacer la demanda ofreciendo los productos con la más alta calidad a precios competitivos y mantenerse como líder en el mercado, al mismo tiempo que ofrecen competitividad basada en la productividad empresarial, siendo esta la capacidad de generar valor.

Es gracias a esta situación que PENAGOS HERMANOS & COMPAÑÍA S.A.S está interesado en desarrollar un plan de mejora en sus procesos productivos para con esto lograr cumplir con las expectativas de los clientes en un tiempo de respuesta competente, por medio de la implementación de diferentes técnicas de estandarización de procesos y mejora continua para así alcanzar la excelencia operacional.

El presente proyecto busca mediante un diagnóstico basado en herramientas cualitativas y cuantitativas conocer la situación actual de algunos de los procesos más importantes en la línea de producción en la empresa PENAGOS HERMANOS & COMPAÑÍA S.A.S y a partir de este diagnóstico proponer estrategias, técnicas y métodos que faciliten la planeación, ejecución y mejora continua a través de toda la línea de producción para lograr implementar una estandarización en los procesos.

Esta estandarización se logra por medio de la implementación de diferentes herramientas tales como manuales de procedimientos, operaciones, aplicación de fichas técnicas de los repuestos, entre otras. Que se obtienen por diagnósticos, estudios de métodos y tiempos, análisis de OEE(Overall Equipment Effectiveness), recolección de información y evidencias fotográficas.

**Tabla 1.** Cumplimiento de objetivos

<b>Objetivo</b>	<b>Numeral que da cumplimiento</b>
Realizar el diagnóstico de las operaciones del proceso productivo; que permita conocer la situación actual de la empresa.	3. Diagnostico general de los procesos 3.1. Diagnostico cualitativo de los procesos
Determinar cuáles son los puntos críticos de las operaciones para establecer un análisis de causas y plantear las acciones de mejora que se adecuen a cada una.	3.3. Procesos críticos identificados y oportunidades de mejora
Diseñar e implementar las propuestas de mejora en las operaciones críticas encontradas a partir de los resultados obtenidos con el cumplimiento de los dos primeros objetivos.	6. Diseño y descripción de las propuestas de mejora
Analizar la eficiencia general de los equipos OEE en la máquina cortadora láser del proceso de metalistería.	4. Análisis de eficiencia
Generar la ficha técnica de los repuestos fabricados por la empresa.	5. Generación de fichas técnicas

## **1. Definición del proyecto**

### **1.1 Título**

Análisis y mejoramiento de los procesos productivos para la empresa Penagos Hermanos & Compañía SAS

### **1.2 Modalidad**

Práctica empresarial

### **1.3 Descripción de la empresa**

Penagos Hermanos & Compañía S.A. nace en 1892 en la ciudad de Bucaramanga, con la conformación de una Sociedad para el estudio, la promoción y ejecución de Proyectos Industriales. Hacia los años cuarenta se hacen las primeras exportaciones de maquinaria agrícola hacia América Latina, estableciendo de esta manera el inicio de la que hoy es reconocida como una de las más extensas y eficientes líneas de comercialización y distribución de productos industriales a nivel internacional.

Desde entonces PENAGOS HERMANOS se ha caracterizado por proveer soluciones integrales para el sector industrial y en especial para la agroindustria, iniciando con la fabricación de trapiches, motores hidráulicos Pelton, tornos, taladros entre otros. Los años ochenta marcaron una época brillante para PENAGOS HERMANOS, pues se incorporan tecnologías de Italia y Brasil para modernizar la línea de maquinaria agrícola, y se incursiona en la fabricación de equipos para el procesamiento del café, revolucionando por completo los sistemas tradicionales de Beneficio Húmedo del Café, recibiendo por ello el reconocimiento de importantes entidades nacionales e internacionales.

### 1.3.1 Reseña histórica. Reseña histórica adaptada del manual de calidad de Penagos Hermanos & Compañía S.A.S

En Mayo de 1892 los hermanos Mariano y Eugenio Penagos llegaron desde España a Colombia y en Santander constituyeron una sociedad colectiva cuyo objeto principal era “El estudio, promoción y ejecución de proyectos industriales”. Desde un pequeño taller, los Penagos iniciaron la fabricación de maquinaria especialmente para el sector agrícola, como picapastos, trapiches, motores hidráulicos Pelton entre otros

En los años cuarenta, con la muerte de Eugenio, comienza una nueva generación de los Penagos y se abren las exportaciones de maquinaria Penagos a todos los países de América latina. En Colombia para los campesinos y hacendados la maquinaria Penagos es sinónimo de durabilidad y calidad. En esta época se consolida lo que se conoce como grupo Penagos.

En 1962 los Penagos, viendo la necesidad de penetrar nuevos mercados y producir nuevas líneas, fusionaron su rama metal-mecánica en una sociedad que se llamó Fundiciones y Maquinas S.A

A comienzos de la década de los 70's, gracias a la alta especialización que los Penagos estaban llevado a las empresas, se fundó Penagos Hermanos & CIA LTDA, para dedicarla exclusivamente a la fabricación de la maquinaria agrícola, pilar central de las industrias Penagos. Esta década marco el inicio de la tercera generación de los Penagos. Se adquirieron tecnologías de Italia y Brasil para modernizar la línea de maquinaria agrícola, especialmente en molinos para procesar granos y en las desgranadoras de cereales, pero tal vez lo más satisfactorio en desarrollo tecnológico ha sido la participación de los Penagos en el sector café, revolucionando por completo

los sistemas tradicionales de beneficio húmedo del café, recibiendo por ello el reconocimiento de importantes entidades nacionales e internacionales.

En la década de los 90 y con la vinculación de Mariano al sector del gas, los Penagos empezaron a fabricar los accesorios para gas mientras la compañía Tecun LTDA se dedicaba a la comercialización, especialmente con las gaseras más importantes del país.

Hoy Penagos Hermanos es una empresa reconocida a nivel mundial y las maquinas son utilizadas con éxito en la gran mayoría de los países productores de Centroamérica, grupo andino y también en algunos países lejanos y exóticos de África, Asia y la polinesia; durante su trayectoria la empresa ha sido galardonada con diferentes premios que se mencionan en el numeral 1.3.5.

1.3.2 Misión. Brindar soluciones integrales para Incrementar la Productividad y Competitividad del Empresario del agro

1.3.3 Visión. En el 2020, Penagos Hermanos y Cía. S.A.S. será la primera opción de compra de su mercado potencial, por lo menos en tres sectores agroindustriales.

1.3.4 Política de calidad. A continuación se observa la política de calidad de la empresa Penagos Hermanos & Cía. S.A.S

En Penagos Hermanos & Cía. S.A.S estamos comprometidos en brindar soluciones integrales para aumentar la productividad y competitividad del empresario agroindustrial, mediante el aseguramiento de los recursos necesarios por parte de la Alta Dirección al Sistema Integrado de Gestión, el mejoramiento continuo de nuestros procesos, el desarrollo de un portafolio innovador y de calidad; la prevención de actividades ilícitas, la identificación y gestión de riesgos y peligros y el crecimiento de nuestro talento humano y colaboradores, al garantizar su salud, protección,

integridad física, mental y social; de tal manera que se asegure el cumplimiento de la normatividad legal vigente y se promueva la sostenibilidad ambiental, económica y social.

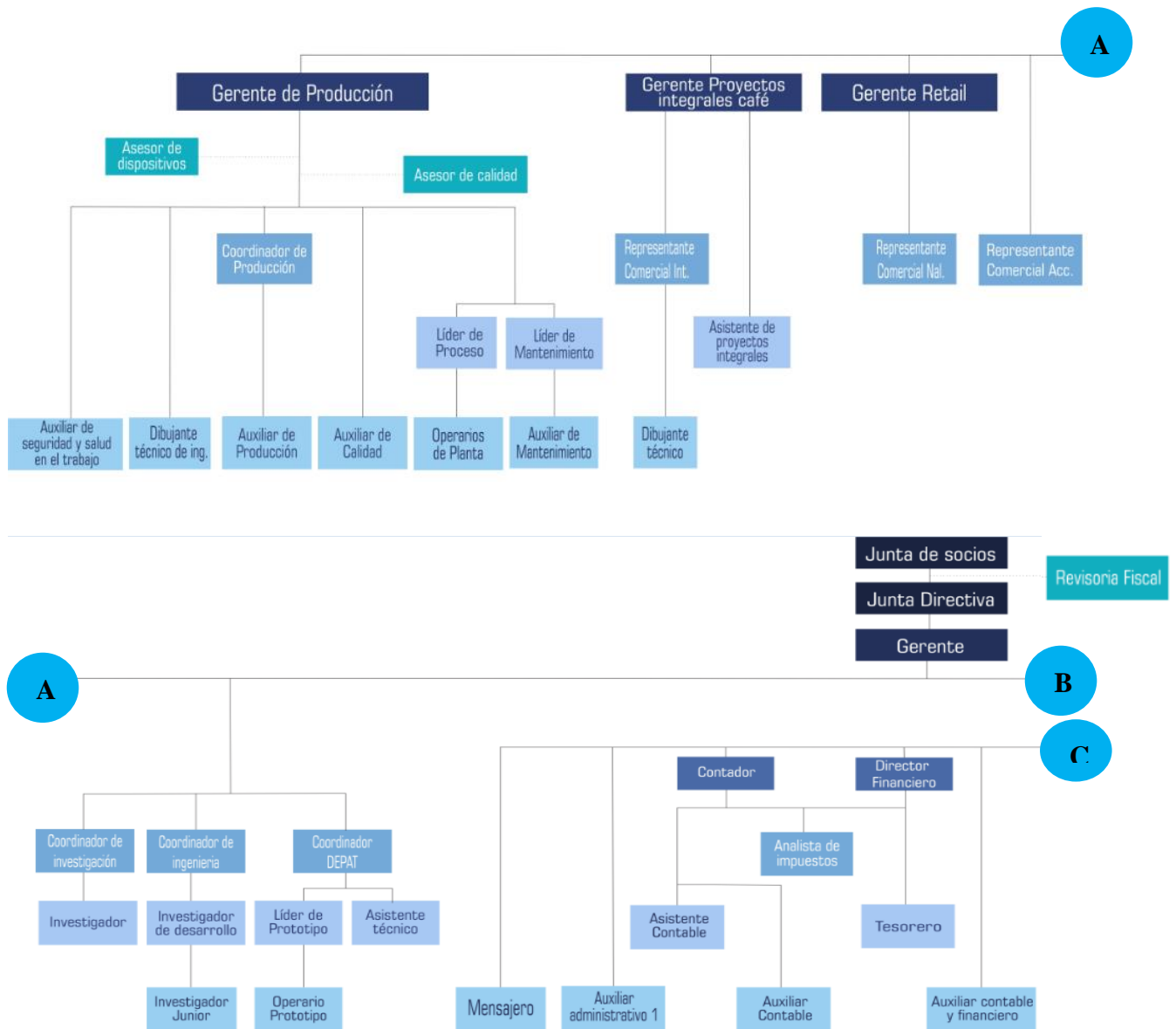
#### 1.3.5 Certificaciones, premios y reconocimientos

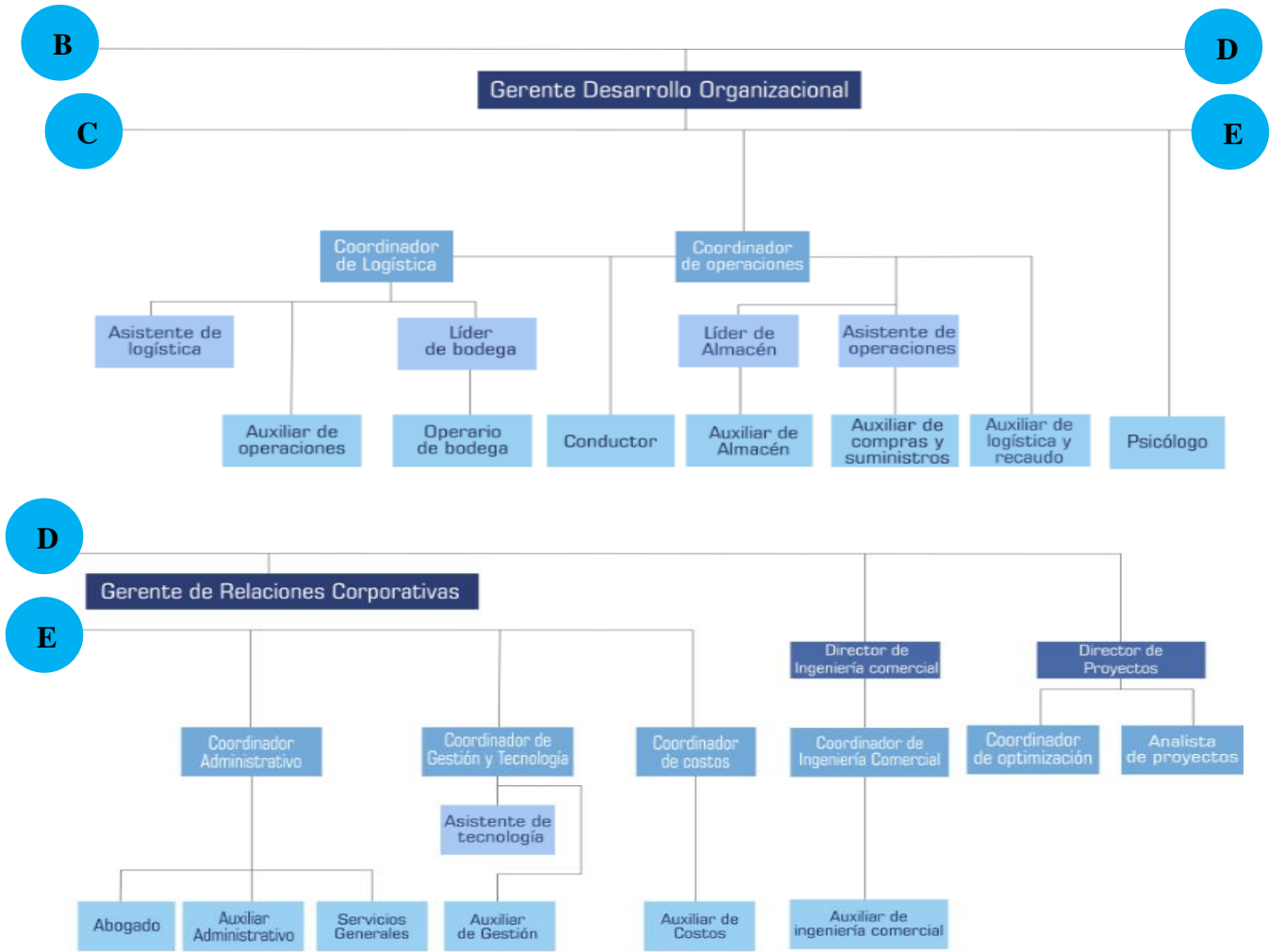
- Certificado ISO 9001
- Certificado BASC (Business Alliance for Secure Commerce)
- Proexport-Analdex: Premio Nacional de Exportaciones, Septiembre 1994
- Bancoldex-Tecnos: Premio Nacional de Innovación Tecnológica Empresarial. Octubre 1995
- Banco de Occidente.- Planeta Azul. Premio Nacional Ecología Planeta Azul. Junio 1997
- Cámara de Comercio de Bucaramanga. Reconocimiento por la Invaluable Contribución al Desarrollo Empresarial, Regional e Institucional de Santander y de Colombia. Septiembre 2005
- Analdex: Premio Nacional de Exportaciones 2010
- Portafolio: Premio al Esfuerzo Exportador 2011
- Cámara de Comercio de Bucaramanga. Programa de Innovación y Desarrollo Tecnológico. Reconocimiento a una vida empresarial innovadora. 2012
- Banco de Bogotá, 2012, Nominado al Premio Regional de Innovación.

- Orden del Mérito Empresarial “José Gutierrez Gómez” en reconocimiento a empresas que se distinguen como forjadoras del servicio productivo del país. Julio 2013
- ProColombia. Premio en la Categoría a la sostenibilidad exportadora. Septiembre 2015
- Colciencias. Reconocimiento EAI. Empresa Altamente Innovadora. 2016

1.3.6 Estructura organizacional

1.3.6.1 Organigrama





**Figura 1.** Organigrama de la empresa, suministrado por Penagos Hermanos & CÍA SAS

1.3.6.2 Número de cargos y empleados

**Tabla 2.** Número de cargos y empleados

Número de empleados	211
Número de empleados directos	165
Número de empleados indirectos	46
Número de empleados en el área de producción	12 administrativos, 141 operarios
Número de cargos	81 Cargos (66 administrativos, 15 planta)

*Nota: Información suministrada por la empresa a Abril de 2017*

## 1.3.7 Portafolio de productos

**Tabla 3.** Portafolio de productos línea café

<b>Clase</b>	<b>Referencia</b>
Unidades de despulpe y clasificación	UDC-1 Plus
	UDC-1 Specialty Coffees
	UDC-4 Café robusta
Despulpadoras clasificadoras de verdes	DVC 183
	DVC 306
Unidades compactas de beneficio ecológico	UCBE 500
	UCBE 1500
	UCBE 2500
	UCBE 5000
	UCBE 10000
	UCBE 7500
Beneficio ecológico de café Ecoline	UCBE 20000
	ECOLINE 400
	ECOLINE 800
Beneficio ecológico de café Belcofer	BELCOFER 300
	BELCOFER 400
	BELCOFER 500
Despulpadoras horizontales	DH N° 2½
	DH N° 3½
	DH-2
	DH-4
	DH-6
Despulpadoras verticales	DV 253
	DV255
	DV181
	DV 256
Secadoras rotativas SG	SG 1

<b>Clase</b>	<b>Referencia</b>
Secadoras rotativas SG	SG 2
	SG 4
	SG 7
	SG 9
	SG 11
Secadoras tipo silo SC	SC-5
	SC-7.5
	SC-10
	SC-15
	SC-20
Secadoras estáticas para granos con pre secado	Secadoras estáticas para granos con pre secado
Equipos para fermentación	ECOMIL
Molinos	Molino de discos MDP 60
Lavadores de café	Desmucilaginador vertical ascendente DELVA DX-4
	Lavador mecánico de café fermentado: Megawasher cónico espiral
	Desmucilaginadores verticales ascendentes DELVAS
Accesorios para café	Despedregador
	Bomba centrífuga para café cereza

**Tabla 2.** Portafolio productos línea agrícola

<b>Clase</b>	<b>Referencia</b>
Picapastos	PP-300R
	PP-7M (2 cuchillas)
	PP-7M (3 cuchillas)
	P-7 Súper
	PP-9MR
	PP-12MR

<b>Clase</b>	<b>Referencia</b>
Picapastos	PP-600R
	PE-800
Picadora para ensilaje	PE-1200
	PE-1200T
	Triturador de desechos vegetales TDV 24
	Triturador de desechos vegetales TDV 24 AR
	Molino de discos MDP 60
Trituradores, picadores y molinos	Triturador picador TP-8R
	Triturador picador TP-24
	Triturador picador TP-32
	Triturador de desechos vegetales TRP-11
Ensiladora manual	EM-4
	DM-2
	DM-10
Desgranadoras de maíz	DM-20
	DM-20 T
	DM-40
	Desgranadora de cereales DC 4000
Cosechadora de forrajes	CF-20
Picadora de hoja de palma	PK-300
	TH-6
Trapiches horizontales	TH-8
	Abonador de granulados/ Aplicador dorsal
	Dosificador de líquidos
Fumigadoras , mata hormigas, abonadoras y dosificadoras	Fumigadora de cañon 18 Lts/ Atomizador dorsal motorizado
	Fumigadora manual 20 Lts / Pulverizador dorsal de simétrico
	Mata hormiga 2 Kg

**Tabla 3.** Portafolio productos línea gas - fittings

<b>Clase</b>	<b>Referencia</b>
Uniones universales	U- $\frac{3}{8}$ "
	U- $\frac{1}{2}$ "
	U- $\frac{3}{4}$ "
	U-1"
	U- $\frac{1}{2}$ " MH
Elevadores modulares	EDM- $\frac{1}{2}$ " MIPS
	EDM- $\frac{1}{2}$ " IPSH
	EDM- $\frac{3}{4}$ " MIPS
	EDM-1 MIPS
	EDM- $\frac{1}{2}$ " CTS X $\frac{3}{8}$ " M
Nichos de protección para acometidas	EDM- $\frac{1}{2}$ " CTS
	Nicho laminado para la cometida de regulación y medición del gas natural
Conectores para medidor	CMP $\frac{1}{2}$ "
	CM $\frac{1}{2}$ "
	G-2,5
Conectores curvos para medidor	G-4,0
	CU $\frac{1}{2}$ "
	CU $\frac{3}{8}$ "

#### 1.4 Planteamiento del problema

PENAGOS HERMANOS & COMPAÑÍA S.A.S es una empresa metalmeccánica que cuenta con más de 100 años de experiencia en el diseño, fabricación y comercialización de nuevas tecnologías para el sector agroindustrial. Es una empresa reconocida a nivel nacional por sus esfuerzos exportadores, ecológicos y de I+D+I (investigación, desarrollo e innovación), gracias a los cuales a la empresa le han concedido premios por parte de ANALDEX,

BANCOLDEX, CAMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ, PROEXPORT COLOMBIA, PROCOLOMBIA y COLCIENCIAS; así mismo está certificada con la ISO 9001:2008 y COLBAG00010-3 de la World BASC Organization, INC.

La empresa se caracteriza por estar a la vanguardia en los métodos productivos y centra sus objetivos en aumentar la productividad de la línea de producción que está conformada por los procesos de pintura, metalistería, soldadura, mecanizado, troquelado, ensamble y almacenamiento. No todos los productos elaborados por PENAGOS HERMANOS & COMPAÑÍA S.A.S pasan por todos los procesos mencionados, tampoco los procesos se hacen siempre de la misma manera, ya que en muchas ocasiones el cliente varia el pedido y se fabrican los productos ajustándose a las exigencias del cliente; es por esto que para cada sección existe un producto en el cual su proceso se torna crítico y es de vital importancia tener un control de productividad y calidad del producto en cada una, para así evitar reproceso, tiempos de alistamiento excesivos, perdida de material, fallas en las piezas e incluso en la maquinaria, tiempos muertos, entre otros; lo cual afecta la satisfacción del cliente y el posicionamiento de la empresa en el mercado agroindustrial a nivel nacional e internacional.

## 1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general. Diseñar e implementar un plan de mejoramiento en los procesos productivos de la empresa PENAGOS HERMANOS & COMPAÑÍA S.A.S con el fin de lograr la estandarización de los procesos críticos.

1.5.2 Objetivos específicos

- Realizar el diagnóstico de las operaciones del proceso productivo; que permita conocer la situación actual de la empresa.
- Determinar cuáles son los puntos críticos de las operaciones para establecer un análisis de causas y plantear las acciones de mejora que se adecuen a cada una.
- Diseñar e implementar las propuestas de mejora en las operaciones críticas, encontradas a partir de los resultados obtenidos con el cumplimiento de los dos primeros objetivos.
- Analizar la eficiencia general de los equipos OEE en la máquina cortadora laser del proceso de metalistería.
- Generar la ficha técnica de los repuestos fabricados por la empresa PENAGOS HERMANOS & COMPAÑÍA S.A.S.

## 1.6 Metodología

**Tabla 4.** Metodología

Objetivo	Metodología
Realizar el diagnóstico de las operaciones del proceso productivo; que permita	Para el cumplimiento de este objetivo se trabaja con dos tipos de diagnóstico, cualitativo y cuantitativo, para el primero se llevan a cabo reuniones con los líderes de cada uno de los procesos y se realiza un análisis 6M generando con este un diagrama causa-

Objetivo	Metodología
conocer la situación actual de la empresa.	efecto. Para el segundo diagnostico se utilizan herramientas claves para el estudio de métodos y tiempos como es el diagrama de flujo de procesos, el cual se realiza siguiendo y observando cada uno de los procesos, lo que nos ayudará con el siguiente objetivo.
Determinar cuáles son los puntos críticos de las operaciones para establecer un análisis de causas y plantear las acciones de mejora que se adecuen a cada una.	A partir de la realización de los diagnósticos en el primer objetivo se determinan los puntos críticos de los procesos estudiados, mediante la revisión de los diagramas hechos y la socialización de estos con los líderes de cada proceso que es la opinión de los expertos, se analizarán las causas y razones por las cuales se consideran críticos cada uno de los puntos hallados analizando las oportunidades de mejora. Luego se exponen con el líder y el gerente de producción para poder validarlos y ajustar las acciones de mejora que se adecuen a dichos procesos.
Diseñar e implementar las propuestas de mejora en las operaciones críticas encontradas a partir de los resultados obtenidos con el cumplimiento de los dos primeros objetivos.	Con base en la consecución de los dos objetivos anteriores se diseñan las diferentes propuestas de mejora para los puntos críticos encontrados, las cuales se socializarán con el gerente de producción y los líderes de cada uno de los procesos involucrados con los que se generará un plan para lograr la implementación de las propuestas contando con ayuda de toda la empresa. Las propuestas que no se logren implementar, debido a su complejidad o costos, se dejarán documentadas de modo que se puedan ejecutar en cualquier momento.
Analizar la eficiencia general de los equipos OEE en la máquina cortadora láser del proceso de metalistería.	Para lograr este objetivo se inicia realizando reuniones con el operario encargado de la máquina cortadora láser, quien da un vistazo general del funcionamiento de la máquina y de los materiales utilizados en ella. Se sigue creando un formato de medición de tiempos y uso de la materia prima con ayuda del gerente de producción y el operario, el cual se encuentra en el numeral 4,2, donde se explica el proceso de recolección de información; a continuación, los operarios llenan el formato

**Objetivo****Metodología**

	<p>durante un tiempo para conocer el estado inicial de la eficiencia. Se genera un informe de dicho resultado.</p> <p>Cumpliendo con el cronograma, de ser posible, se contempla realizar nuevamente el estudio meses más tarde para comprobar cómo se comporta la eficiencia con el pasar del tiempo, se genera un informe final el cual se entrega al tutor del proyecto y se consigna en este libro.</p>
<p>Generar la ficha técnica de los repuestos fabricados por la empresa.</p>	<p>Se inicia con reuniones orientadas por el tutor y el encargado de los repuestos, seguida por el diseño de la ficha técnica a usar, la cual se observa en la figura 50. A continuación, se inicia la recolección de la información necesaria para llenar cada una de las fichas y el registro fotográfico, iniciando por las más urgentes a criterio del líder de repuestos y el gerente de producción. Como producto final se entregarán en formato digital y físico. El formato físico se organiza en una AZ que se encuentra en el área de repuestos y se orienta a los operarios el uso de este material.</p>

**2. Marco de referencias****2.1 Marco de antecedentes**

Camilo Jiménez y José Amaya en su proyecto de grado se centran en dos aspectos, el primero de ellos basado en las tres primeras fases de la filosofía de las 5'S (Seiri, Seiton, Seiso) y el segundo aspecto aborda la maquina despulpadora clasificadora de verdes DCV-306.

Mediante el primer aspecto se hacen unas propuestas de mejoras para el manejo y organización de los dispositivos de fijación y ensamble de la sección de metalistería y soldadura para la empresa PENAGOS HERMANOS & COMPAÑÍA S.A.S, como la implementación de un inventario, una base de datos y un sistema de codificación para la identificación de cada uno de los dispositivos

utilizados en la línea agrícola y café. Así mismo se modificó el layout en las secciones de metalistería y soldadura, eliminando de estas todos los elementos innecesarios para los procesos y actividades llevadas a cabo en esta sección; y se plantea una propuesta de un vehículo elevador de carga, cuyo objetivo principal es el levantamiento mediante pallets de dispositivos cuyo peso sobrepasa los 25 (kg).

Para el segundo aspecto se crea una hoja de ruta para los componentes y/o piezas de la DCV-306, incluyendo la secuencia de los procesos, el departamento y las maquinas donde se lleva a cabo las operaciones y el tiempo de ciclo. Se crea un plan de requerimientos de ensamble para la máquina y plantearon una serie de modificaciones a cuatros dispositivos, logrando hacer de estos elementos más versátiles, de fácil maniobrabilidad y que cumplan con los requerimientos de las operaciones.

A partir de lo realizado en este proyecto de grado se indaga en la empresa sobre la continuidad de las propuestas hechas por los autores, de las cuales, a hoy, sólo se evidencia el uso de la filosofía 5'S en las jornadas mensuales.

Evelin Flórez en su proyecto de grado se enfoca en un plan de mejoramiento continuo en el proceso productivo para la sección de metalistería en la empresa PENAGOS HERMANOS & COMPAÑÍA S.A.S. En la etapa inicial del proyecto se identificaron los indicadores para ser optimizados, problema y oportunidad de mejora y alcance del proyecto. El estudio de medición del trabajo permitió identificar el cuello de botella o centro de trabajo crítico, efectuar el análisis de capacidad instalada y el factor de utilización en la sección de metalistería, permitiendo implementar mejoras que maximizaran la productividad en la sección. A lo largo de su trabajo realizó jornadas kaizen en la sección de metalistería la cual permitió conseguir logros como:

mejoras en los procesos, eliminación de despilfarros, demarcación de zonas de almacenamiento, puestos de trabajo limpios, ordenados, seguros y de acuerdo a las necesidades del proceso. Finalmente la implementación del trabajo estándar permitió establecer un puesto de trabajo con zonas demarcadas, herramientas y dispositivos identificados y marcados necesarios para cada puesto de trabajo, además la implementación y actualización de los planos logro facilitar el entendimiento de los mismos por parte de los operarios y mejorar el proceso para cada uno de los centros de trabajo, por último los documentos de manufactura estándar logran minimizar las variaciones en los procesos, garantizando que las actividades se realicen siempre de la misma manera.

A hoy la empresa le sigue apuntando a la implementación del trabajo estándar en todas las áreas, pero como se evidencia en los antecedentes, solo se ha empezado a implementar en la sección de metalistería, la cual a hoy ha sufrido cambios y modificaciones en sus procesos, máquinas y layout, lo cual dificulta que se dé continuidad a la propuesta realizada por el autor.

José Niño y Esteban Perales en su proyecto de grado titulado: Diseño e implementación de un software gerenciador de herramientas y de planificación de proceso de mecanizado para la empresa PENAFOS HERMANOS & CIA LTDA (Niño J. y Perales E. 2014) hacen énfasis en el gerenciamiento de herramientas de la empresa Penagos Hermanos & Cía. Ltda., Para esto en la primera fase de su proyecto realizaron el diagnostico encontrando necesidades y falencias en el área de mecanizado, con esto hallaron los requerimientos del software, para que se realice tanto un buen gerenciamiento de las herramientas de corte, como manejo de inventario de porta herramientas, herramientas manuales y dispositivos de máquinas. En la segunda fase realizaron un inventario de herramientas de corte, porta herramientas, herramientas manuales y dispositivos de

máquinas, tomando información de catálogo, aplicaciones y periodos de uso de dichos elementos. En la tercera parte realizaron el diseño e implementación de un software gerenciador de herramientas y de planeación de los procesos de mecanizado para la empresa Penagos hermanos. El gerenciador permite generar estadísticas que hacen posible realizar un control adecuado sobre el uso de las herramientas.

Los autores abordan en una sección de su proyecto de grado los problemas actuales en el gerenciamiento de herramientas, donde mencionan 33 problemas hallados de los cuales destaco tres que se siguen encontrando en la actualidad en PENAGOS HERMANOS Y COMPAÑÍA S.A.S, los cuales son:

- No hay una codificación específica para cada herramienta, no se mantiene un control riguroso de la cantidad de herramientas que toman los operarios, no se controla si vuelven todas las herramientas al cuarto cuando se desgastan.
- No se maneja una hoja de ruta para elaborar una determinada pieza estándar, pero sí se sigue un orden que por la experiencia se ha impartido.
- Las herramientas no están organizadas según su frecuencia de uso.

Christian Anganrita en su proyecto de grado titulado: Diseño e implementación de un programa de mejoramiento a los actuales niveles OEE (overall equipment effectiveness) en las líneas de mecanizado y ensamble THC DANA TRANSEJES COLOMBIA (Angarita C. 2005) realiza un diagnostico basado en un estudio de tiempos por cronometro con el cual define la situación actual de producción, capacidad y métodos en las líneas de mecanizado y ensamble, para con esto tener un punto de comparación. Seguido de esto realizó un estudio de eficiencias donde identifica los cuellos de botella de cada una de las líneas diagnosticadas para con esto lograr el desarrollo de las

mejoras para cada línea, donde plantea mejoras en operaciones específicas, logrando con esto reducir algunos tiempos de paradas en las líneas y elevar los niveles de OEE.

## **2.2 Marco teórico**

En este capítulo se presentan conceptos y aspectos teóricos acerca de operaciones de manufactura, eficiencia, OEE, diagrama causa efecto, métodos y tiempos, diagrama de procesos, Kaizen, 5'S, entre otros; que serán las bases científicas en el desarrollo de este proyecto para la consecución del objetivo general.

2.2.1 La industria manufacturera y sus productos. Las industrias como es conocido se clasifican en tres: primarias, son las que explotan los recursos naturales y cultivan la tierra; secundarias, son las que transforman las materias primas en bienes de consumo, materias primas que se consiguen gracias al sector primario; y terciarias, son las que están constituidas por los servicios. En este contexto podemos clasificar las industrias manufactureras en el sector secundario, tal como lo afirma Groover (2007) “La manufactura es una actividad importante, pero no se lleva a cabo sólo por sí misma. Se ejecuta como una actividad comercial de las compañías que venden productos a los clientes.” Así mismo las industrias manufactureras se pueden clasificar según el tipo de producto que estas fabriquen.

De acuerdo a lo anterior la empresa PENAGOS HERMANOS & CIA S.A.S corresponde a una industria secundaria, ya que su actividad principal es brindar soluciones integrales para el sector industrial y en especial para la agroindustria, iniciando con la fabricación de trapiches, motores hidráulicos, tornos, taladros, equipos para el procesamiento de café, entre otros.

2.2.2 Capacidad de manufactura, producción y proceso. Para el presente documento es necesario abordar la capacidad de producción, ya que es una de las bases para el diagnóstico inicial del trabajo en la empresa. Así podemos citar a Groover (2007) quien afirma que “La capacidad de manufactura se refiere a las limitaciones técnicas y físicas de una empresa de manufactura y cada una de sus plantas.”

La cantidad de producción en ocasiones llega a ser una limitante de la capacidad manufacturera, esta se mide en un periodo de tiempo que está definido por la empresa, Groover (2007) define la cantidad de producción como “la tasa máxima de producción que una planta puede alcanzar en condiciones dadas de operación”. Las condiciones que menciona Groover dependen de la empresa, para mencionar algunas, son: cantidad de turnos por día, horas por turno, disponibilidad de mano de obra tanto directa como indirecta, la disponibilidad de materia prima, entre otros. Esta tasa máxima de producción que define Groover se mide en términos de las unidades producidas, de la misma forma, las unidades producidas se pueden dar en toneladas por año, numero de ensambles por mes, metros en un día, etcétera. Lo anterior para empresas con producciones homogéneas; cuando no son homogéneas existen diferentes factores que se adecuan según el caso de cada empresa.

Un concepto a tener en cuenta es el de capacidad del proceso que se mide mediante el uso del índice de capacidad el cual “muestra la eficiencia con la que las piezas producidas entran en el rango que los límites de diseño especifican” (Chase, Jacobs & Aquilano, 2009, p332)

Las empresas manufactureras difieren en la forma que satisfacen su demanda, algunos entregan productos a sus clientes a partir de inventarios de productos ya terminados, ya que su producción

se anticipa a las órdenes de los clientes; otros, sin embargo, fabrican solo en respuesta a las órdenes de los clientes (Amaro, Hendry , & Kingsman, 1999)

En los numerales 2.2.2.1 y 2.2.2.2 podemos observar a fondo dos tipos de producción que la literatura aborda para las necesidades de las empresas

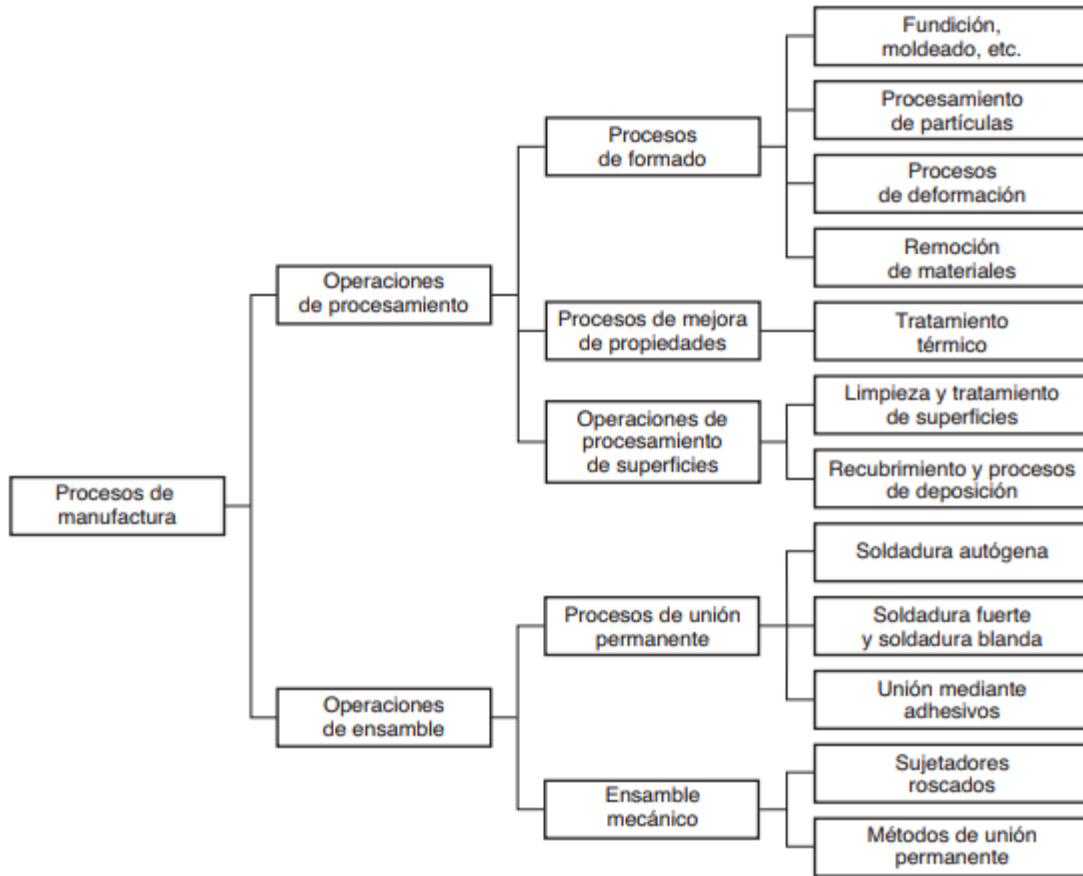
2.2.2.1 Make to stock. Un sistema de producción make to stock, basa su producción en información histórica de la demanda junto con las previsiones de ventas, con esto se cumplen las órdenes de los clientes a partir del inventario; las características deseables en este tipo de sistemas es mantener el inventario de los productos MTS (Make To Stock) en un nivel bajo mientras se mantiene una tasa de alta en el cumplimiento de la demanda del mercado. Esta estrategia de producción es apropiada para la fabricación de grandes volúmenes de productos, donde la demanda es estacional o fácilmente predecible, o ambos casos

2.2.2.2 Make to order. Las operaciones necesarias para fabricar un producto se llevan a cabo después de la recepción del pedido del cliente. En algunos casos incluso los materiales y los componentes que conforman el producto son adquiridos a la recepción de una orden en particular. La capacidad de personalización del producto es mayor que en el tipo Assemble to order (Ensamble bajo pedido) (amaro et al 1999)

Este tipo de producción permite una mayor personalización y se adecua mejor a las necesidades del cliente, se puede dar cuando absolutamente todas las operaciones de fabricación se realizan después de la recepción del pedido o cuando se presenta cierto grado de personalización en ensambles que se producen con piezas estándares o comunes, este último es conocido como ATO (Assemble to order)

2.2.3 Procesos de manufactura. Existen diferentes tipos de procesos de manufactura y diferentes clasificaciones, las cuales se dan según cada autor. Para el desarrollo del presente proyecto cito la clasificación de los procesos según Groover (2007) quien divide los procesos en dos tipos, las operaciones de proceso y las de ensamblado.

Una operación de proceso hace que un material de trabajo pase de un estado de acabado a otro más avanzado que está más cerca del producto final que se desea. Se agrega valor cambiando la geometría, las propiedades o la apariencia del material de inicio. En general, las operaciones del proceso se ejecutan sobre partes discretas del trabajo, pero algunas también son aplicables a artículos ensamblados. Una operación de ensamblado une dos o más componentes a fin de crear una entidad nueva, llamada ensamble, sub ensamble o algún otro término que se refiera al proceso de unión. (Groover, 2007, p10-11)



**Figura 2.** Clasificación de los procesos de manufactura. Adaptado de “Fundamentos de manufactura moderna” Mikell P. Groover, 2007, p11

En la empresa PENAGOS HERMANOS & COMPAÑÍA S.A.S se pueden observar casi todos los procesos presentes en la anterior tabla, con excepción de fundición; ya que esta se subcontrata. Es por esto que se abordan los conceptos de operaciones de procesamiento, en las cuales se encuentran las operaciones de ensamble, ensamble permanente, soldadura y ensamble mecánico; de pintura y metalistería y troquelado; las cuales son las observadas en el desarrollo de este proyecto.

2.2.3.1 Operaciones de procesamiento. Las operaciones de procesamiento son las que transforman en una pieza su apariencia física con el único fin de generar un valor agregado en esta. Las transformaciones se logran utilizando diferentes formas de la energía que incluyen la mecánica, térmica, eléctrica, química y la humana; esta última es la encargada de supervisar, operar y controlar las maquinas que generar las primeras energías. Como Groover (2007) afirma que " por lo general se requiere más de una operación de procesamiento para transformar el material de inicio a su forma final" lo que sugiere que cada pieza debe seguir una secuencia para lograr su forma final, así como tener definido un diseño.

Se distinguen tres categorías de operaciones de procesamiento: 1) operaciones de formado, 2) operaciones de mejoramiento de una propiedad, y 3) operaciones de procesamiento de una superficie. Las operaciones de formado alteran la geometría del material inicial de trabajo por medio de varios métodos. Los procesos comunes de formado incluyen al moldeado, la forja y el maquinado. Las operaciones de mejoramiento de una propiedad agregan valor al material con la mejora de sus propiedades físicas sin cambio de la forma. (Groover, 2007, p13)

2.2.3.2 Operaciones de ensamble. Las operaciones de ensamble son en las que se unen dos o más piezas las cuales forman parte de una nueva pieza, la cual puede ser un producto final o un sub ensamble.

Esta unión puede o no ser permanente, dependiendo del proceso por el cual se une. Groover (2007) afirma que "Los procesos de unión permanente incluyen la soldadura homogénea, soldadura fuerte, soldadura blanda, y unión mediante adhesivos. Forman una unión de componentes que no puede separarse con facilidad.". Los demás métodos de ensamblado, llamados

los mecánicos, los cuales no se consideran permanentes, son los que usan tornillos con tuercas, ajustes a presión, entre otros y se pueden armar y desarmar según convenga

2.2.3.3 Operaciones de pintura. El término “pintado” se utiliza por lo general para identificar un amplio rango de recubrimientos superficiales, que incluyen las pinturas convencionales en base disolvente, barnices, esmaltes, lacas y pintura de látex; pero existe un tipo de pintura en polvo, que es una mezcla homogénea de cargas minerales, pigmentos y resinas en forma sólida, en forma de partículas finas, que se aplica con un equipamiento especial, que puede ser una pistola electrostática para polvo, en el que se mezcla con aire y se carga eléctricamente. Las partículas cargadas eléctricamente se adhieren a la superficie a ser pintada, que está a tierra. Las partículas de pintura en polvo que permanecen adheridas a la pieza por carga estática deben ser inmediatamente calentadas en un horno donde se transforma en un revestimiento continuo. Cuando la pintura se funde los componentes químicos, en este caso las resinas, reaccionan entre sí formando una película, el resultado es un revestimiento uniforme, de alta calidad, adherido a la superficie, atractivo y durable, lo que convierte a la pintura en polvo electrostática en una alternativa diferente para el recubrimiento de piezas, con grandes ventajas en comparación con las alternativas existentes en recubrimientos.

El pre tratamiento de la pieza a recubrir debe ser bueno. Como este tipo de pinturas no contiene disolventes, no hay acción de limpieza cuando se aplica el recubrimiento a la pieza, por lo que el sustrato debe estar muy limpio y libre de grasa y otros contaminantes. (Ormazabal y Larrañaga, 2001, p. 47)

Para aplicar la pintura en polvo electrostática a una superficie se basa en el principio de funcionamiento de un imán, en el cual dos cargas opuestas se atraen. La pintura es aplicada por

equipos especializados a alta velocidad. Estos equipos de aplicación cargan eléctricamente la pintura con voltajes aproximados a los 90.000 V y bajísimo amperaje, eliminando así el peligro a un choque eléctrico.

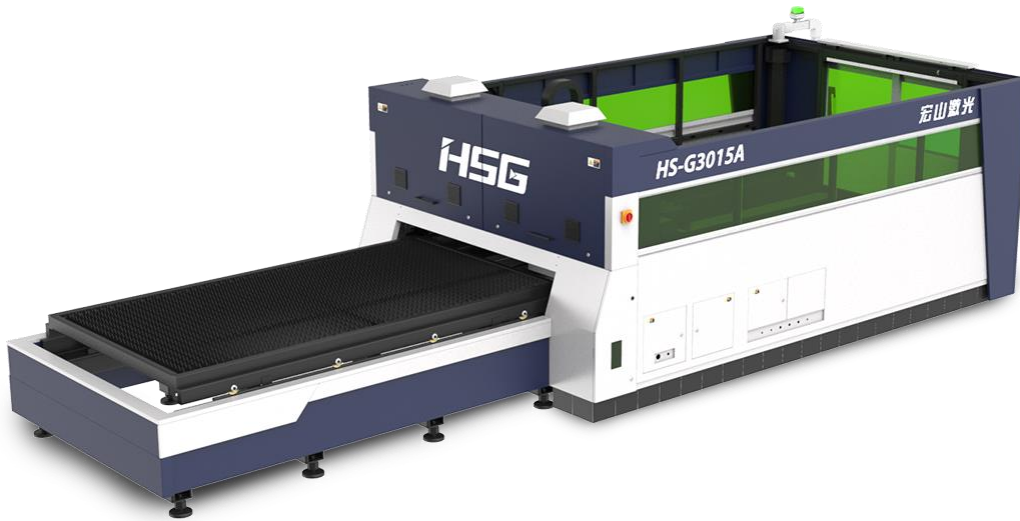
El proceso de curado en la pintura electrostática sobre la pieza aplicada también es conocido como el proceso de polimerización, y básicamente consta de activar la reacción química del sistema de resinas por medio de calor. El esquema de curado hace referencia a las condiciones de horneado de la pieza pintada con pintura en polvo, esto es, temperatura y tiempo.

2.2.3.4 Operaciones de metalistería. La metalistería es un componente de la metalmecánica, es el arte de trabajar los metales para obtener objetos que pueden ser artísticos, decorativos o utilitarios. La metalistería abarca todas las técnicas de conformado y aleaciones, como fundición, moldeo y deformación plástica, así como labrado, troquelado y tratamientos de superficies que se realizan tanto con metales preciosos como el oro y la plata que es el caso de la orfebrería y la joyería como el resto de metales. En la mayoría de los casos la metalistería se trabaja sobre láminas delgadas de metal, los procesos realizados sobre estas láminas, como corte y formado, se realizan a temperatura ambiente a excepción de las láminas muy gruesas.

La metalistería incluye operaciones de troquelado, soldadura y corte, las cuales son claves a la hora de realizar los diferentes procedimientos de fabricación que existen en la industria, como el proceso de fabricación por deformación o moldeo, el proceso de fabricación por separación y corte, entre otros. Otras operaciones que podemos encontrar en la metalistería son cizallado, punzonado o estampado, ranurado, repujado o repuzado, embutido, bordonado, engrapado, perfilado, cilindrado, extrusión, torneado, fresado o taladrado, entre otros.

2.2.4 Máquinas de producción y herramientas. La Revolución industrial fue la época que dio inicio al uso excesivo de las máquinas y herramientas, sobretodo en la industria manufacturera, éstas en la actualidad forma parte esencial de las operaciones de producción y estas se emplean a su vez para elaborar otras herramientas, máquinas y sus componentes. Groover (2007) afirma que “El equipo de producción puede ser de propósito general que es más versátil, adaptable y disponible para cualquier compañía manufacturera. Y el de propósito especial que está diseñado para producir una pieza o un producto en grandes cantidades” Actualmente la producción en masa justifica las grandes inversiones en maquinaria de propósito especial para lograr altas eficiencias en tiempos prudentes y estandarizar procesos con requerimientos únicos. Es por esto que a continuación se presenta la descripción y características principales de la máquina cortadora láser que adquirió la empresa PENAGOS HERMANOS & COMPAÑÍA S.A.S y la cual es foco de estudio para el cumplimiento de uno de los objetivos generales.

### 2.2.4.1 Cortadora Láser HS-G3015A



**Figura 3.** Máquina cortadora láser HS-G3015A. Adaptado de <http://es.hsglaser.com/>

Láser profesional HSG totalmente cerrado con mesas intercambiables para cortar hojas de hasta 3000x1500 mm de tamaño. Diseñado para cortar láminas de acero y acero inoxidable, así como láminas de varios colores. Se puede equipar con la fuente del láser que se extiende a partir de 300 a 4000W. Las máquinas láser HSG de la serie HS-G3015A emplean la combinación de servomotores y el sistema de un bastidor y un piñón. El accionamiento doble y el sistema antes mencionado garantizan una velocidad máxima de 90 m / min, así como una velocidad acelerada permitida de 1,5 G El chasis de la máquina también incluye electrónica de control, así como otros componentes necesarios para la funcionalidad completa del láser, tales como PC con SW necesario para manipulación y operación de la máquina CNC, refrigeración industrial y salida de humos.

## Características:

- Mesas de trabajo superior e inferior intercambiables, el tiempo de intercambio es de sólo 15 segundos. El diseño estético de la apariencia de la máquina mejora la imagen de la empresa.
- Diseño compacto para ahorrar espacio en el piso. El aire acondicionado para la fuente del láser de la fibra conduce a una vida de servicio más larga.
- Belleza en cada detalle: brazo de control, lámpara LED suspendida, bordura de acero inoxidable. Producto fabricado de acuerdo con el estándar de lujo.
- La tecnología de ecocido con eliminación de tensión mediante alta temperatura de 600° garantiza el uso normal durante 20 años sin deformación.
- Colimador automático: para comprobar la rectitud del carril guía, asegurando la precisión de cada conjunto de la máquina.
- Prueba automática de presión de gas, perforación de baja presión, conmutación automática de gas.
- Se adoptan los engranajes, cremalleras y reductores de marca Alpha de Alemania de primera posición en el mundo. Los reductores tienen una garantía de 6 años, los cuales comparten la misma marca con Trumpf de Alemania.
- Clase de alta precisión corte tan pequeño como 1/5 de una moneda, alcanzando  $\pm 0,05$  mm de alta precisión. La velocidad más alta entre todas las fábricas con el mismo nivel, cortando el círculo 400pcs / min.

2.2.5 Diagrama causa efecto. También llamado espina de pescado o diagrama de Ishikawa en honor a quien es considerado el padre de los círculos de calidad, Kauro Ishikawa. Es un diagrama constituido de líneas y rectángulos que representan la relación entre un problema (efecto) y sus causas, las cuales en este caso se estudian a partir de las 6M: mano de obra, materia prima, medición, método, máquina y medio ambiente. Esta una herramienta muy efectiva para analizar un problema y sus causas.

A continuación, se describen los principales pasos a seguir para la construcción de un diagrama causa efecto:

- Realizar una línea horizontal y al lado derecho de esta en un rectángulo o figura de su preferencia, escribir el problema o efecto.
- Identificar los factores o causas principales que originan el problema agrupándolos según las 6M: mano de obra, método, materiales, máquina, medición y medio ambiente.
- Estos factores o causas identificados en el paso anterior se escriben en un rectángulo o figura de su preferencia, ubicado en el extremo de líneas inclinadas trazadas a partir de la línea principal.
- Se detallan las causas con líneas horizontales ubicadas a lo largo de la línea correspondiente a cada una de las 6M.

2.2.6 Estudio de métodos y tiempos. Según Frederick W. Taylor el instrumento básico para racionalizar el trabajo de los colaboradores era el estudio de tiempos y movimientos

Frederick W. comprobó que el trabajo puede efectuarse mejor y más económicamente mediante el análisis de trabajo, es decir, de la división y subdivisión de todos los movimientos necesarios

para la ejecución de cada operación de una tarea. Los movimientos inútiles eran eliminados, mientras que los útiles eran simplificados, racionalizados o fusionados con otros, para proporcionar economía de tiempo y del esfuerzo al colaborador. (Rojas Ruiz, 2015, p 26)

El ahorro de tiempo y el aumento de la producción que se obtenían mediante la eliminación de los movimientos innecesarios y la sustitución de los movimientos lentos e ineficientes por otros rápidos, solamente pueden ser comprendidos después de que se haya visto la mejora que resulta de un estudio completo del movimiento y el tiempo realizado por un operario calificado. Con el análisis de trabajo del estudio de tiempos se busca la mejor manera de ejecutar una tarea y elevar la eficiencia de trabajo del colaborador. (Krick, 1994, p 204)

Al mencionar las técnicas de la ingeniería de métodos y tiempos, se está haciendo referencia a sus herramientas, las cuales suelen ser las mismas en los libros, siendo sus nombres los que cambian según el autor, pero conservando su utilidad y enfoque. Se mencionan las más comunes en la tabla 3.

**Tabla 5.** Técnicas de la ingeniería de métodos y tiempos

<b>Ingeniería de métodos</b>	
<b>Técnica</b>	<b>Definición</b>
Diagrama de procesos	Cursograma que incluye las operaciones, inspecciones, transporte, esperas y almacenamientos (OIT (Oficina internacional del trabajo Ginebra) 2006)
Diagrama de procesos	Cursograma que incluye la secuencia de operaciones e inspecciones de un trabajo o actividad (OIT (Oficina internacional del trabajo Ginebra) 2006)
Diagrama recorrido	Plano a escala que muestra la continuidad y los flujos de los elementos en el proceso productivo (OIT (Oficina internacional del trabajo Ginebra) 2006)

Técnica	Definición
Diagrama de hilos	Registra las respectivas actividades de varios objetos de estudio (máquinas u operarios) según una escala de tiempo común (OIT (Oficina internacional del trabajo Ginebra) 2006)
Diagrama de actividades múltiples	Registra las respectivas actividades de varios objetos de estudio (máquinas u operarios) según una escala de tiempo común (OIT (Oficina internacional del trabajo Ginebra) 2006)
Diagrama bimanual	Describe la operación realizada por cada mano en una escala de tiempo común (OIT (Oficina internacional del trabajo Ginebra) 2006)
Diagrama hombre-máquina	Permite conocer paralelamente las actividades realizadas por un operador y su(s) máquina(s) a cargo (OIT (Oficina internacional del trabajo Ginebra) 2006)
Gráfico de trayectoria	Cuadro donde se consignan datos cuantitativos sobre los movimientos de trabajadores, materiales o equipo
Economía de movimientos	Lista de principios creados en 1964 por Gilbreth y Barnes en cuanto a: el uso del cuerpo humano, la disposición y estado del lugar de trabajo; y el diseño de las herramientas o aparatos (Alford, Bangs, & Hageman, 1992)
Estudio de micro movimientos	Estudio de los movimientos a mayor detalle, descomponiendo las operaciones en elementos o movimientos básicos conocidos como therbligs (Meyers, 2000). Usualmente emplean cámaras de cine o videograbación (Mundel).
Análisis de operaciones	Procedimiento que involucra una actitud interrogativa sobre aspectos como la finalidad de las operaciones, el diseño de las piezas, los materiales y su manipulación, las condiciones de trabajo (ventilación, iluminación, biometría, ergonomía, etc.), entre otros (Maynard 1991).

**Ingeniería de tiempos**

<b>Técnica</b>	<b>Definición</b>
Muestreo del trabajo	Estima el porcentaje del tiempo total, empleado por una persona en una actividad, a través de observaciones hechas al azar y analizadas estadísticamente (Vaughn, 2000)
Cronometraje	Medición del tiempo que requiere un operador calificado y aun ritmo normal para realizar cierta actividad, por medio de un cronómetro (OIT (Oficina internacional del Trabajo Ginebra), 2006)
Sistemas estándares de tiempos predeterminados (PTSS)	Utilización de tablas que tienen estimaciones de los tiempos según los movimientos básicos o therbligs (Krick, 1999) y que se llevan a cabo durante una fase de plantación (Meyers, 2000). Existen diferentes técnicas como: MTM (Methods time measurement), MOST (Maynard Operacional Sequence Technique), MODAPTS (Modular Arrangement of PTS), Work-Factor, et. (Hicks, 1999)
Datos estándares	Tiempos tomados de bases de datos de estudios de tiempo pasados (Meyers, 2000)
Según expertos	Son datos por la opinión experta de una persona con experiencia (Meyers 2000)


*Nota: Adaptado de “La ingeniería de métodos y tiempos como herramienta en la cadena de suministro” Alexander Correa Espinal, Rodrigo Andrés Gómez Montoya, Cindy Botero Pérez. Escuela de ingeniería de Antioquia, 2012.*


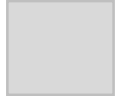



El estudio de tiempos por cronometro o cronometraje es un tipo de estudio de métodos y tiempos que es la determinación del tiempo promedio en el que un operario realiza una actividad; este tiempo se determina mediante el uso de un cronometro u otro aparato de medición de tiempo. Adicionalmente a ese tiempo promedio se le deben agregar otros tiempos como los ociosos para obtener el tiempo estándar, que es el tiempo optimo que se necesita para completar una determinada tarea. “El estudio de tiempos, además de permitir la racionalización de los métodos de trabajo del colaborador y la fijación de los tiempos estándares para la ejecución de las

operaciones y tareas, trajo consigo otras ventajas.” (Rojas Ruiz, 2015, p26). Estas ventajas varían dependiendo de la empresa, el proceso y la actividad en si a estudiar, para mencionar algunas en general tenemos: estandarización de los tiempos mediante la eliminación de tiempos ociosos, entrenamiento de los operarios para la realización de las actividades, mejorar la distribución de la planta, tener claridad en los costos de producción y de venta de productos, entre otros

2.2.6.1 Diagrama de procesos. Es una representación gráfica para el análisis de los procesos, en ella se detallan los pasos o secuencia que debe seguir un proceso o procedimiento para la obtención de un producto final o una parte del producto. En este tipo de diagramas se identifican las actividades de dicha secuencia por medio de símbolos clasificados en cinco categorías: operaciones, transportes, inspecciones, demoras, almacenajes y sus respectivas combinaciones. Las definiciones que se encuentran en la tabla 8 cubren el significado de estas categorías en la mayoría de condiciones.

**Tabla 6.** Acciones que tienen lugar durante un proceso dado

Actividad	Definición	Símbolo
Operación	Ocurre cuando se modifican las características de un objeto, o se le agrega algo o se le prepara para otra operación, transporte, inspección o almacenaje. Una operación también ocurre cuando da o se recibe información o se plana algo. Ejemplos: Tornear una pieza, apretar una tuerca, barrenar una placa, dibujar un plano, etcétera.	
Transporte	Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son movidos de un lugar a otro, excepto cuando tales movimientos forman parte de una operación o inspección.	

Actividad	Definición	Símbolo
Transporte	Ejemplos: Mover material a mano, en una plataforma, en banda transportadora, etcétera. Si es una operación tal como pasteurizado, un recorrido en un horno, etcétera, los materiales van avanzando pero no se considera como un transporte.	
Inspección	Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son examinados para su identificación o para comprobar y verificar la calidad o cualesquiera de sus características. Ejemplos: Revisar las botellas que salen de un horno, pesar un rollo de papel, contar cierto número de piezas, leer instrumentos medidores de presión, temperatura, etcétera.	
Demora	Ocurre cuando se interfiere el flujo de un objeto o grupo de ellos con lo cual se retarda el siguiente paso planeado. Ejemplos: Esperar un elevador, o cuando una serie de piezas hace cola para ser pesada o hay varios materiales en una plataforma esperando el nuevo paso del proceso.	
Almacenaje	Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son retenidos y protegidos contra movimientos o usos no autorizados. Ejemplos: Almacén general, cuarto de herramientas, bancos de almacenaje entre las máquinas. Si el material se encuentra depositado en un cuarto para sufrir alguna modificación necesaria para el proceso no se considera almacenaje sino operación, tal sería el caso de curar tabaco, madurar cerveza, etcétera.	
Actividad combinada	Se presenta cuando se desea indicar actividades conjuntas por el mismo operador en el mismo punto de trabajo. Los símbolos empleados para dichas actividades (operación e inspección) se combinan con el círculo inscrito en el cuadro.	

**Nota:** Adaptado de “Estudio del trabajo” Roberto García Criollo, 2da edición, 2001

2.2.7 Trabajo estándar o estandarización. El trabajo estándar es una herramienta de mejoramiento de los procesos, que tiene como objetivo obtener productos de calidad por medio de un método que se dirige a tareas y actividades, que sea apropiado y repetible para dichos procesos, esta herramienta incluye a todos los niveles de la empresa, desde el gerente de producción, pasando por los líderes de la línea de producción, hasta llegar a los operarios; estableciendo procedimientos de trabajo normalizados, realizando las tareas de acuerdo a los lineamientos establecidos. Representa la revisión continua de los procedimientos de trabajo, a fin de lograr el mejoramiento de la eficiencia, calidad y condiciones del trabajo. Así mismo, permite una sólida base para mantener la productividad y la seguridad en sus más altos niveles.

Al implementar una estrategia de trabajo estándar se obtienen, entre otras, las siguientes ventajas en el proceso productivo:

- Asegura que la secuencia de tareas y actividades del proceso se haga de una forma documentada y repetible
- Asegura un aprendizaje constante en los operarios
- Reduce desperdicios como: tiempo de espera, movimientos innecesarios, defectos.
- Identifica taras o actividades que no agregan valor
- Mejora la productividad
- Reduce la variación del proceso
- Las actividades y tareas son más seguras y efectivas

Dentro de la estrategia de trabajo estándar se realizan los siguientes documentos:

2.2.7.1 Ficha técnica. Documento que muestra las características de una máquina, pieza o componente de forma ilustrativa, diseñada para que contenga las cualidades más útiles, a su vez incluyendo diferentes graficas que facilitan su comprensión

2.2.7.2 Instructivo de verificación. Documento diseñado para los puestos de trabajo, específicamente en los que se realizan operaciones que deben seguir un control. Es una guía que muestra cómo identificar y verificar un producto o parte de producto que cumple con todos los requerimientos de calidad.

2.2.7.3 Lista de verificación. Herramienta ofimática que permite generar la lista y cantidad de piezas y herramientas necesarias para el ensamble de las máquinas, de modo que el operario pueda hacer un chequeo de las piezas antes de iniciar el ensamble, lo cual permite generar un espacio de trabajo más adecuado y a su vez reducir tiempos.

2.2.8 Kaizen. El término kaizen es relativamente nuevo, el primer libro sobre kaizen fue publicado en 1986, su creador es Masaki Imai, quien expone que el termino kaizen proviene de dos ideogramas japoneses: “kai” que significa cambio y “zen” que quiere decir para mejorar. (Carro Paz & Gonzalez Gomez, 2012)

Los dos pilares que sustentan kaizen son los equipos de trabajo y la ingeniería industrial, que se emplean para mejorar los procesos productivos. De hecho, kaizen se enfoca a la gente y a la estandarización de los procesos. Su práctica requiere de un equipo integrado por personal de producción, mantenimiento, calidad, ingeniería, compras y demás empleados que el equipo considere necesario. Se practica con la gente de la planta coordinados por un facilitador.

El objetivo de kaizen es incrementar la productividad reduciendo los tiempos de ciclo, controlando los procesos de manufactura, estandarizando los métodos de trabajo y los criterios de calidad; se enfoca también en la eliminación de los desperdicios, llamados muda, que se define como un desperdicio que se puede eliminar o mejorar. El concepto muda fue creado por Ohno, quien reconoce que existen siete mudas clásicas:

- Las mudas por sobreproducción
- Las mudas por exceso de inventario
- Las mudas de procesamiento
- Las mudas por transporte
- Las mudas por movimiento
- Las mudas por tiempos de espera
- Las mudas por fallas y reparaciones

Kaizen puede ser una de las respuestas para quienes desean resultados a bajo costo y corto plazo; dentro de las estrategias que se pueden usar a la hora de implementar kaizen se encuentran: cero defectos, círculos de calidad, seis sigma, entre otros. Existen diagramas que pueden ayudar a decidir la mejor estrategia kaizen a usar, como son el diagrama de Pareto y el diagrama causa y efecto. Así mismo se tienen otras estrategias para usar en la mejora continua y la estandarización de procesos como son las 5'S y las curvas de aprendizaje.

2.2.8.1 Estrategia 5's. Es una herramienta práctica que exige cambios de actitud y comportamiento para lograr una organización total del área de trabajo

Las 5'S son el medio para desarrollar habilidades necesarias, promover un espíritu participativo y crear un movimiento de mejora que no tiene fin.

Entre los objetivos de las 5'S, se encuentran, trabajar con mas seguridad, aumentar la productividad, mejorar las condiciones de trabajo para crear una mejor actitud en el puesto de trabajo, reducir costos, entre otros.

Las 5'S son:

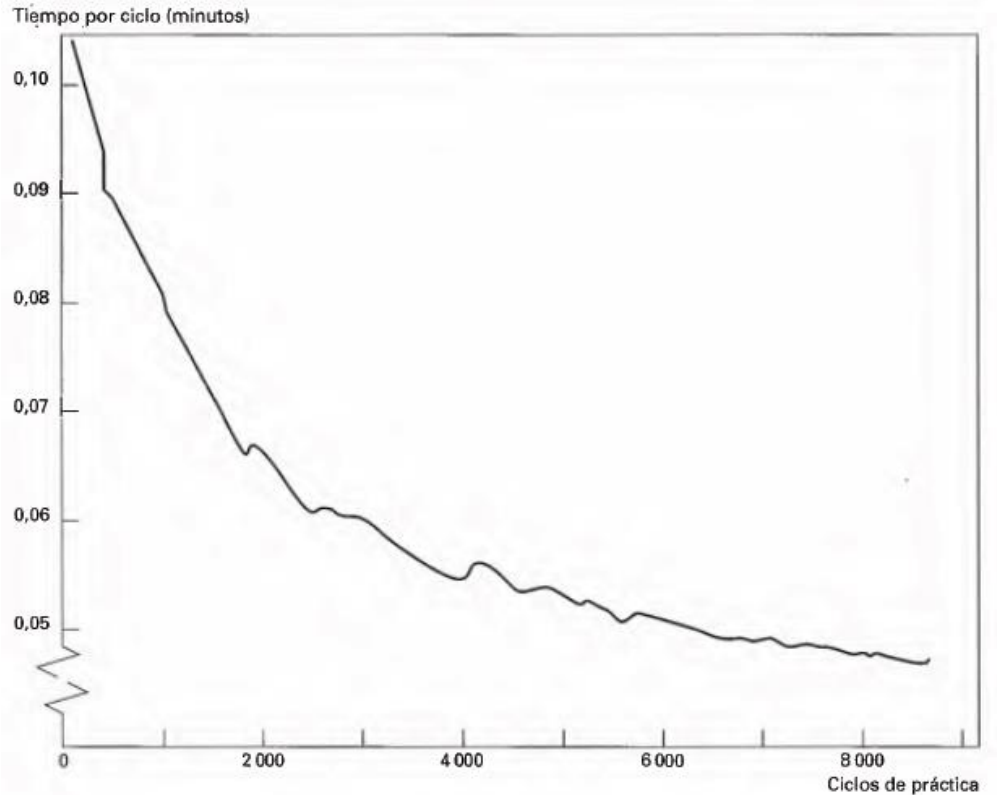
- Seiri (Clasificación): “Separar lo necesario de lo no necesario”, para implementar el seiri se debe analizar el ambiente de trabajo, identificar y elaborar una lista de todo lo que se utiliza con frecuencia en el área de trabajo.
- Seiton (Organizar): Definir e identificar “un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”, para implementar el seiton se ordenan los ítems por su uso y se ubica donde se deben guardar después de su uso.
- Seiso (limpiar): “Un lugar limpio no es el que más limpia, sino el que menos suciedad hace”, se implementa manteniendo limpios y ordenados, los pisos, maquinas y objetos en general que hacen parte del área de trabajo, eliminando las formas permanentes de suciedad y atacando el origen de las mismas.
- Seiketsu (Bienestar): “Tener habitos saludables, vivir bien”, se implementa creando un ambiente de trabajo que favorezca la buena salud mental y física de las personas, manteniendo el cumplimiento de las 3's anteriores.
- Shitsuke (Autodisciplina): “hacer un habito los procedimientos” se implementa por medio del empleo y la utilización de los métodos establecidos y estandarizados, desarrollando una cultura de autocontrol dentro de la empresa.

La implementación de cada una de las 5's es efectiva y trae consigo diferentes ventajas, pero la implementación de las 5's completas es mucho más efectiva y se puede complementar con las siguientes 4's:

- Shikai (Constancia): Preservar en los buenos hábitos
- Shitsukoku (Compromiso): Ir hasta el final de las tareas, cumplir con responsabilidad las obligaciones contraídas
- Seishoo (Coordinación): Actuar en equipos con sus compañeros y con calidad.
- Seido (Estandarización): Unificar mediante normas

2.2.8.2 Curvas de aprendizaje. “La fuerza de trabajo de una compañía es uno de sus recursos principales. Sin trabajadores calificados, las tasas de producción serían menores, la calidad peor y la productividad global más baja” Afirma Niebel. Es por esto que las empresas actualmente deciden no solo instalar un nuevo método estandarizado, sino capacitar a los operarios para que estos puedan seguir el método prescrito y alcanzar el estándar deseado, para esto se crean herramientas que pueden ser: escritas, graficas, en video y capacitaciones físicas para lograr el objetivo.

Profesionales de distintas áreas interesados en el estudio del comportamiento humano reconocen que el aprendizaje depende del tiempo, incluso en las operaciones más sencillas, las personas necesitan de horas para dominarla, por lo tanto operaciones más complejas pueden tomar días y semanas hasta lograr la coordinación no solo física sino mental que le permita pasar de un elemento a otro sin dudas ni demoras. Este periodo y el nivel relacionado de aprendizaje forman la curva de aprendizaje que se muestra en la figura 4.



**Figura 4.** Curva de aprendizaje Adaptado de Introducción al estudio del trabajo. Kanawaty, G (1996)

Niebel afirma que: Una vez que el operario alcanza la parte más plana de la curva, se simplifica el problema de calificar el desempeño. Sin embargo, no siempre es conveniente esperar tanto para desarrollar un estándar, ya que la teoría de la curva de aprendizaje propone que cuando se duplica la cantidad total de unidades producidas, el tiempo por unidad disminuye en un porcentaje constante.

Las curvas de aprendizaje son incluyentes, ya que aplican para todos los niveles de la empresa y para personas con o sin experiencia.

2.2.9 OEE (Overall Equipment Effectiveness). En español conocida como la Eficacia Global del Equipo, es la medida de la productividad que engloba todos los conceptos incluidos en la utilización de unos medios para la fabricación. Esta medida está formada por el producto de tres factores: la utilización, el rendimiento y la calidad. Estos factores pueden recibir otras denominaciones y variar en sus conceptos en cada empresa.

La utilización es el tiempo de funcionamiento del equipo, es decir, el tiempo que se ha utilizado el equipo incluyendo, preparación del equipo, tiempos de carga y descarga de material, entre otros. Pero sin incluir descansos o averías, ya que esto marca que no se ha sido capaz de estar produciendo durante todo el turno. Se define la utilización como:

$$U = \text{Utilización} = \frac{\text{Tiempo de funcionamiento}}{\text{Tiempo de carga}}$$

Donde el tiempo de funcionamiento es el tiempo que trabaja el equipo, incluyendo la programación, carga y descarga de material, cambios de referencias, etc. Y el tiempo de carga, es el tiempo planificado para trabajar en el equipo, es el tiempo estimado en el que el equipo se encuentra en condiciones para trabajar; es el tiempo que se va a utilizar el equipo.

El rendimiento es el tiempo neto o tiempo teórico, es el tiempo que se debería haber utilizado el equipo, no es el mismo tiempo de funcionamiento ya que este no incluye las paradas no detectadas, la variación de la velocidad del equipo ya sea por ralentización del operario o de la maquina por no estar bajo las condiciones óptimas. Pero si incluye la programación, las cargas y descargas. Este tiempo se calcula siguiendo la ecuación:

$$R = \text{Rendimiento} = \frac{\text{Tiempo neto}}{\text{Tiempo de funcionamiento}}$$

El tiempo neto para producciones homogéneas, se realiza bajo un cálculo teórico, definido por un estándar de producción que muestre el tiempo por pieza fabricada; y el tiempo de funcionamiento es el definido anteriormente. En otras palabras, el rendimiento es el cociente entre las piezas que debiera haber fabricado durante el tiempo de funcionamiento y las que realmente se fabricaron.

La calidad es el tiempo útil, en casos donde las producciones son homogéneas, se puede definir como el porcentaje de piezas buenas que se fabrican en comparación con la cantidad de piezas totales, que en términos de tiempo se define como el tiempo útil; el cual es el tiempo que se debió haber utilizado el equipo para fabricar el número de piezas buenas en comparación con la cantidad de piezas totales. La calidad, entonces, se define como:

$$Q = \text{Calidad} = \frac{\text{Piezas buenas}}{\text{Piezas totales}} = \frac{\text{Tiempo util}}{\text{Tiempo neto}}$$

Teniendo en cuenta lo anterior, la OEE está dada por:

$$OEE = \text{Utilización} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad}$$

$$OEE = \frac{\text{Tiempo de funcionamiento}}{\text{Tiempo de carga}} * \frac{\text{Tiempo neto}}{\text{Tiempo de funcionamiento}} * \frac{\text{Tiempo útil}}{\text{Tiempo neto}}$$

De lo cual resulta

$$OEE = \frac{\text{Tiempo útil}}{\text{Tiempo de carga}}$$

La siguiente figura ilustra los términos definidos anteriormente



**Figura 5.** Ilustración OEE. Tomado de Ortega Urretavizcaya (2017)

Para analizar los resultados obtenidos luego de un análisis de OEE existe la siguiente clasificación, que permite calificar el equipo, la línea o toda la planta que se estudia, con respecto a las mejores de su clase y que ya han alcanzado el nivel de excelencia:

1.  $OEE < 65\%$  Inaceptable. Se producen importantes pérdidas económicas. Muy baja competitividad.
2.  $65\% < OEE < 75\%$  Regular. Aceptable sólo si se está en proceso de mejora. Pérdidas económicas. Baja competitividad.
3.  $75\% < OEE < 85\%$  Aceptable. Continuar la mejora para superar el 85 % y avanzar hacia la World Class. Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
4.  $85\% < OEE < 95\%$  Buena. Entra en Valores World Class. Buena competitividad.
5.  $OEE > 95\%$  Excelencia. Valores World Class. Excelente competitividad.

### 3. Diagnóstico general de los procesos

#### 3.1 Diagnóstico cualitativo de los procesos

Los diagnósticos de tipo cualitativo, son basados en herramientas que describen cualidades del objeto en estudio, a continuación se observa la descripción de cada uno de los procesos, seguido por el diagnóstico usando el diagrama de causa – efecto.

3.1.1 Diagnóstico general de producción. La empresa Penagos Hermanos & Cia SAS basa su producción en dos tipos de procesos productivos, los cuales son: make to stock y make to order, el primero lo realizan anticipándose a la demanda, este tipo de producción se realiza para entregas y pedidos nacionales, ya que son estándares y sus medidas y/o accesorios no varían, las máquinas más comunes que se fabrican por este tipo son: TP8, TP24, PP300, PP600, DH2, ya que son las de más alta rotación. El segundo tipo, make to order o producción sobre pedido, este se realiza más que todo para pedidos de exportación ya que los accesorios y las medidas varían según el país y el cliente. La producción sobre pedido va acompañada del asesoramiento de la empresa, donde un representante visita y guía al cliente, y dependiendo de las necesidades, el espacio con el que cuenta, su capacidad de producción, entre otros, se le indica la máquina que mejor se ajusta.

Para la fabricación de los repuestos sucede lo mismo, en máquinas que están rotando constantemente en el mercado, se fabrican los repuestos make to stock ya que el cliente los solicita constantemente, también se realizan make to order cuando son de productos realizados con especificaciones especiales, o de productos que salieron del portafolio.

Para la fabricación de los accesorios lo más común es make to order ya que los accesorios en comparación con los repuestos no son indispensables para el funcionamiento de la máquina. Pero para algunas máquinas en las que ya se conocen los requerimientos del cliente se fabrican los accesorios make to stock.

El proceso productivo se desarrolla por lotes a excepción de casos especiales donde la máquina presenta modificaciones o cualidades únicas. Dependiendo del tipo de máquina y el proceso, el número de piezas por lote varia, por ejemplo, para el proceso de ensamble se usan lotes pequeños y en el lavado para pintura si se pueden tomar lotes más grandes, dependiendo del tamaño de las piezas, también existen máquinas que comparten piezas, por lo cual estas se fabrican en lotes más grandes, los lotes inician desde 25 piezas en adelante.

En Penagos Hermanos todos los departamentos trabajan en conjunto para lograr brindar las soluciones integrales a sus clientes, es por esto que cuando un cliente solicita un producto especial, ventas trabaja conjuntamente con I+D+i y producción para lograr satisfacer de la mejor forma la solicitud del cliente y cumplir con las modificaciones y requerimientos que este exige para su producto. Inicialmente ventas da a conocer los requerimientos a I+D+i que de ser necesario se envía personal idóneo para asesorar de una mejor manera al cliente sobre las especificaciones que su producto verdaderamente requiere, de no ser necesario I+D+i continua con el desarrollo de las mejoras para el producto final, y las comparte con producción generando una orden de pedido y a su vez una orden de producción interna la cual es informada a los líderes de cada proceso y se da inicio a la producción.

El proceso productivo en la empresa se realiza por centros de trabajo especializados, es decir por procesos o actividades. En Penagos Hermanos existen seis centros de trabajo: metalistería, mecanizado, ensamble, pintura, soldadura y línea gas. En cada uno de los centros de trabajo mencionados existen unos sub procesos o sub actividades, por ejemplo, dentro de metalistería se encuentra troquelado y dentro del proceso de pintura encontramos el lavado. Dentro de soldadura encontramos la soldadura tradicional y la soldadura de punto que hace parte del área de metalistería. Este proceso productivo se realiza en 3 turnos diarios de 6:00 am a 2:00 pm, de 2:00 pm a 10:00 pm y de 10:00 pm a 6:00 am; estos turnos aplican para todos los centros de trabajo especialmente para mecanizado y línea gas, para los demás centros de trabajo el turno de 10:00 pm a 6:00 am se programa sólo si la demanda lo requiere.

Para el presente trabajo, se estudiaron los procesos de metalistería, ensamble y pintura los cuales de describen a continuación mencionando inicialmente el diagnóstico proporcionado por los líderes correspondientes a cada uno de estos procesos en las reuniones iniciales, seguido por la descripción del proceso y finalizando con lo observado durante el acompañamiento de cada proceso. Entre estas tres secciones se cuenta con un total de 32 operarios, los cuales operan en los diferentes turnos.

Adicionalmente, se incluye el diagnóstico del líder de repuestos Oscar Sanchez, con quien se realizaron reuniones, en las cuales se da a conocer el propósito de las fichas técnicas; seguido de las reuniones, el líder de repuestos brindó la información necesaria para la elaboración de las fichas técnicas de los repuestos, iniciando con los que, para él, son más difíciles de identificar y alistar. Así mismo con ayuda del tutor Jesús Rangel se crea el formato a usar de las fichas técnicas de los repuestos, el cual se observa en la figura 5 de este documento.

3.1.2 Descripción proceso pintura. El primer proceso es el de pintura, se llevó a cabo una reunión inicial donde el líder de pintura Jhon Benitez comenta la situación actual de este e identifica como critico el proceso de pintura de los ejes ya que es un proceso largo que conlleva seguir muchos pasos. Adicionalmente cuando se realiza, se hace para un lote de más de 1000 ejes, pero a la hora de hacer todas las actividades se pueden manejar lotes de máximo 90 ejes, limitado por la capacidad de la canasta de lavado, la cabina de pintura y el horno; lo que hace de este un proceso tedioso.

El proceso de pintura electrostática en la empresa PENAGOS HERMANOS & CIA SAS, es uno de los procesos principales por donde pasan casi todas las piezas que se fabrican en la empresa para efectos de acabados y/o corrosión, este se realiza por medio de la pintura en polvo electrostática por las prestaciones y calidad que proporciona este tipo de pinturas. Para finalizar con la pintura se debe someter la pieza a un proceso de curado en un horno.

Para iniciar con la pintura se deben preparar las piezas para poder ponerlas tanto en la canasta del lavado como en la cabina de pintura y el horno, cabe aclarar que no todas las piezas requieren de esta preparación inicial, para el caso de los ejes, se debe realizar un gancho con un alambre, para el caso de piezas que presenten agujeros o ranuras o sean grandes, no se debe realizar esta preparación.



**Figura 6.** Preparación inicial del eje, gancho de alambre

El siguiente paso en el proceso de pintura es un lavado, donde las piezas se acomodan en una canasta y se pasan por medio de 8 cubas distribuidas una tras otra, con diferentes contenidos a diferentes temperaturas, en algunas cubas se sumergen la piezas por inmersión y en otras cubas es intermitente, es decir, se sumergen y se sacan varias veces durante el tiempo establecido. Entre algunas cubas se realiza un enjuague con agua usando la hidrolavadora.



**Figura 7.** Canasta de lavado



**Figura 8.** Acomodación de los ejes en la canasta de lavado

En total este lavado tarda aproximadamente 80 minutos sin incluir el tiempo de secado, como se muestra a continuación.

**Tabla 7.** Tiempos de lavado

Cuba	Contenido	Temperatura	Tiempo
1	Kleanex KS 100 de desengrase	Entre 50 y 55°	30 minutos por inmersión (sistema de burbujeo)
2	Agua	Ambiente	2 minutos intermitente
	Enjuague hidrolavadora		10 minutos
3	Fosfex 90 (antes ácido muriático)	Ambiente	10 minutos por inmersión
4	Agua	Ambiente	2 minutos intermitente
	Enjuague hidrolavadora		10 minutos
5	Agua	Ambiente	2 minutos intermitente (sistema de burbujeo)
6	Fosfatón 32	Entre 60 y 65°	10 minutos por inmersión
7	Agua	Ambiente	2 minutos intermitente (sistema de burbujeo)
8	Agua	Entre 60 y 70°	1 minuto por inmersión

Al finalizar la octava y última cuba, se sacan las piezas y se dejan secar en la misma canasta a temperatura ambiente por unos minutos (entre 7 y 8 minutos). Luego con un compresor de aire se termina de secar, haciendo énfasis en las partes más difíciles de las piezas como las ranuras y roscados.

Cuando ya se tienen las piezas completamente secas, se llevan cerca de la cabina de pintura y se empiezan a ubicar las piezas dependiendo de su tamaño y de la habilidad del operario para pintar.



**Figura 9.** Ubicación de los ejes en la cabina de pintura

Al tener las piezas acomodadas, se aplica aire nuevamente con el compresor para eliminar polvo o impurezas; luego se les aplica la pintura a las piezas de forma pareja, en algunas ocasiones se requiere aplicar aire nuevamente para eliminar pintura de lugares donde no es necesario que las piezas vayan pintadas.

Las piezas pintadas se pasan a un carro para que se vayan secando, en este carro se acomodan tantas piezas como su tamaño lo permita, teniendo las piezas acomodadas, se deben pasar al horno.



**Figura 10.** Ubicación de los ejes en el carro para hornear y para secar

Es necesario pre calentar el horno a 240°C, con el horno a dicha temperatura se adentran las piezas pintadas durante 25 minutos para el horneado.

Al cabo de ese tiempo, se sacan y se dejan a temperatura ambiente para que se enfríen, si la pieza tuvo preparación inicial se debe quitar y ubicar las piezas para entregar, ya sea a ensamble, bodega o algún otro proceso.

3.1.3 Descripción proceso ensamble. El siguiente proceso fue el de ensamble, en este caso ensamble mecánico, se llevó a cabo dos reuniones con los líderes del proceso de ensamble café, entre ellos Jolman Serrano, quien identifica como critico el ensamble de la máquina TP8 (Trituradora picadora), manifestando que el alistamiento del proceso es demorado debido a que se deben pesar las cuchillas y contracuchillas o martillos para cada una de las máquinas a ensamblar, así como tener a la mano todas las piezas y herramientas a usar; generalmente se ensamblan por lotes de 25 TP8, es decir se deben alistar 25 pares de cuchillas del mismo peso y la misma cantidad de grupos de 8 martillos del mismo peso para cada ensamble. Durante el ensamble también se deben llevar a la prensa hidráulica los ejes, los rodamientos y las chumaceras para realizar un sub ensamble, esta operación implica transporte de las piezas y un tiempo largo en el uso de la prensa.

El proceso de ensamble, varía según la máquina a ensamblar, ya que algunas son más grandes que otras y algunas contienen más piezas que otras, pero en términos generales, el proceso de ensamble se divide en sub ensambles, para los cuales el operario debe siempre verificar la totalidad de las piezas necesarias antes de iniciar el armado, en general, las maquinas que contienen rotor este es el primero en ser armado ya que los rotores contienen cuchillas y martillos o contra cuchillas los cuales deben ser pesados antes de realizar el sub ensamble, al igual que las maquinas que contienen chumacera, siempre se deben llevar a la prensa hidráulica para poder formar el sub

ensamble, para todas las máquinas lo último en realizar es el armado del cuerpo, ya que es el sub ensamble de mayor tamaño para todas las máquinas.

A continuación, se menciona el proceso de ensamble para la máquina TP8, la cual es una de las máquinas que presenta mayor demanda en la empresa. El ensamble de esta máquina, como todas las de su clase, se hace en lotes de 25 unidades. Con la finalidad de la explicación se divide el ensamble de la TP8 en tres sub ensambles y un ensamble final así:

#### Sub ensamble 1: Armado del rotor

Antes de iniciar el armado del rotor se debe verificar que se tenga a la mano todas las piezas y herramientas necesarias, las cuales el operario las sabe de memoria.

Lo primero es pesar los martillos y las cuchillas, estos deben pesar lo mismo, se pesan en una gramera que se tiene en el área de soldadura, es por esto que el operario debe ir hasta allí y traerla al área de ensamble, pesar las cuchillas y martillos y devolver la gramera a su puesto.

Se deben ir armando grupos de 2 cuchillas con el mismo peso y 8 martillos del mismo, esto con el fin de mantener el balance en el rotor.

Luego se toma el cuerpo del rotor y se inicia insertando un portamartillo, con ayuda de un martillo (herramienta), en el portamartillo se inserta una arandela y luego un martillo, así sucesivamente hasta finalizar con el cuarto martillo y para finalizar se sujeta con un pasador eje martillo, esto con ayuda de un alicate, este proceso se repite para el otro grupo de martillos faltantes.



**Figura 11.** Ubicación de los martillos en el rotor

El siguiente paso es poner las cuchillas, sujetándolas con sus dos tornillos y asegurándolas con la pistola neumática.



**Figura 12.** Ubicación de las cuchillas en el rotor

Para finalizar con el armado del rotor, de ser necesario, se debe arreglar, es decir, pulir la soldadura, los tornillos y repasar la pintura.

Cuando se tienen listos los 25 rotores del lote, se almacenan mientras se alistan las demás partes, cabe aclarar que no existe un área demarcada para el almacenamiento de los sub ensambles, dentro del área de ensamble, es por esto que los operarios se la ingenian y los ubican donde haya espacio.

#### Sub ensamble 2: eje, chumacera y rodamientos

Lo primero que se debe hacer es verificar que se tengan todas las piezas y herramientas necesarias para el armado de los 25 sub ensambles.

Lo siguiente es hacer el roscado a la chumacera, ya que esta llega de mecanizado solo con el agujero, pero sin roscar, este proceso se realiza con un volvedor macho de  $\frac{3}{8}$ , se debe realizar para poner la grasera recta.



**Figura 13.** Roscado de la chumacera con el volvedor

Cuando las chumaceras están roscadas se inserta la graserera recta y se trasladan a la prensa hidráulica, donde inicialmente se pone el eje con los rodamientos y se unen con ayuda de la prensa, luego se aplica grasa y se pone el eje ya ensamblado con los rodamientos en la chumacera, de nuevo se usa la prensa para unir estas partes. Con esto listo se pone la chaveta elástica.



**Figura 14.** Prensa hidráulica Penagos Hermanos & Cía SAS



**Figura 15.** Eje rodamientos en prensa hidráulica



**Figura 16.** Aplicación de la grasa



**Figura 17.** Eje rodamientos chumacera en la prensa hidráulica

Se trasladan los sub ensambles al área de ensamble y se verifica que los ejes entren en el rotor, de lo contrario, es decir, si no entra con facilidad, se debe lijar el eje y seguir verificado hasta que el eje entre en el rotor con facilidad.



**Figura 18.** Eje en rotor

### Sub ensamble 3: Preparación del cuerpo

Se debe verificar que las partes que se necesitan estén listas y completas en el sitio de trabajo, se debe verificar también que la tapa del cuerpo cierre bien, es decir, que no queden aberturas, que quede completamente cerrada; de lo contrario, si no cierra bien, se debe arreglar usando una pulidora y verificar hasta que cierre perfectamente.



**Figura 19.** Preparación del cuerpo



**Figura 20.** Tapa cerrada completamente

Teniendo el cuerpo listo, se pone el deflector de salida, sujetándolo con tornillos que se aprisionan manualmente, se repasan las roscas que trae la estructura usando un herraje de  $\frac{3}{8}$  y un taladro, ya que por la pintura el roscado se puede dañar. Y se pone la contracuchilla con sus respectivos tornillos.



**Figura 21.** Ubicación del deflector de salida, repaso de roscas

Teniendo las tres partes listas se hace el ensamble cuerpo, rotor, eje-chumacera. Para esto se debe insertar el rotor en el cuerpo y el eje-chumacera al rotor y al cuerpo. Se sujeta con 4 tornillos del cuerpo a la chumacera y con dos prisioneros del rotor al eje.



**Figura 22.** Ensamble cuerpo, rotor, eje-chumacera

Se verifica el buen funcionamiento del rotor, es decir, que gire de forma correcta; se verifica el espacio entre las cuchillas y la contra cuchilla, este espacio debe ser entre 0.7 y 1.0 mm, esta verificación se realiza con una lámina de calibre 18 (1.1mm) esta no debe pasar entre la cuchilla y la contracuchilla.

Se pone la polea del rotor y se sujeta con la sujeción del rotor, se pone la criba lisa dentro del cuerpo y la tapa pequeña en la tapa del cuerpo, se verifica que cierre, de no cerrar se observa en el accesorio de la tapa y se ajusta hasta que cierre.



**Figura 23.** Accesorio tapa

3.1.4 Descripción proceso metalistería. El último proceso a revisar fue el proceso de metalistería, para el presente trabajo se estudia la metalistería en la fabricación de las camisas para las máquinas de café, ya que el líder de metalistería manifiesta que en las camisas es dónde más inconvenientes se presenta a la hora de su fabricación, así mismo las camisas son una de las únicas partes que pasan por cada sub sección del área de metalistería,

La metalistería es un componente de la metalmecánica, por lo tanto es de gran importancia en la industria, la metalistería es el arte de trabajar los metales para obtener objetos que pueden ser artísticos, decorativos o utilitarios como en el caso de Penagos Hermanos.

Los metales que utiliza Penagos Hermanos para el área de metalistería son acero inoxidable, acero CR (laminado en frío) y acero HR (laminado en caliente), de diferentes tamaños y calibres. En Penagos Hermanos no existe área de fundición ya que se compra la fundición y las láminas para los diferentes productos. El área de metalistería en la empresa consiste con el trazado del corte el cual se realiza en las oficinas de producción, el corte por medio de diferentes técnicas y máquinas, que se muestran a continuación, el troquelado cuando las piezas lo requieren y la soldadura de punto, que actualmente la empresa cuenta con dos equipos para soldadura de punto.

**Tabla 8.** Maquinaria en el área de metalistería

#### **Maquinaria en el área de metalistería**

Cizalla

Mesa de corte por plasma manual

Mesa de corte por plasma cnc

Cizalla universal

Dobladora

Troqueladora

Cilindradora

Cortadora láser HG

Para el diagnóstico de metalistería se observó todo el proceso de fabricación de las camisas para la máquina DCV 306, es de aclarar que todas las camisas se fabrican siguiendo el mismo proceso, variando su forma, tamaño y el troquel a usar, así mismo todas las camisas se fabrican en lámina calibre 22.

La primera parte del proceso inicia en la cortadora láser, donde se corta la lámina según la camisa a fabricar, al salir el corte de la laser, se debe verificar que no tenga bordes ni rebabas, para esto se pule con una lima, seguido de esto se retira el papel que cubre la lámina.



**Figura 24.** Molde para cortadora laser

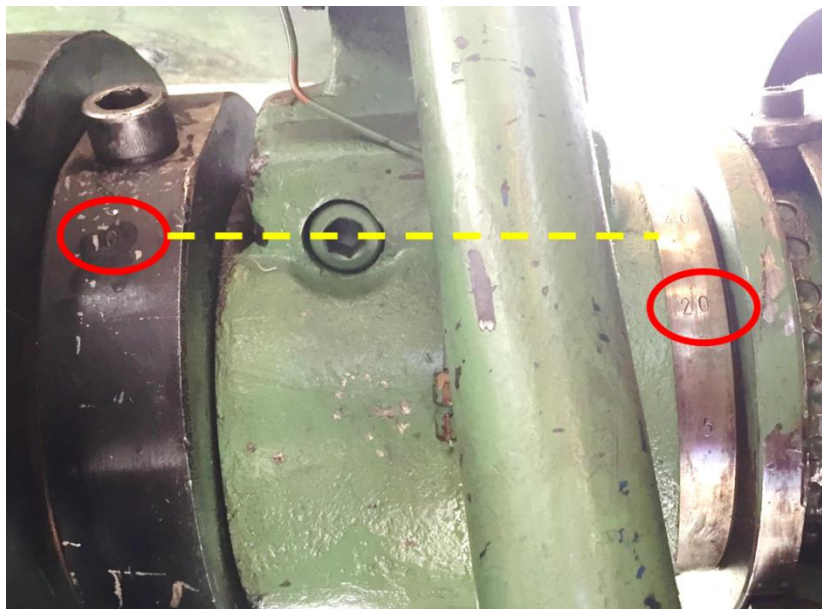


**Figura 25.** Pulir con lima

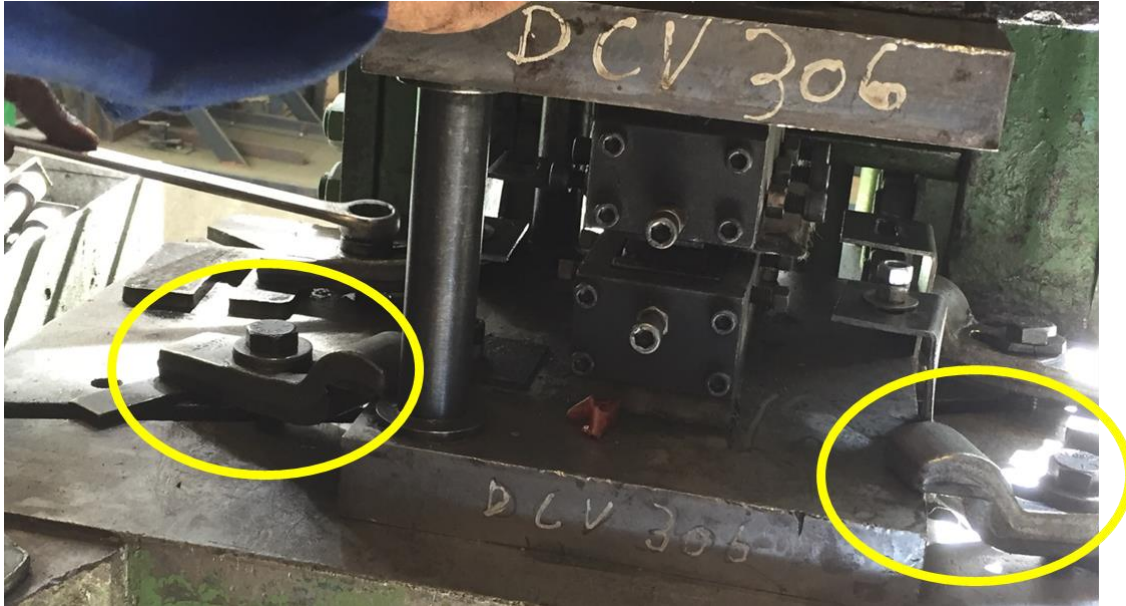
Cuando ya esté listo el corte, se lleva al área de troquelado, donde se debe ajustar la troqueladora según el troquel a usar, se debe ajustar el nivel de las oscilaciones, se ajusta también la altura del cabezote hasta verificar que pegue con el troquel. Se ajusta la parte superior del troquel al cabezote para que quede fijo y la base del troquel en la máquina con los pisadores que esta tiene.



**Figura 26.** Troqueladora

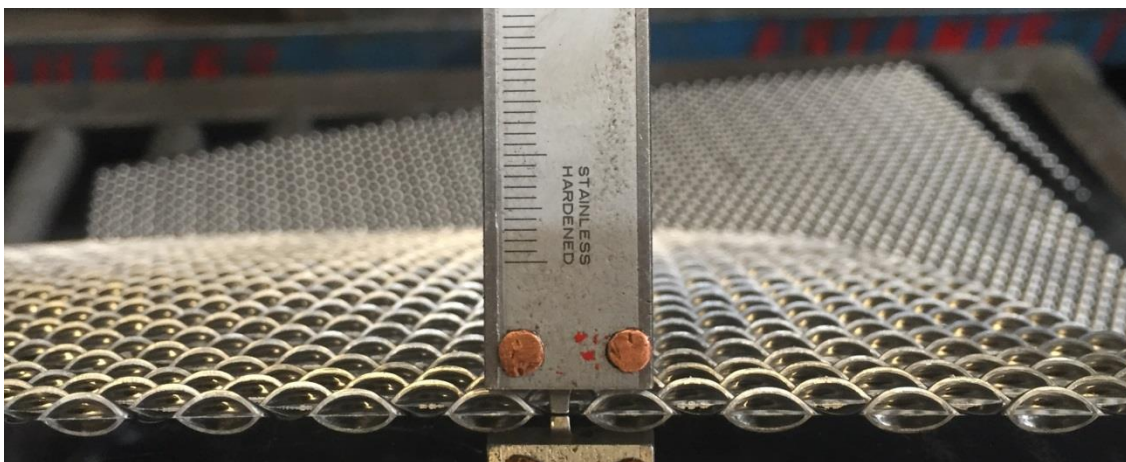


**Figura 27.** Ajuste oscilaciones troqueladora



**Figura 28.** Ajuste troquel con pisadoras

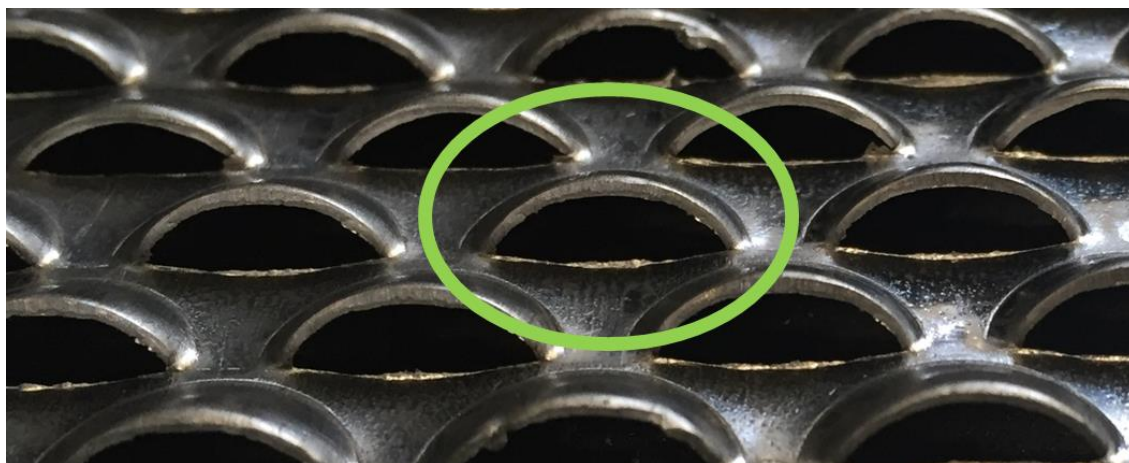
Cuando ya se tiene acomodado el troquel en la máquina debe ubicarse el tope o molde que se usa en cada camisa para respetar/conservar la altura del corte del diente y los bordes, para verificar el buen funcionamiento del tope se deben realizar pruebas con láminas recicladas para comprobar como saldrá el corte del diente de la camisa y si cumple con los requerimientos de altura, así mismo debe verificarse que el corte sea limpio y esté libre de rebabas.



**Figura 29.** Verificación altura del diente con calibrador



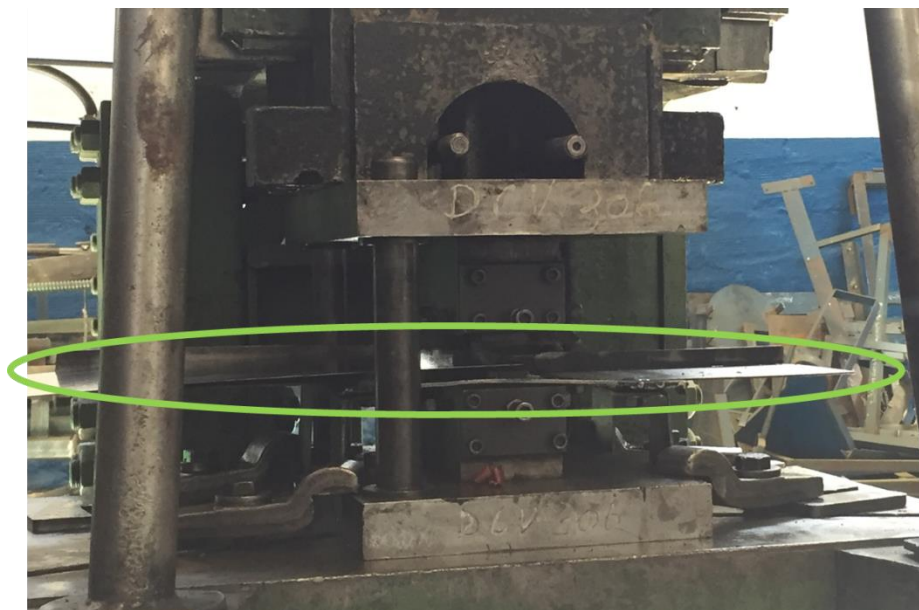
**Figura 30.** Corte del diente con rebabas



**Figura 31.** Corte del diente limpio y libre de rebabas

Cuando ya la medida está lista se procede a troquelar las láminas. Para esto se debe cubrir la superficie de la lámina con una capa de aceite para protegerla a la hora de pasar por el troquel, luego debe ubicarse el borde de la lámina con el borde de la escuadra del troquel hasta que estos cacen, se inicia el troquelado, al finalizar se saca la camisa ya troquelada y se verifica el borde de lámina que queda sin troquelar, esta verificación se realiza de dos formas según el modelo de las camisas, si es una camisa de una máquina vertical se cuenta con una plantilla, la camisa debe cazar/encajar perfectamente en el molde o si es de una maquina horizontal se tienen medidas

específicas, las cuales deben tomarse con un metro en línea recta de un extremo a otro de la camisa. De no cumplir con las especificaciones de largo, las camisas deben llevarse a la guillotina y cortar el excedente, se verifica la medida o en el molde nuevamente hasta conseguir las medidas deseadas.



**Figura 32.** Escuadra del troquel

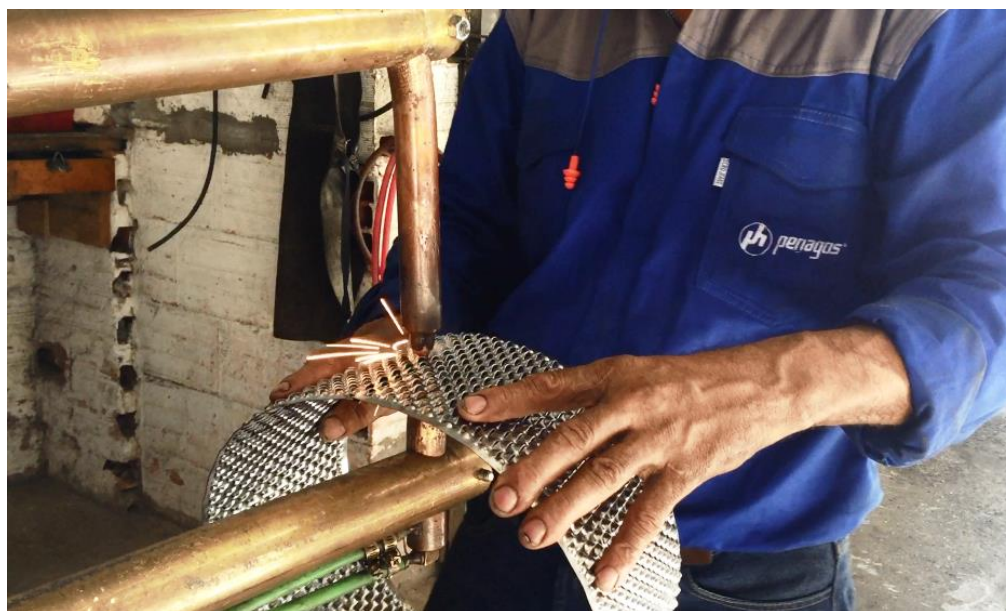


**Figura 33.** Largo del troquel según medidas para camisas horizontales

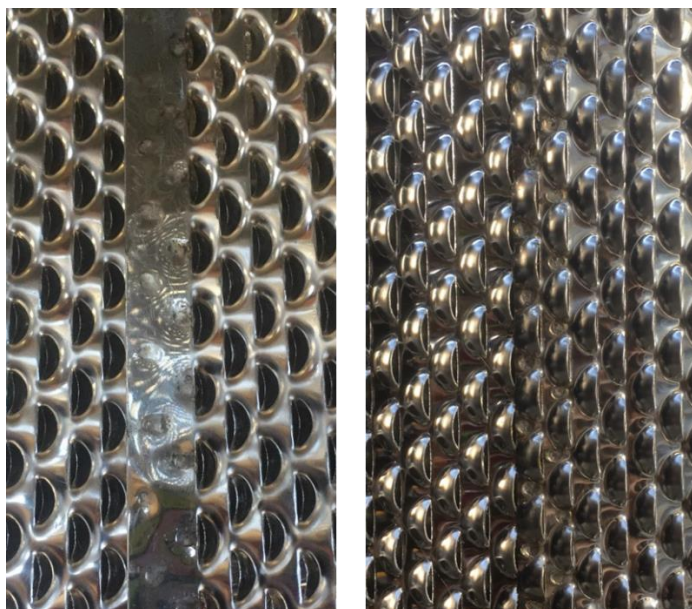


**Figura 34.** Largo del troquel según molde para camisas verticales

El siguiente paso es trasladar las camisas a la zona de soldadura de punto, donde se deben cilindrar, ya sea de forma manual o con ayuda de una guía, es para facilitar la soldadura. Se debe ajustar el soldador de punto a un amperaje específico de 50 A, si se van a usar las dos máquinas de soldadura de punto con las que cuenta la empresa, se debe manejar un amperaje más alto; se debe también ajustar el tiempo de soldadura. La soldadura debe ser casi imperceptible a simple vista.



**Figura 35.** Soldadura de punto, unión de las camisas



**Figura 36.** Vista interna y externa de una buena soldadura

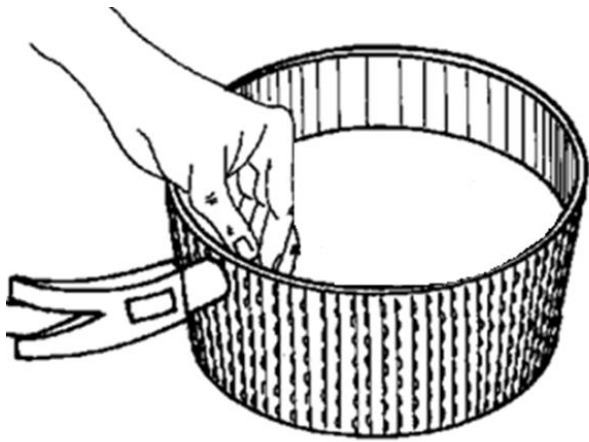
Cuando se tiene la camisa soldada se usa el dispositivo, plantilla o molde correspondiente para el modelo de camisa que se está fabricando, en el cual debe cazar perfectamente la camisa, en este molde se encuentran tres marcas o guías, las cuales sirven para indicar donde se deben realizar los refuerzos de las camisas; para realizar estos refuerzos se debe aplanar cada parte de la camisa indicada, con ayuda de un martillo, luego se toman 3 pedazos de lámina del mismo calibre, los cuales ya se tienen cortados con anterioridad y se solda nuevamente.



**Figura 37.** Guía para las camisas



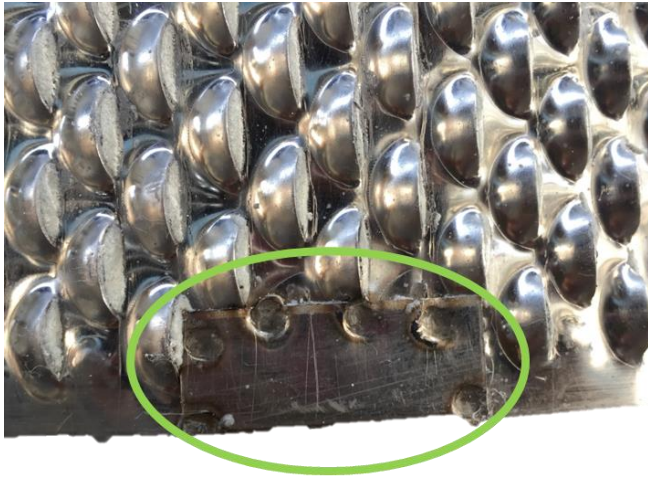
**Figura 38.** Marcas para el refuerzo de las camisas



**Figura 39.** Forma de aplanar para el refuerzo



**Figura 40.** Refuerzo con la guía



**Figura 41.** Refuerzo en la camisa ya terminado

En este punto ya se ha finalizado el proceso de metalistería en la fabricación de camisas, el paso a seguir es pintar las camisas, por medio del proceso de pintura electrostática ya mencionado anteriormente. Para la disposición final de las camisas se debe saber si estas van a ser usadas en el ensamble de alguna máquina o si se fabricaron con el fin de ser repuestos. Si es para ensamble estas se llevan al área de ensamble café para su uso; de lo contrario se sigue el proceso de empaque y marcación de los repuestos y finalmente se dejan en bodega.

### 3.1.5 Diagrama de causa efecto. Con la información anterior se construyen dos diagramas causa efecto

Uno general que aplica para toda la empresa, cuyo efecto es la falta de estandarización a lo largo del proceso productivo, en el cual englobamos los tres primeros objetivos específicos de este trabajo y el siguiente diagrama que va orientado a uno de los objetivos específicos, el cual tiene como efecto, el desconocimiento de los niveles actuales de OEE de la máquina cortadora láser, el

cual deriva de diferentes causas posibles. Este último debido a que la empresa requiere conocer hasta dónde ha llegado la puesta a punto de esta máquina que es su adquisición más reciente.

Para conocer la empresa y tener un diagnóstico inicial se hace uso del diagrama Ishikawa o causa-efecto, para ello se identifican y se hace un análisis de cuatro de los seis aspectos fundamentales llamados también 6M, los cuales son: mano de obra, materia prima, medición, método, máquina y medio ambiente. Los aspectos ya citados establecen una idea concreta acerca de la situación en la que fue encontrada la empresa al inicio de este trabajo de grado. Haciendo énfasis en reconocer los factores que afectan directamente el OEE (disponibilidad, eficiencia y calidad) de la máquina cortadora láser y la falta de estandarización de los procesos.

De los seis aspectos mencionados anteriormente se analizarán cuatro puntos de vista: mano de obra, materia prima, métodos y maquinaria. No se tendrá en cuenta la medición y el medio ambiente ya que el primero no se considera necesario en nuestro foco de estudio y el segundo se encuentra controlado por la empresa ya que este se ve influenciado positivamente por los pilares de la organización y su política del sistema de gestión integrado. Los factores a analizar están directamente relacionados con los niveles de disponibilidad, eficiencia y calidad medidos en el indicador para el caso del OEE y para el caso de la estandarización se realiza con base en el diagnóstico cualitativo de cada uno de los procesos pintura, ensamble y metalistería.

- Mano de obra o personal: La empresa en general cuenta con personal capacitado para cada una de las actividades que se realizan dentro de ella, en lo que concierne a la máquina láser, inicialmente al adquirirla, se capacitó a uno de los operarios durante dos días cuando lo

sugerido es por lo menos una semana. El operario, luego de un tiempo de práctica, capacitó dos operarios más, los cuales generalmente trabajan en el área de metalistería. Así mismo en las demás áreas se encuentran operarios especializados en máquinas o procedimientos, por ejemplo, para el caso de ensamble, se tienen operarios que se dedican a ensamblar siempre un mismo tipo de maquina; en ensamble se cuenta con un operario dedicado netamente a la producción de camisas. Esto hace que los operarios no sean polivalentes y en el momento que alguno falte no se realizará el trabajo de la misma forma. Se evidencia la falta de capacitación lo cual afecta directamente la curva de aprendizaje que tienen los operarios, esta curva que manejan los operarios es de aprendizaje individual, la cual es la mejora que se obtiene cuando las personas repiten un proceso y adquieren una habilidad o eficiencia en razón de su propia experiencia, en otras palabras “la práctica hace al maestro”

- Materia prima: la compañía tiene definidos estándares y requisitos en calidad, seguridad, suministro y logística que aplican para cada proveedor, actualmente cuentan con tres proveedores, el principal con antigüedad de más de 5 años y los otros dos aproximadamente de un año. Aun así, se presentan novedades debido a fallas en la materia prima, las cuales se consignan en la tabla 1, que muestra el promedio de novedades de 12 semanas en los meses de Mayo, Junio, Julio y Agosto del presente año, en la cual se observa que la materia prima presenta el segundo porcentaje más alto de novedades. En el apéndice A. encuentran las tablas semana a semana.

**Tabla 9.** Reporte de novedades

	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>
Materia prima	65	0,1653944
Producción	216	0,5496183
I+D, comercial	20	0,0508906
Ingeniería	38	0,0966921
Mantenimiento	43	0,1094148
Otros procesos	11	0,0279898
<b>Total novedades</b>	<b>393</b>	<b>1</b>

*Nota: Datos soportados por el departamento de producción, Penagos Hermanos & Compañía S.A.S*

Así mismo se evidencia que las láminas a usar llegan en tamaños estándares y para calibres altos, el transporte de las láminas se dificulta y no se puede realizar solo con un operario, sino se requiere de dos, tres y hasta cuatro operarios para movilizar una lámina de un lugar a otro.

- **Métodos:** En la empresa se pueden observar diferentes métodos a la hora de realizar las actividades que conlleva cada uno de los procesos. A pesar de que la empresa cuenta con tecnología, los procedimientos no se encuentran automatizados, lo que sugiere que los métodos no sean los mejores. Citando los procesos a la hora del lavado que hace parte del de pintura, las partes a tratar se deben pasar por ocho cubas las cuales contienen diferentes químicos, estos traslados se realizan con poleas las cuales deben ser operadas por un trabajador quien a la vez debe contabilizar el tiempo que deben permanecer las partes en cada una de las cubas.

Así mismo en el láser la forma de cargar y descargar la máquina no es la adecuada, ya que cuando se debe hacer este procedimiento con láminas de alto calibre se requiere la ayuda de más de dos operarios, los cuales deben suspender sus actividades para ayudar a cargar la máquina; en metalistería a la hora de realizar el troquelado de las camisas, los troqueles no se encuentran identificados o marcados, el operario que se dedica a esto ya conoce cual corresponde a cada referencia de camisa y la preparación al poner el troquel en la troqueladora es largo y de mucho cuidado.

- Máquina: Con respecto a las máquinas y herramientas usadas en la empresa, se llevan a cabo sesiones de 5'S un sábado de cada mes donde los operarios aplican los diferentes pasos del proceso en sus puestos de trabajo. Adicionalmente la empresa cuenta con la cantidad necesaria de máquinas y herramientas, siempre tratando de adquirir tecnologías que mejoren sus procesos, pero sin asignarle un espacio adecuado para la disposición de las herramientas al final de la jornada. Por otro lado, existen áreas de trabajo que no cuentan con las herramientas necesarias para cumplir con sus labores, por lo tanto los operarios deben realizar pausas entre sus trabajos para dirigirse a otras áreas y conseguir las herramientas necesarias, como es el caso de ensamble, donde no se cuenta con una gramera o balanza propia de esta área, sino deben dirigirse a soldadura para poder usarla.

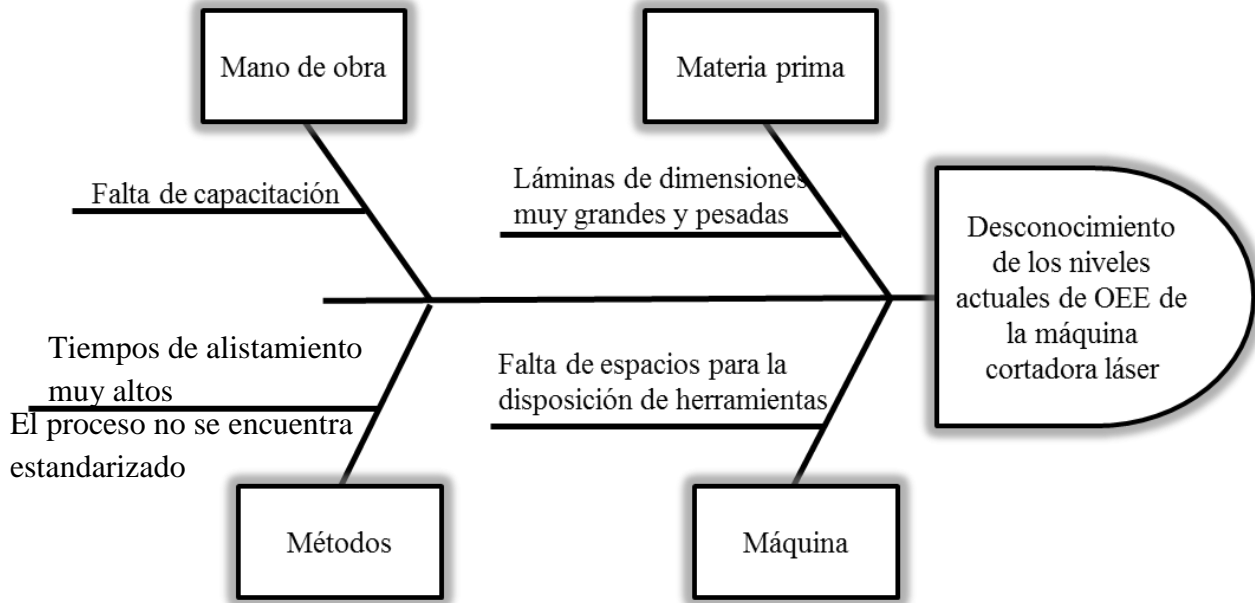


Figura 42. Diagrama causa efecto 1

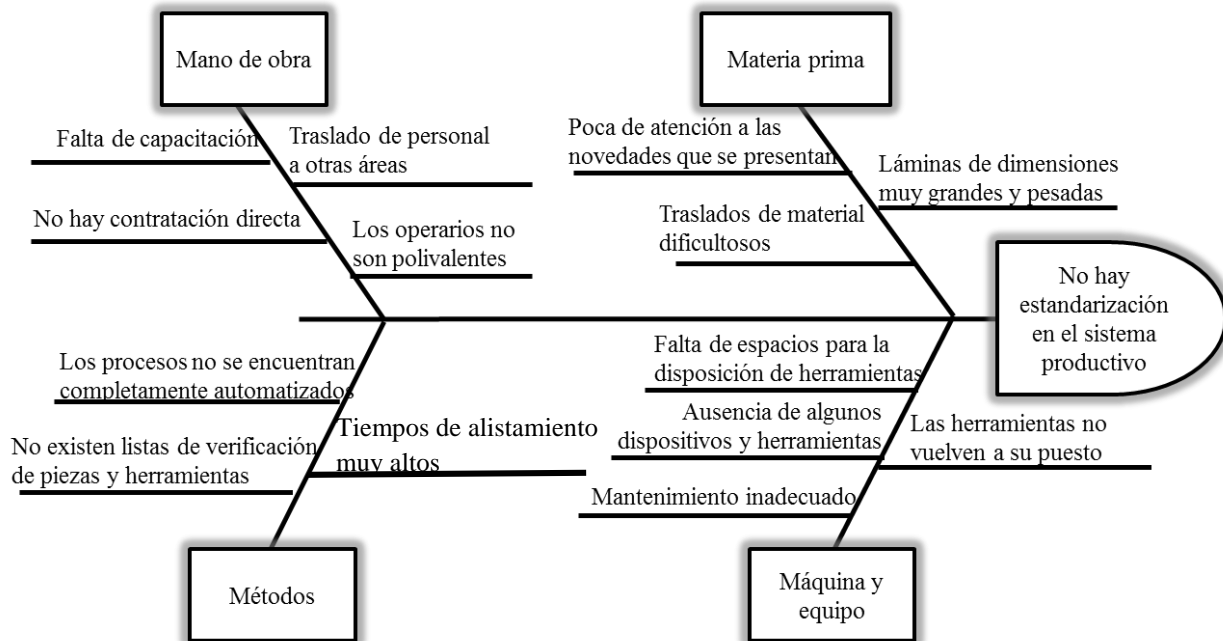








Figura 43. Diagrama causa efecto 2

### 3.2 Diagnóstico cuantitativo de los procesos

Para el diagnóstico cuantitativo de los procesos, se usa la herramienta del diagrama de proceso, el cual describe una a una las actividades y el orden que debe seguir un proceso para completarse


















3.2.1 Diagrama de proceso. Los siguientes diagramas de procesos se realizaron para cada uno de los procesos seleccionados a partir del criterio del gerente de producción. Se realizaron a partir de la observación del proceso, la descripción de cada una de las actividades, y orientados siempre por los líderes correspondientes de cada sección.

Actividad	Símbolo	Resultado inmediato
Transporte		Mueve, transporta, desplaza.
Operación		Produce, completa, realiza.
Inspección		Verifica, comprueba.
Oper/Inspección		Combinación.
Almacenamiento		Guarda, protege, almacena.
Espera		Retraza, demora, interfiere.

**Figura 44.** Conversiones diagrama de proceso

N°	Descripción de la operación	Símbolo
	Suministro ejes a la zona de trabajo	
Op 10	Ubicación de los ejes en arrumes	
Op 20	Roscado del alambre	
	Almacenamiento en arrumes	
Op 30	Ubicación en la canasta	
Op 40	Inmersión Kleanex KS 100	
Op 41	Enjuague sistema de burbujeo con rebose	
Op 42	Enjuague hidrolavadora	
Op 43	Inmersión Fosfex 90	
Op 44	Lavado agua	
Op 45	Enjuague hidrolavadora	
Op 46	Enjuague agua sistema de burbujeo	
Op 47	Inmersión Fosfaton 32	
Op 48	Enjuague agua sistema de burbujeo	
Op 49	Inmersión agua caliente	
Op 50	Sacar ejes	
	Dejar secar a temperatura ambiente	
Op 60	Secar con compresor y verificar que este libre de humedad	
	Transporte ejes zona de pintura	
Op 70	Ubicar ejes en ganchos	
Op 80	Secar con compresor	
Op 90	Aplicar pintura	
Op 100	Aplicar aire en terminaciones y verificar que no queden restos de pintura	
	Dejar secar a temperatura ambiente	
	Precalentar horno	
Op 110	Hornear ejes	
	Dejar enfriar a temperatura ambiente	
Op 120	Ubicar en arrumes	
Op 130	Quitar alambre	
Op 140	Ubicar para entrega	
	Almacenar mientras se entregan	

**Figura 45.** Diagrama de proceso, pintura ejes

N°	Descripción de la operación	Símbolo
	Verificar martillos y cuchillas	
	Traer gramera de soldadura	
Op 10	Preparar gramera	
Op 20	Pesar y agrupar cuchillas	
Op 30	Pesar y agrupar martillos	
	Llevar gramera a soldadura	
Op 40	Poner portamartillos en rotor	
Op 50	Poner arandelas y martillos	
Op 60	Poner y asegurar cuchillas en rotor	
Op 70	Arreglar el rotor	
	Almacenar rotor	
	Traer chumacera de mecanizado	
Op 80	Realizar el roscado a la chumacera	
Op 90	Poner grasería recta	
	Llevar chumacera a la prensa hidráulica	
Op 100	Poner eje con rodamientos en la prensa	
Op 110	Aplicar grasa	
Op 120	Poner subensamble del eje con la chumacera en la prensa	
Op 130	Poner chaveta elástica	
	Trasladar a la zona de ensamble este subensamble	
	Verificar que los ejes entren en el rotor	
	Almacenar rotor con eje	
	Traer el cuerpo	
Op 140	Verificar y arreglar hasta que la tapa cierre	
Op 150	Poner el deflector de salida	
Op 160	Repasar roscas del cuerpo	
Op 170	Poner contracuchilla	
Op 180	Ensamblar rotor en el cuerpo	
Op 190	Ensamblar eje-chumacera en el rotor en el cuerpo	
	Verificar funcionamiento del rotor	
	Verificar espacio entre cuchilla y contracuchilla	
Op 200	Poner polea del rotor	
Op 210	Poner la criba lisa y la tapa	
	Verificar que cierre	

**Figura 46.** Diagrama de proceso, ensamble TP8

N°	Descripción de la operación	Símbolo
	Verificar el corte de la cortadora láser	■
Op 10	Se pulen los bordes con una lima	●
Op 20	Se retira el papel que cubre la lámina	●
	Se llevan las láminas al área de troquelado	➔
Op 30	Se ajusta la troqueladora	⊙
Op 40	Se acomoda el respectivo troquel	●
Op 50	Se ubican los topes o moldes necesarios	●
Op 60	Se realiza una prueba con una lámina reciclada	●
	Se verifica la altura del diente con un calibrador	■
Op 70	Se ajustan los topes	⊙
Op 80	Se realiza una prueba hasta que la altura sea la deseada	●
	Se aplica aceite a la lámina nueva	➔
Op 90	Se ajusta el borde de la lamina con la escuadra del troquel	●
Op 100	Se realiza el troquelado	●
	Se verifica el largo del troquelado	■
Op 110	Se ajusta el largo del troquelado con la cizalla o guillotina	●
	Se verifica el largo del troquelado	■
	Se llevan las láminas al área soldadura	➔
Op 120	Se cilindra la lámina manualmente o con ayuda	●
Op 130	Se ajusta el soldador de punto el amperaje y el tiempo	⊙
Op 140	Se solda la camisa	●
	Se verifica la soldadura	■
Op 150	Se usa el molde correspondiente para verificar las medidas	⊙
Op 160	Se realizan los tres refuerzos según la guía	●
	Se lleva a pintura	➔
Op 170	Se pinta por el proceso de pintura electrostática	●

**Figura 47.** Diagrama de proceso, metalistería, fabricación camisa DV 306

### 3.3 Diagnóstico de los procesos

En cada uno de los procesos estudiados, pintura, ensamble y metalistería, se logran identificar actividades críticas en las cuales se observan opciones de mejora. A continuación, se desglosan las actividades o puntos críticos identificados en los procesos.

En pintura: Se identifican dos puntos críticos, el primero enfocado exclusivamente en la pintura de los ejes ya que el proceso de adaptar un alambre como gancho a cada uno de los ejes vuelve este proceso algo muy largo y difícil de estandarizar, además de requerir un operario únicamente para esta labor y luego tener que retirar el alambre eje por eje, de forma manual. El segundo ya está enfocado en la pintura para cualquier pieza, en la parte del lavado; ya que la canasta de lavado debe ser manejada por uno operario, quien debe estar los 80 minutos que tarda el lavado, pendiente de mover la canasta.

En ensamble: Se observa que la falla más común a la hora de ensamblar cualquier referencia, radica en la falta de preparación, ya que, en ocasiones, deben dejar el ensamble a medias para poder trasladarse a otro lugar para buscar una pieza, tornillo, herramienta o máquina que se necesita para finalizar con el ensamble; esto conlleva a tiempos de preparación mayores a los estándares de la empresa. Así mismo, es necesario contar con herramientas exclusivas para el área de ensamble como lo es una gramera.

En metalistería: Se encuentra que la falencia y el cuello de botella está en el área de troquelado de las camisas, ya que la preparación tanto de la máquina como de las láminas a troquelar es tediosa y gasta mucho tiempo, al igual que no se encuentran estandarizadas las medidas al finalizar el troquelado para cada referencia de camisa. Se observa la necesidad de analizar la eficiencia de la máquina cortadora láser, para con esto conocer hasta qué punto se ha logrado la implementación de ésta.

#### 4. Análisis de eficiencia

##### 4.1 OEE

Como se consigna en el marco teórico, el OEE es la Eficacia Global del Equipo, que es la medida de la productividad formada por el producto de la disponibilidad o utilización, el rendimiento y la calidad.

Para el cálculo del OEE en el presente proyecto se contará con las siguientes modificaciones:

La utilización o disponibilidad se define como:

$$U = Utilización = \frac{Tiempo\ operativo}{Tiempo\ planificado}$$

Donde el tiempo de planificado, como su nombre lo indica, es el tiempo estimado o planificado en el que el equipo se encuentra en condiciones de trabajar, estos pueden ser los turnos en los que el equipo opera, es decir, si el equipo sólo trabaja en el turno de la mañana y no en el de la noche, el tiempo del turno de la mañana será el grado de utilización del equipo. Para este proyecto se llamará disponibilidad D y está definida como el cociente entre el tiempo operativo, es el tiempo que trabaja el equipo incluyendo la programación, carga y descarga de material y el tiempo planificado que son los turnos en los que la máquina debe operar, en este caso, un turno diario de 8 horas.

El rendimiento es el tiempo neto o tiempo teórico, se calcula siguiendo la ecuación:

$$R = Rendimiento = \frac{Tiempo\ neto}{Tiempo\ operativo}$$

Para términos del presente trabajo el rendimiento es el cociente entre el tiempo de funcionamiento (neto) del equipo y el tiempo operativo; donde el tiempo de funcionamiento es el tiempo en el que se usó exclusivamente la máquina incluyendo programación y preparación.

La calidad es el tiempo útil, en casos donde las producciones son homogéneas se define como lo indica el marco teórico. Para casos donde las producciones no son homogéneas como es el caso de la máquina a estudiar en el presente trabajo, la calidad está dada como el cociente entre el tiempo productivo (útil) y el tiempo de funcionamiento (neto) como lo sugiere la siguiente ecuación:

$$Q = \text{Calidad} = \frac{\text{Tiempo productivo}}{\text{Tiempo neto}}$$

Donde el tiempo productivo, se define como el tiempo en el que la máquina trabajó sin incluir paradas no planificadas, programación, preparación, carga, descarga, etcétera.

Teniendo como base lo anterior, la OEE está dada por:

$$OEE = \text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad}$$

$$OEE = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo planificado}} * \frac{\text{Tiempo neto}}{\text{Tiempo operativo}} * \frac{\text{Tiempo productivo}}{\text{Tiempo neto}}$$

De lo cual resulta

$$OEE = \frac{\text{Tiempo productivo}}{\text{Tiempo planificado}}$$



para el tiempo operativo se contó con la ayuda del área de recursos humanos, quienes proporcionaron las horas que los operarios trabajaron cada día, las cuales se obtienen al operario marcar la tarjeta a la entrada y salida, los demás datos fueron tomados de los formatos. En el apéndice D se observan algunos de los formatos llenos.

### 4.3 Análisis de resultados

- En términos del uso de materia prima

En términos del uso de materia prima se analiza la eficiencia que es la relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados por la máquina cortadora láser.

La siguiente tabla muestra el porcentaje de uso de materia prima en la máquina cortadora láser, durante los meses de Junio y Julio de 2017. Este porcentaje se halló conociendo el peso de cada lámina de materia prima que se usaba en la cortadora láser y el peso del retal al finalizar cada corte.

**Tabla 10.** Porcentaje de uso de materia prima

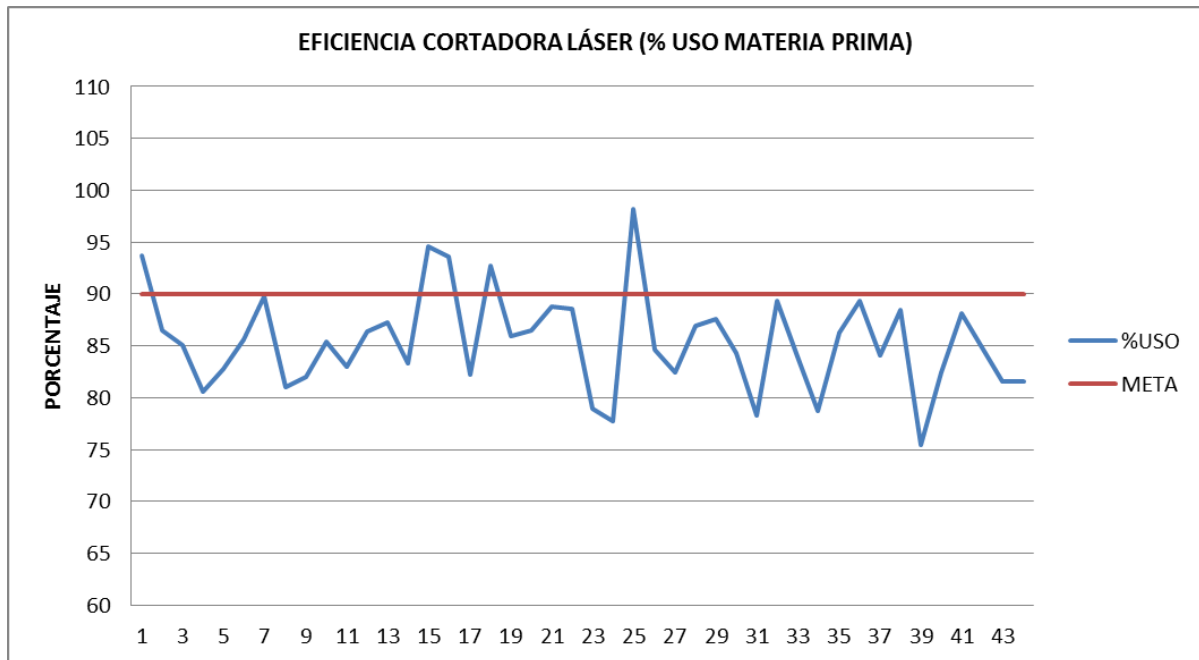
<b>Porcentaje de uso de materia prima</b>			
<b>Fecha</b>	<b>% Uso</b>	<b>Fecha</b>	<b>% Uso</b>
07/06/2017	93,71	06/07/2017	78,96
08/06/2017	86,44	07/07/2017	77,74
09/06/2017	85,01	08/07/2017	98,16
10/06/2017	80,56	10/07/2017	84,57
12/06/2017	82,74	11/07/2017	82,44
13/06/2017	85,61	12/07/2017	86,92
14/06/2017	89,71	13/07/2017	87,59
15/06/2017	80,97	14/07/2017	84,24
16/06/2017	82	15/07/2017	78,33

<b>Fecha</b>	<b>%Uso</b>	<b>Fecha</b>	<b>%Uso</b>
17/06/2017	85,4	17/07/2017	89,3
20/06/2017	83,03	19/07/2017	84,02
21/06/2017	86,38	20/07/2017	78,67
22/06/2017	87,25	21/07/2017	86,29
23/06/2017	83,34	22/07/2017	89,31
24/06/2017	94,55	23/07/2017	84,04
27/06/2017	93,58	24/07/2017	88,42
28/06/2017	82,2	25/07/2017	75,39
29/06/2017	92,7	26/07/2017	82,45
30/06/2017	85,98	27/07/2017	88,17
01/07/2017	86,46	28/07/2017	84,86
04/07/2017	88,82	29/07/2017	81,52
05/07/2017	88,55	30/07/2017	81,53
<b>Promedio</b>			85,41
<b>% Uso total</b>			83,87

El porcentaje promedio se halló realizando la suma de los promedios hallados anteriormente y el porcentaje de uso total se halló directamente con la suma de los pesos totales de las láminas utilizadas y la suma de los retales de lámina al final de cada corte.

Para fines de análisis es mejor utilizar el porcentaje de uso total que el promedio ya que el primero se calcula utilizando todos los datos y genera un resultado más exacto.

La siguiente gráfica muestra el comportamiento de los datos de la tabla anterior frente a una meta, se considera una meta del 90% de uso de la materia prima, ya que se espera que el índice de eficiencia sea lo más cercano posible a 100%. Se usa 90% al ser una meta realista, alcanzable y que se puede mantener en el tiempo.



**Figura 49.** Eficiencia cortadora laser

De la gráfica y la tabla se evidencia que en el 77.27% de los días (correspondiente a 34 días) los resultados se encuentran entre el 80% y el 89,99%, lo cual se considera como buen resultado, ya que presenta un comportamiento estable y no se encuentra alejado de la meta. En el 11.36% de los días (correspondiente a 5 días) se logró superar la meta propuesta y en el 11.36% de los días (correspondiente a 5 días) se obtuvo una eficiencia entre el 70% y el 79,99%.

Se concluye que la cortadora láser hace un uso aceptable de los recursos con los que trabaja, en este caso de la materia prima.

- En términos del tiempo de uso

En términos del tiempo de uso se analiza por medio del OEE con una pequeña modificación explicada al inicio de este capítulo.

Las siguientes tablas muestran los tiempos día a día y el cálculo paso a paso del OEE.

**Tabla 11.** Tiempos para calculo OEE

<b>Tiempos</b>				
<b>Fechas</b>	<b>Planificado (A)</b>	<b>Operativo (B)</b>	<b>Funciona (C)</b>	<b>Productivo (D)</b>
07/06/17	28800	11376	11031	7231
08/06/17	28800	27576	7724	5604
09/06/17	28800	39600	20940	14339
10/06/17	28800	21600	10673	6738
12/06/17	28800	27576	2372	873
13/06/17	28800	28880	24452	17557
14/06/17	28800	25812	7756	6496
15/06/17	28800	25776	18161	12521
16/06/17	28800	15588	9431	4711
17/06/17	28800	13788	6538	3978
20/06/17	28800	31176	16916	11906
21/06/17	28800	54540	53247	36447
22/06/17	28800	49788	45556	34636
23/06/17	28800	34812	33904	21274
24/06/17	28800	34812	34103	24443
27/06/17	28800	13176	8035	2275
28/06/17	28800	50076	39876	21036
29/06/17	28800	22212	16566	10176

<b>Fechas</b>	<b>Planificado (A)</b>	<b>Operativo (B)</b>	<b>Funciona (C)</b>	<b>Productivo (D)</b>
30/06/17	28800	32400	27222	13752
01/07/17	28800	28152	13637	5657
04/07/17	28800	28188	14259	4539
05/07/17	28800	27576	17000	11960
06/07/17	28800	27576	19529	10739
07/07/17	28800	27576	14825	5885
08/07/17	28800	27576	9010	1750
10/07/17	28800	24588	12316	6676
11/07/17	28800	27576	17314	7554
12/07/17	28800	31176	30304	21454
13/07/17	28800	35676	34953	23763
14/07/17	28800	27000	6750	3390
15/07/17	28800	27612	21256	12856
17/07/17	28800	26604	17815	4555
19/07/17	28800	32904	8710	3010
20/07/17	28800	25704	11397	4667
21/07/17	28800	25200	15875	7715
22/07/17	28800	13752	9257	4097
23/07/17	28800	18612	11936	4046
24/07/17	28800	21600	8410	5650

<b>Fechas</b>	<b>Planificado (A)</b>	<b>Operativo (B)</b>	<b>Funciona (C)</b>	<b>Productivo (D)</b>
25/07/17	28800	32364	23976	11496
26/07/17	28800	32976	29680	17080
27/07/17	28800	35928	34150	24490
28/07/17	28800	39564	35600	26540
29/07/17	28800	37728	18790	7930
30/07/17	28800	25776	18434	9554

**Tabla 12.** Calculo OEE**Calculo**

<b>Fecha</b>	<b>Disponibilidad (B/A)</b>	<b>Rendimiento (C/B)</b>	<b>Calidad (D/C)</b>	<b>OEE</b>
07/06/17	40%	97%	66%	25%
08/06/17	96%	28%	73%	19%
09/06/17	138%	53%	68%	50%
10/06/17	75%	49%	63%	23%
12/06/17	96%	9%	37%	3%
13/06/17	100%	85%	72%	61%
14/06/17	90%	30%	84%	23%
15/06/17	90%	70%	69%	43%
16/06/17	54%	61%	50%	16%
17/06/17	48%	47%	61%	14%
20/06/17	108%	54%	70%	41%

<b>Fecha</b>	<b>Disponibilidad (B/A)</b>	<b>Rendimiento (C/B)</b>	<b>Calidad (D/C)</b>	<b>OEE</b>
21/06/17	189%	98%	68%	127%
22/06/17	173%	91%	76%	120%
23/06/17	121%	97%	63%	74%
24/06/17	121%	98%	72%	85%
27/06/17	46%	61%	28%	8%
28/06/17	174%	80%	53%	73%
29/06/17	77%	75%	61%	35%
30/06/17	113%	84%	51%	48%
01/07/17	98%	48%	41%	20%
04/07/17	98%	51%	32%	16%
05/07/17	96%	62%	70%	42%
06/07/17	96%	71%	55%	37%
07/07/17	96%	54%	40%	20%
08/07/17	96%	33%	19%	6%
10/07/17	85%	50%	54%	23%
11/07/17	96%	63%	44%	26%
12/07/17	108%	97%	71%	74%
13/07/17	124%	98%	68%	83%
14/07/17	94%	25%	50%	12%
15/07/17	96%	77%	60%	45%

<b>Fecha</b>	<b>Disponibilidad (B/A)</b>	<b>Rendimiento (C/B)</b>	<b>Calidad (D/C)</b>	<b>OEE</b>
17/07/17	92%	67%	26%	16%
19/07/17	114%	26%	35%	10%
20/07/17	89%	44%	41%	16%
21/07/17	88%	63%	49%	27%
22/07/17	48%	67%	44%	14%
23/07/17	65%	64%	34%	14%
24/07/17	75%	39%	67%	20%
25/07/17	112%	74%	48%	40%
26/07/17	115%	90%	58%	59%
27/07/17	125%	95%	72%	85%
28/07/17	137%	90%	75%	92%
29/07/17	131%	50%	42%	28%
30/07/17	90%	72%	52%	33%

Para realizar el análisis del OEE se tendrá en cuenta la siguiente calificación:

1.  $OEE < 65\%$  Inaceptable. Se producen importantes pérdidas económicas. Muy baja competitividad.
2.  $65\% < OEE < 75\%$  Regular. Aceptable sólo si se está en proceso de mejora. Pérdidas económicas. Baja competitividad.

3.  $75\% < OEE < 85\%$  Aceptable. Continuar la mejora para superar el 85 % y avanzar hacia la World Class. Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
4.  $85\% < OEE < 95\%$  Buena. Entra en Valores World Class. Buena competitividad.
5.  $OEE > 95\%$  Excelencia. Valores World Class. Excelente competitividad.

Se observa que en el 79,54% de los días (correspondiente a 35 días) se encontró un  $OEE < 65\%$  lo cual indica que es un porcentaje inaceptable, por lo tanto, de muy baja competitividad. Observando desde el origen de los datos se concluye que este bajo porcentaje se da ya que la cortadora láser realiza los cortes a mayor velocidad que la forma como se cortaba anteriormente. Así mismo se concluye que el tiempo productivo es el que afecta directamente al OEE, pero se debe tener en cuenta que el tiempo productivo se halla teniendo como base el tiempo operativo. Las variaciones en el tiempo operativo se dan cuando en metalistería se tienen más trabajos a parte de la utilización de la láser y las variaciones en el tiempo de funcionamiento se dan cuando no existen pedidos por los cuales la láser deba ser utilizada.

Se observa que en el 6,8% de los días (correspondiente a 3 días) se encontró un OEE de entre 65% y 75% el cual es regular, para este caso se puede tomar como aceptable ya que en los meses de Junio y Julio se inició en forma con el funcionamiento de la máquina láser.

Se observa que en el 2,2% de los días (correspondiente a 1 día) se encontró un OEE de entre 75% y 85% el cual es aceptable, y la competitividad aumenta.

Se encuentra que en el 4.5% de los días (correspondiente a 2 días) se encontró un OEE de entre 85% y 95%, el cual es un valor bueno de buena competitividad.

Para finalizar se observa que en el 4.5% de los días (correspondiente a 2 días) se encontró un OEE mayor al 95% y para estos dos días mayor al 100% lo cual es una excelente competitividad,

este aumento del OEE se da debido a que se trabaja más de lo programada, es decir, que existieron horas extras en estos días.

En general se muestra una variabilidad en los resultados del OEE a través de los días, sin evidenciar ningún patrón. Como acción de mejora para aumentar el OEE se plantea realizar una planificación de los pedidos de forma que se llegue a conseguir niveles de OEE mayores al 85% que sería lo ideal. Así mismo planificando los pedidos y lo que se debe cortar en la máquina láser para evitar tener OEE mayores al 100% que son buenos en términos de competitividad, pero a la hora de analizar los costos, estos generan mayores costos debido a las horas extra.

## 5. Plan de mejoramiento

**Tabla 13.** Plan de mejoramiento

Problema que se pretende atender	Objetivos de la propuesta	Descripción de la propuesta de mejora	Plan de acción para la implementación
En la sección de pintura la puesta de los alambres a las piezas; mala acomodación de las piezas en las canasta de lavado, horneado y cabina de pintura.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir tiempos de preparación.</li> <li>• Eliminar costos de personal</li> </ul>	Implementar imanes de neodimio para la canasta de lavado y cabina de pintura e imanes cerámicos en la canasta de horneado.	El plan de acción se describe en el numeral 5.1
		Adecuar dos o tres varillas de hierro a la canasta de lavado.	

Problema que se pretende atender	Objetivos de la propuesta	Descripción de la propuesta de mejora	Plan de acción para la implementación
En la sección de ensamble tiempos de alistamiento elevados ocasionados por el desorden que se presenta en esta área.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir tiempos de alistamiento</li> <li>• Mejorar la calidad de las máquinas</li> <li>• Eliminar reprocesos</li> </ul>	Realizar una lista de verificación de piezas y herramientas para el ensamble de las referencias con mayor demanda.	El plan de acción se describe en el numeral 5.2
En la sección de metalistería el desconocimiento de las medidas y estándares en la fabricación de las camisas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir tiempos</li> <li>• Mejorar la calidad del producto</li> <li>• Aumentar la curva de aprendizaje en los operarios</li> </ul>	Diseñar una ficha técnica para el proceso de verificación de las camisas, que incluya medidas, indicaciones y especificaciones de éstas.	El plan de acción se describe en el numeral 5.3
En la sección de metalistería el desconocimiento de las medidas y estándares en la fabricación de las camisas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir tiempos</li> <li>• Mejorar la calidad del producto</li> <li>• Aumentar la curva de aprendizaje en los operarios</li> </ul>	Diseñar una ficha técnica para el proceso de verificación de las camisas, que incluya medidas, indicaciones y especificaciones de éstas.	El plan de acción se describe en el numeral 5.3

Problema que se pretende atender	Objetivos de la propuesta	Descripción de la propuesta de mejora	Plan de acción para la implementación
En el área de repuestos no se tiene una guía de cómo preparar los repuestos para su venta final	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar la calidad del producto final.</li> <li>• Aumentar la curva de aprendizaje</li> <li>• Reducir tiempos de ejecución de la actividad</li> </ul>	Diseño de fichas técnicas que contengan la descripción de los repuestos con sus principales características, seguido del proceso de preparación de cada uno de los repuestos más difíciles de identificar según el criterio del operario	El plan de acción se describe en el numeral 5.4

### 5.1 Plan de acción propuesta área de pintura

- Actividades

Adecuar imanes de neodimio en la canasta de lavado y cabina de pintura y ubicar imanes cerámicos en la canasta para horno. A continuación, se presentan las características de estos dos tipos de imanes:

Imanes de neodimio: representan la última generación de los materiales magnéticos. Dichos imanes poseen propiedades muy superiores a las tradicionales. Su alta coercitividad y su elevada remanencia magnética permiten obtener en pequeños imanes gran fuerza de atracción, por lo cual

tiene muchas aplicaciones. Entre sus principales características encontramos: alta remanencia magnética, es un material duro (esto impide su maquinado con herramientas convencionales), el material es frágil (lo hace quebradizo y se puede romper cuando se golpea), sensible a la oxidación (está recubierto con una capa de cromo, níquel o zinc para evitar la exposición al medio ambiente), la temperatura máxima recomendada para trabajar es de 80°C, para trabajo a mayor temperatura ofrecemos un imán de neodimio especial.

Imanes cerámicos: están compuesto de óxido de hierro, ferrita de estroncio así como pequeñas cantidades de otros óxidos metálicos, presentan un buen balance entre temperatura de trabajo de -50°C hasta 250°C, resistencia a la oxidación, y fuerza magnética. Entre sus principales características encontramos: son de baja remanencia magnética, es un material duro (esto impide su maquinado con herramientas convencionales), el material es frágil (lo hace quebradizo y se puede romper cuando se golpea), su temperatura máxima de trabajo está en 250°C, su costo es bajo, es resistente a la oxidación

Para la adecuación de los imanes de neodimio y cerámicos en la canasta de lavado se propone adecuar entre 2 y 3 varillas de forma horizontal, en la parte superior de la canasta, a estas varillas se les pondrán los imanes, reforzando con soldadura, de forma que no se deba realizar la preparación del eje con el alambre, sino ubicar los ejes en cada espacio con imán.

En la cabina de pintura se adecuan los imanes, reforzándolos con soldadura a las varillas con las que se cuenta actualmente, es decir en lugar de los ganchos que se encuentran en cada varilla se deben ubicar imanes.

Para la canasta del horno se van a usar imanes cerámicos por sus características y su resistencia a las altas temperaturas. Los cuales se ubican los imanes, reforzándolos con la soldadura en los lugares donde normalmente se deben ubicar los gachos que sostienen los ejes. Esto no solo

elimina la preparación de los ejes, sino también la preparación de la canasta ya que los ganchos no son fijos, sino se deben ubicar dependiendo de la pieza que vaya a ser horneada.

- Responsables

Como responsable de esta propuesta queda encargada la coordinadora de producción quien es la interesada en la puesta en marcha del plan de mejoramiento en su totalidad.

- Recursos requeridos

En Colombia se pueden conseguir en la casa del imán por medio de los siguientes medios

- Página web: <http://www.casadeliman.com>
- Teléfonos: (57) (1)4137222 - 2624628
- Celulares: (57) 3143949705 - 3112276264
- Dirección: Carrera 71#6B-37 Bogotá, Colombia
- Caja por 100 unidades de imanes cerámicos industriales de disco con diámetro 1” y 5mm de espesor, grado 5, marca X-bet Magnet, con un valor de \$274.000
- Caja por 30 unidades de imanes cerámicos de disco con 1” de diámetro, grado 5, marca AETHER FORCE MAGNETS con un valor de \$110.000
- Tiempo estimado

El tiempo estimado para la puesta en marcha de la propuesta está dado por el tiempo de entrega de los imanes luego de realizar el pedido, ya que usar los imanes es un proceso muy sencillo el cual no requiere preparaciones previas.

- Nivel de implementación de la propuesta

Se socializó la propuesta en el área de producción y con el líder del proceso de pintura, se dejó realizada una cotización y se está a la espera de otra para poder tomar una decisión dependiendo de los costos y características de los imanes.

## **5.2 Plan de acción propuesta área de ensamble**

- Actividades

Diseñar una lista de verificación de las partes o piezas y herramientas a usar para el ensamble de las referencias TP8, PP300, PP600. TP24 y P9, las cuales son referencias de alta demanda y por lo tanto de alta rotación. Para la realización de estas listas de verificación se cuenta con el apoyo del operario encargado del ensamble de estas máquinas y el uso de los manuales técnicos suministrados por el área de producción.

La lista de verificación se realiza usando la herramienta de Microsoft Office Excel, la cual se programa con el fin de conocer las cantidades de cada pieza dependiendo de la cantidad de unidades que se vayan a ensamblar de cada referencia. La lista de verificación se puede observar en el apéndice C.

- Responsables

Para la realización de esta propuesta de mejora, se asignan como responsables la autora del presente proyecto, encargada de recolectar y organizar la información, el líder de ensamble, encargado de suministrar información acerca de las piezas y herramientas y un dibujante de producción, encargado de suministrar los manuales técnicos para corroborar las piezas.

- Recursos requeridos

Se requiere tiempo del operario de ensamble para la recolección de la información, un computador para la búsqueda de los manuales técnicos y la elaboración de las listas de verificación, impresora y papel a la hora de la puesta en marcha, cada que el operario solicite la lista para iniciar con el ensamble.

- Tiempo estimado

Se dispone de 3 días para la recolección de información en el área de ensamble, se dispone de 5 días para revisar los manuales técnicos y elaborar las fichas técnicas, se dispone de 2 días para la socialización de la propuesta y la prueba piloto de la misma.

- Nivel de implementación de la propuesta

La presente propuesta se realizó e implementó en su totalidad primero realizando la socialización de la herramienta con la coordinadora de producción, quien se encarga de entregar la lista impresa al operario de ensamble con la orden de producción asociada. Se evidenció un mayor orden a la hora de realizar el ensamble y un menor tiempo de preparación del mismo lo cual conlleva a que la empresa esté cercana a sus estándares de tiempo de alistamiento.

### **5.3 Plan de acción propuesta área de metalistería**

- Actividades

Realizar la ficha técnica para el proceso de verificación de las camisas, la cual consta de una estructura sencilla de entender, que aplica para todas las referencias que llevan camisas. Inicia con las verificaciones correspondientes al troquelado, seguido de las medidas para cada una de las camisas, finalizando con la verificación de la soldadura y los refuerzos, la cual se encuentra en el

apéndice D. Esta ficha técnica se socializó con el líder de metalistería y el operario encargado de la fabricación de las camisas.

Acompañar a la jornada de 5 ´s realizada el viernes 22 de diciembre de 2017, en la cual se marcaron los troqueles y plantillas de las camisas, conjunto se realiza una lista para la fabricación de la marquilla de éstas y se planteó reorganizar la estantería en el área de la troqueladora y la fabricación de las plantillas para las camisas horizontales.

- Responsables

En la realización de la ficha técnica para el proceso de verificación de las camisas, se asigna como responsable a la autora de este proyecto para el diseño y recolección de información, así mismo al operario encargado de las camisas, quien es el responsable de brindar toda la información necesaria para la elaboración de la ficha.

En la fabricación de las marquillas queda encargada el área de compras, quienes son los encargados de la adquisición de dichas marquillas, de igual manera, queda responsable el líder de metalistería quien vela para que en la próxima jornada 5´ s se logren colocar las marquillas a cada uno de los troqueles y moldes de camisas.

- Recursos requeridos

Se requiere tiempo del líder de la sección de metalistería y el operario encargado de las camisas para la recolección de la información, un computador para la elaboración de la ficha de verificación del proceso de las camisas, impresora y papel a la hora de la puesta en marcha.

- Tiempo estimado

Se dispone de un día por referencia de camisa para la recolección de información en el área de metalistería, se dispone de una semana para elaborar las fichas de verificación del proceso de las camisas, se dispone de 2 días para la socialización de la propuesta y la prueba piloto de la misma.


- Nivel de implementación

La presente propuesta se realizó e implementó en su totalidad primero realizando la socialización de la herramienta con la coordinadora de producción y el líder de la sección de metalistería, quienes se encargan de la socialización con los demás operarios del área. Se evidenció un menor tiempo de preparación del proceso de fabricación de las camisas y una notoria mejoría en la calidad del producto final.


#### **5.4 Plan de acción propuesta área de repuestos.**

- Actividades

Diseñar la ficha técnica de acuerdo a la siguiente estructura: al inicio se encuentra la información principal del repuesto como el nombre y la referencia, así como la máquina a la cual pertenece, el número de despiece que es el número que se encuentra en los manuales de cada máquina, el código interno que es el que se maneja en Siigo que es el software con el que trabaja la empresa, el número de piezas que lleva la máquina y el material, seguido por dos imágenes, la primera dónde se pueden visualizar las medidas de la pieza y la segunda donde se observa el repuesto desde diferentes vistas y son fotos reales. Al respaldo de la hoja se encuentra el proceso de preparación de repuesto para su venta individual. Y finalmente una imagen que muestra la ubicación de la marca de verificación la cual debe contener el código de la pieza, como lo muestra la figura 50.

 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">FICHA TÉCNICA DE REPUESTOS</span>	
REF.	DESCRIPCIÓN:
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
LINEA. FAMILIA. MÁQUINA. # PARTE DESPIECE. CANTIDAD POR MÁQUINA. CODIGO INTERNO. MATERIAL.	
DIMENSIONES BÁSICAS	VISTA DEL REPUESTO
NOTAS:	
Penagos Hermanos y Cia. SAS Zona Industrial Girón Kilómetro 7 Rincón de Girón, Contiguo a Tranejees, Girón Santander, Colombia www.penagos.com	

 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">FICHA TÉCNICA DE REPUESTOS</span>	
PROCESO DE PREPARACION DEL REPUESTO	
UBICACION MARCA DE VERIFICACION	
Penagos Hermanos y Cia. SAS Zona Industrial Girón Kilómetro 7 Rincón de Girón, Contiguo a Tranejees, Girón Santander, Colombia www.penagos.com	

**Figura 50.** Formato ficha técnica de repuestos

Actualmente no se han implementado las macas de verificación ya que Penagos Hermanos & Cía. S.A.S se encuentra en proceso de adquisición de una máquina que permita generar las marcas y ponerlas. Por esto aún se marcan manualmente, aun así, se dejan listas las marcas de verificación de los repuestos que ya cuentan con ficha técnica con el fin de cuando se obtenga la maquina se puedan imprimir las marcas inmediatamente.

Al tener el diseño aprobado por el gerente de producción se inicia con la recolección de información, el líder de la sección de repuestos Oscar Sánchez fue el encargado de orientar esta parte del presente trabajo, se inició con reuniones en las cuales se definieron los repuestos más urgentes a tratar, el orden y las fechas en las cuales se realizaría la recolección de la información,

esto para tener la seguridad de que el repuesto estuviera para poder obtener el registro fotográfico y las medidas aproximadas de cada uno de los repuestos.

En el área de alistamiento de los repuestos se encuentran todas las herramientas necesarias para lograr llevar a cabo la preparación de los repuestos (esmeril, llaves para repasar roscas)

Seguido de esto se pasó a conocer el área de alistamiento de los repuestos y el lugar donde se almacenan en bodega, estando en bodega se ubica el repuesto a generar la ficha técnica, el líder explica el proceso que el repuesto debe seguir luego de ser fabricado o comprado, hasta llegar al cliente o a la máquina en la cual se va a usar. Este proceso consta en mayor parte de pulir o afilar, lavar, pintar, verificar roscas, entre otros procesos. Luego se procede a realizar el registro fotográfico y toma de medidas de los repuestos.

- Responsables

En la realización de las fichas técnicas de los repuestos, se asigna como responsable a la autora de este proyecto para el diseño y recolección de información, así mismo al operario encargado de los repuestos, quien es el responsable de brindar toda la información y acompañamiento necesario para la elaboración de las fichas.

- Recursos requeridos

Se requiere tiempo del líder de la sección de metalistería y el operario encargado de las camisas para la recolección de la información, un computador para la elaboración de la ficha de verificación del proceso de las camisas, impresora y papel a la hora de la puesta en marcha.

- Tiempo estimado

Esta recolección de información se realiza a lo largo de 5 días, iniciando por las cuchillas y contracuchillas, seguido por los piñones o engranes y finalizando por los repuestos de la máquina P9. Así mismo se realiza la búsqueda de los manuales de despiece de cada máquina a la cual corresponden los diferentes repuestos a los cuales se les generó la ficha técnica, para así consultar el número de despiece, la cantidad por máquina, la referencia y en algunos casos el código interno de Siigo. Así mismo se procede a buscar los planos de los repuestos algunos en 2D y otros en 3D y los que no se encuentran generar estos planos.

Finalmente se generan modelos posibles a usar como marca de verificación y se validan dos tamaños de para la marca y que contenga la fecha y la referencia de los repuestos, estos se validan con la ingeniera Yurani, quien es la coordinadora de producción.

- Nivel de implementación

Para la implementación de las fichas técnicas, se procede a generar un menú o índice para cada sección (cuchillas, piñones y P9) que incluye un resumen de las características más relevantes de cada repuesto y el orden en el que se encontrarán. Estas fichas técnicas se imprimen por ambos lados de la hoja, a color para distinguir las características y se forran las hojas para evitar el deterioro con el uso en la planta y se anexan en una AZ que se ubica en el área de preparación de los repuestos para que esté disponible para todos los operarios en el momento que deseen.

Así mismo se entregan copias digitales de las fichas, que incluyen un documento con el formato, un documento editable de las fichas en Word y la versión para imprimir de las fichas en PDF.

La presente propuesta se realizó e implementó en su totalidad primero realizando la socialización de la herramienta con la coordinadora de producción y el líder de la sección de

repuestos. Se evidenció un menor tiempo de preparación de los repuestos, lo que conlleva a la empresa a estar cerca de sus estándares en los tiempos de alistamiento.

En el apéndice B se encuentran los índices para cada una de las secciones de las fichas de repuesto (Cuchilas y contracuchillas, engranes y P9) y un ejemplo de cada una de ellas en su versión final.

## **6. Conclusiones**

- Se realizó el diagnóstico de las operaciones del proceso productivo con el cual se logró conocer la situación actual de la empresa, ésta se socializó con el área de producción enfocada en el área de pintura, ensamble, metalistería y repuestos; en cada uno de ellos se identificaron puntos críticos y puntos con oportunidades de mejora.
- Se realizó el diagrama de proceso para cada uno de los procesos observados, seguido el análisis de causa y efecto, con ayuda de estas dos herramientas se plantean las posibles propuestas de mejora.
- Se diseñan y se socializan las propuestas de mejora con el área de producción, se propone un plan de mejoramiento para llevarlas a cabo.
- Con el plan de mejora y el apoyo de los líderes de cada área, se logran implementar algunas de las propuestas y las demás se dejan en el área de producción con un plan de acción para una futura implementación
- Se logró analizar la eficiencia general de los equipos OEE en la maquina cortadora laser del proceso de metalistería, durante dos meses, realizando un informe detallado de este indicador, adicionando el estudio del uso de materia prima por parte de esta misma máquina.

- Se diseñó y generó la ficha técnica de los repuestos más urgentes para la empresa, las cuales incluyen información a detalle de cada repuesto con su respectivo registro fotográfico; se implementaron en el área de preparación de los repuestos donde se evidenció mayor orden y aprendizaje.

### **7. Recomendaciones**

- Se recomienda continuar con el diagnóstico de las demás operaciones del proceso productivo, como son: mecanizado, soldadura y línea gas.
- Se sugiere identificar otros puntos críticos o los demás puntos con oportunidades de mejora, para con esto poder plantear nuevas propuestas de mejora.
- Poner en marcha los planes de acción de cada una de las propuestas de mejora planteadas.
- Realizar nuevamente el análisis de eficiencia general de los equipos OEE en la máquina cortadora laser del proceso de metalistería, ya que en momento que se realizó la máquina llevaba poco tiempo de uso, los operarios poco tiempo de capacitación, y la máquina no estaba completamente programada con los cortes necesarios.
- Continuar con el proceso de generación de las fichas técnicas de los repuestos faltantes.

### Referencias bibliográficas

- Amaro, G., Hendry, L., & Kingsman, B. (1999). Competitive advantage, customisation and a new taxonomy for non make-to-stock companies. *International Journal of Operations & Production Management*, 19, 349-371.
- Angarita Coronel, C. F. (2005). *Diseño e implementación de un programa de mejoramiento a los actuales nivel OEE (overall equipment effectiveness) en las líneas de mecanizado y ensamble THC DANNA transejes Colombia*. Trabajo de grado, Universidad Industrial de Santander, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, Bucaramanga.
- Carro Paz, R., & González Gómez, D. (2012). *Administración de la calidad total*. Argentina: Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Carro Paz, R., & Gonzalez Gomez, D. (2012). *Administración de las operaciones, administración de la calidad total*.
- Chase, R., Jacobs, R., & Aquilano, N. (2009). *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros*. Mc Graw Hill.
- Correa Espinel, A., Gomez Montoya, R. A., & Botero Pérez, C. (2012). La ingeniería de métodos y tiempos como herramienta en la cadena de suministro. *Revista soluciones de postgrado EIA*, 100.
- Flórez Herrera, E. C. (2013). *Mejoramiento del proceso de producción de la sección de metalistería de la empresa Penagos Hnos & CIA LTDA*. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, Bucaramanga.
- Gao, J. (10 de Septiembre de 2017). *Hongshan Laser*. Obtenido de HSG Láser: [es.hsglaser.com](http://es.hsglaser.com)

- García Criollo , R. (2001). *Estudio del trabajo Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. Mexico: Mc Graw Hill.
- González Ávila, R., & Gibler, N. (2003). *Manual de administración de la calidad total y círculo de control de calidad*. (Vol. II). México: Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Groover, M. P. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna* (Vol. 3). México D.F.: Mc Graw Hill.
- Jimenez, C. A., & Amaya, J. L. (2013). *Propuesta de mejoramiento para las secciones de metalisteria, soldadura e ingenieria de manufactura de la empresa Penagos Hermanos & CIA*. Trabajo de grado, Universidad Industrial de Santander, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, Bucaramanga.
- Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo* (Cuarta ed.). Ginebra.
- Krick, E. (1994). *Ingeiería de métodos*. (N. Editores, Ed.) Mexico: Limusa S.A.
- Navarrete Canté, R. A., Martin Calderon, E. V., & Parra Argüello, F. Y. (2015). Medición del desempeño de los equipos de la industria del calzado a partir del indicador denominado eficiencia global de los equipos. *20° Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional en México*. Obtenido de <http://ru.iiec.unam.mx/2878/1/Carteles-092-Presentacion.pdf>
- Niño Báez, J. E., & Perales Campillo, E. J. (2014). *Diseño e implementación de un software gerenciador de herramientas y de planeación de procesos de mecanizado para la empresa Penagos Hermanos y CIA LTDA*. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Mecánica, Bucaramanga.

- Ormazabal, F., & Larrañaga, E. (2001). *Libro blanco para la minimización de residuos y emisiones, Pintado industrial*. País Vasco: IHOBE.
- Ortega Urretavizcaya, J. (2017). *MTM Ingenieros*. Obtenido de MTM Ingenieros: [www.mtmingenieros.com](http://www.mtmingenieros.com)
- Rojas Ruiz, D. (2015). *Propuesta de estandarización de métodos y tiempos en el proceso productivo de la empresa industrias sur eu*. Proyecto de grado, Pereira.
- Romero Bermúdez, E., & Diaz Camacho, J. (2010). El uso del diagrama causa-efecto en el análisis de casos. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos RLEE*, XL(3 y 4), 127-142.
- Ruiz-Falcó Rojas, A. (2009). *Herramientas de calidad*. Apuntes de clase, Universidad Pontificia Comillas, Madrid.
- Ustate Pacheco, E. J. (2007). *Estudio de métodos y tiempo en la planta de producción de la empresa Metales y Derivados S.A*. Universidad Nacional de Colombia, Ingeniería Industrial, Medellín.