



! POSGRADOS !

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES

RPC-SO-41-NO.689-2018

OPCIÓN DE TITULACIÓN:
PROYECTOS DE DESARROLLO

TEMA:
APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN
MANUFACTURING PARA LA MEJORA DE LA
PRODUCTIVIDAD EN LA FABRICACIÓN DE
PUERTAS Y VENTANAS EN PVC EN LA EMPRESA
TERMOVENT

AUTORES:
FLAVIO REYMUNDINO CHILLOGALLO RUMIPULLA
JOSUE ISRAEL HEREDIA REINOSO

DIRECTOR:
ROMÁN GENARO IDROVO DAZA

CUENCA – ECUADOR
2024

Autores:**Flavio Reymundino Chillogallo Rumipulla**

Ingeniero Comercial.

Candidato a Magíster en Producción y Operaciones Industriales por la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca.

flabiochillogallo@gmail.com

**Josue Israel Heredia Reinoso**

Ingeniero Químico.

Candidato a Magíster en Producción y Operaciones Industriales por la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca.

iherediar27@outlook.com

Dirigido por:**Román Genaro Idrovo Daza**

Ingeniero Industrial.

Máster Administración de Empresas.

idrovo@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida su publicación, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

2024 © Universidad Politécnica Salesiana.

CUENCA – ECUADOR – SUDAMÉRICA

FLAVIO REYMUNDINO CHILLOGALLO RUMIPULLA

JOSUE ISRAEL HEREDIA REINOSO

Aplicación de herramientas Lean Manufacturing para la mejora de la productividad en la fabricación de puertas y ventanas en PVC en la empresa Termovent

DEDICATORIA FLAVIO CHILLOGALLO

A mi familia, en especial a mi papito por su amor y apoyo incondicional, a mi mamita que desde el cielo ha sido mi iluminación, a mis amigos y colegas, por su inspiración, su amistad y sus valiosas contribuciones en este camino académico por ser fuente constante de inspiración y motivación, es un honor y privilegio.

A mi tutor, por su sabiduría, paciencia y dedicación incansable.
Me siento agradecido y humilde por tener la oportunidad de dedicar mi tesis magistral a las personas que han sido la luz en mi camino.

Finalmente, quiero expresar mi compromiso de seguir buscando el conocimiento y de contribuir al progreso de nuestra sociedad. Estoy seguro de que este trabajo solo es el comienzo de una carrera académica fructífera y significativa.

DEDICATORIA JOSUE HEREDIA

A Dios quien ha sido mi guía, fortaleza y su mano de fidelidad y amor han estado conmigo hasta el día de hoy.

A mis padres quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía.

Finalmente, a toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento que hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

AGRADECIMIENTO FLAVIO CHILLOGALLO

En primer lugar, daré gracias infinitas a Dios por la voluntad y fuerzas de cada día, a mi papito Alberto y mi mamita María en este importante momento de mi vida donde culmino mi tesis quiero expresarles todo mi agradeciendo. Su fe en mí en los momentos difíciles han sido el pilar fundamental, que con su amor y paciencia han sido la luz que guía mi camino a través de este viaje académico. Aunque mi mamita no este físicamente sé que desde el cielo estás orgullosa de mí, gracias por ser mis fuerzas en este camino.

Me gustaría agradecer de igual manera a la Universidad Politécnica Salesiana por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de avanzar en mi carrera y crecimiento profesional. Agradezco a todos mis profesores por su tiempo y enseñanza, sin ellos esta meta y sueño no sería posible. Infinitas gracias a mi tutor de tesis Magíster Román Idrovo Daza por su guía experta y paciencia infinita, por su tiempo y habilidades inigualables para ayudarme han sido fundamental para la finalización de esta tesis.

Un sincero agradecimiento a mi compañero de tesis Ingeniero Josué Israel Heredia Reinoso por ser parte de un trabajo arduo día a día en este largo camino hasta lograr nuestra meta. Gracias por ser parte de este logro y trabajo en equipo.

Además, no quiero dejar de agradecer eternamente a la empresa Termovent Cía. Ltda. por permitirnos realizar esta tesis en su planta de producción. En especial al Gerente General Ingeniero Marco Esteban Arias Vintimilla y la Sra. Mariela Vintimilla Torres estaremos eternamente agradecidos ya que sin la confianza y apoyo este sueño no sería posible.

AGRADECIMIENTO JOSUE HEREDIA

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida, a mis padres y a toda mi familia por estar siempre presentes.

Mi profundo agradecimiento a todas las autoridades y personal que hacen la Universidad Politécnica Salesiana, por confiar en mí, abrirme las puertas y permitirme cumplir una meta más en mi vida. De igual manera mis agradecimientos a los docentes quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional.

A mi compañero de tesis al Ing. Flavio Chillogallo por su compromiso y dedicación para sacar adelante nuestro trabajo de titulación.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al Magíster. Román Idrovo, principal colaborador durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

Índice de tablas.....	10
Índice de figuras	11
Índice de anexos	13
Resumen	15
Abstract	16
1. Introducción	17
1.1 Objetivos.....	19
Objetivo general	19
Objetivos específicos	19
2. Determinación del Problema.....	20
3. Marco teórico referencial.....	22
3.1 22	
Proceso	22
3.2 Productividad.....	22
3.2.1 Indicadores de productividad.....	24
3.3 Análisis de procesos.....	25
3.4 Lean Manufacturing	25
3.4.1 Origen del Lean Manufacturing	27
3.4.2 Fundamentos del Lean Manufacturing.....	28
3.4.3 Ventajas de la implementación de Lean Manufacturing	30
3.4.4 Desperdicios	32
3.4.5 Reducción de desperdicios	33
3.5 Herramientas de Lean Manufacturing.....	34
3.5.1 Mapa de flujo de valor (VSM).....	35
3.5.2 5 S	36
3.5.3 Poka Yoke	37
3.5.4 Alistamientos rápidos (SMED).....	38
3.5.5 Jidoka	39
3.5.6 Kaizen.....	40
3.5.7 Mantenimiento productivo total (TPM).....	41
3.5.8 Just in time.....	42

3.6 Metodología Wise	43
4. Materiales y metodología.....	45
4.1 Tipo, diseño y nivel de investigación	45
4.2 Método de investigación	45
4.3 Muestra.....	46
4.4 Instrumentos de investigación	46
4.5 Tratamiento de la información.....	47
5. Resultados y discusión.....	49
5.1 Fase 1: Identificación de la metodología de estudio, línea de producción y sus procesos	49
5.1.1 Levantamiento de información de cada proceso actual	51
5.2. Fase 2: Elaboración de un plan de mejora para los procesos críticos.....	83
5.3. Fase 3: Implementación del plan de mejora en la línea de producción de puertas y ventanas en PVC	88
5.3.1. Implementación de herramientas Lean en el proceso corte de perfil crudo 94	
5.3.1.1 Implementación de las 5s en el proceso corte de perfil crudo	94
5.3.1.2 Implementación de la metodología WISE (Work Improvement Small Enterprises).....	102
5.3.1.3 Implementación Kanban en el proceso de corte de perfil crudo.....	104
5.3.2 Implementación en el proceso de foliado de perfiles.....	106
5.3.2.1 Implementación de las 5s en el proceso de foliado de perfiles	106
5.3.2.2 Implementación de la metodología SMED (single minute exchange of die) 110	
5.3.2.3 Implementación de las 5s en el área de almacenamiento de lámina (forma parte del proceso de foliado de perfiles)	113
5.3.2.4 Implementación de la metodología WISE (work improvement small enterprises) en proceso foliado de perfiles y corte de lámina.....	119
5.3.3 Implementación en el proceso corte de perfil foliado	124
5.3.3.1 Implementación de la metodología WISE en el proceso corte de perfil foliado 124	
Implementación de la metodología Kanban en el proceso de corte de perfil foliado	127
5.3.3.2 127	
5.3.4 Implementación en el proceso corte y colocación de hierro interno	128
5.3.4.1 Implementación de la metodología WISE del proceso corte y colocación de hierro interno	128
5.3.5 Implementación en el proceso de termofusión	130

5.3.5.1	Implementación de la metodología WISE del proceso de termofusión	130
5.3.6	Implementación en el proceso de limpieza	133
5.3.6.1	Implementación de la metodología WISE del proceso de limpieza	133
5.3.7	Implementación en el proceso de pintura	135
5.3.7.1	Implementación de la metodología WISE del proceso de pintura.....	135
5.3.8	Implementación en el proceso colocación de accesorios.....	138
5.3.8.1	Implementación de las 5s del proceso colocación de accesorios.....	138
5.3.8.2	Implementación de la metodología WISE del proceso de colocación de accesorios	141
5.3.8.3	Implementación de la herramienta Poka Yoke en el proceso de colocación de accesorios	145
5.3.9	Implementación en el proceso de encristalado	146
5.3.9.1	Implementación de la metodología WISE del proceso de encristalado	146
5.3.9.2	Implementación de la herramienta Poka Yoke en el proceso de encristalado	149
5.3.10	Implementación en el proceso corte de vidrio	151
5.3.10.1	Implementación de las 5s del proceso corte de vidrio	151
5.3.10.2	Implementación de la metodología WISE del proceso corte de vidrio..	156
5.3.11	158	
	Implementación en el proceso de colocación de vidrio- cámaras.....	158
5.3.11.1	Implementación de la metodología WISE del proceso de colocación de vidrio- cámaras	158
5.3.12	Implementación en el proceso corte de pisavidrio.....	161
5.3.12.1	Implementación de la metodología WISE del proceso corte de pisavidrio	161
5.4	Evaluación de la productividad.....	163
5.5	Costos de implementación	174
6.	Conclusiones.....	181
	Referencias	183
	Anexos	192

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Categorías de los desperdicios o mudas.....	32
Tabla 2 Sistema metodológico para el uso de la información obtenida en este estudio	47
Tabla 3 Actividad por objetivo.....	48
Tabla 4 Perfilería color blanco (codificación)	54
Tabla 5 Perfilería color base (marrón)	55
Tabla 6 Herramienta SIPOC	77
Tabla 7 Observaciones críticas de los procesos de producción de las puertas y ventanas.	79
Tabla 8 Clasificación según el tipo de desperdicio de las actividades identificadas como críticas.....	82
Tabla 9 Evaluación de las herramientas Lean Manufacturing y Wise por desperdicio identificado.....	84
Tabla 10 Selección de herramientas Lean y metodología Wise según la valoración de criterio.	86
Tabla 11 Bloques de almacenamiento 1 y 2.....	96
Tabla 12 Bloques de almacenamiento 3 y 4.....	97
Tabla 13 Bloque 5 parte lateral izquierda de la bodega con perfiles color base	97
Tabla 14 Bloque 6 parte lateral derecha de la bodega con perfiles color blanco.....	98
Tabla 15 Categorización de perfil por rotación y peso.....	98
Tabla 16 Detalle del etiquetado para los perfiles	105
Tabla 17 Códigos de los perfiles para la estandarización.....	109
Tabla 18 Rotación de las láminas	115
Tabla 19 Perfil ocupacional del proceso corte de perfil foliado	126
Tabla 20 Detalle de la descripción del etiquetado.....	127
Tabla 21 Detalle de materiales.....	146
Tabla 22 Formato del registro de control de calidad	150
Tabla 23 Descripción de los tipos de vidrio.....	152
Tabla 24 Informe de ventas de producción mensual del año 2022.....	163
Tabla 25 Informe de producción del año 2022	163
Tabla 26 Informe de ventas de producción mensual del año 2023.....	164
Tabla 27 Informe de producción del año 2023	165
Tabla 28 Producción en el año 2022 y 2023	165
Tabla 29 Productividad por año	166
Tabla 30 Costos de la implementación en el proceso de corte de perfil crudo.....	174
Tabla 31 Costos de la implementación en el proceso de corte de lámina	174
Tabla 32 Costos de la implementación en el proceso de foliado.....	175
Tabla 33 Costos de la implementación en el proceso de perfil foliado	175
Tabla 34 Costos de la implementación en el proceso de colocación refuerzo de hierro	176
Tabla 35 Costos de la implementación en el proceso de termofusión.....	176
Tabla 36 Costos de la implementación en el proceso de limpieza	177
Tabla 37 Costos de la implementación en el proceso de pintura	177
Tabla 38 Costos de la implementación en el proceso de accesorios.....	178

Tabla 39	Costos de la implementación en el proceso de encristalado	178
Tabla 40	Costos de la implementación en el proceso de vidrio.....	179
Tabla 41	Costos de la implementación en el proceso de cámaras	179
Tabla 42	Costos de la implementación en el proceso de pisavidrio	180

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Secuencia de Lean Manufacturing	29
Figura 2	Diagrama de proceso de Corte de perfil crudo	51
Figura 3	Imagen bidimensional de la bodega.....	53
Figura 4	Imagen actual del área de almacenamiento de materia prima (perfilería)	54
Figura 5	Diagrama del proceso de foliado de perfiles.....	57
Figura 6	<i>Imagen actual del proceso Foliado de Perfiles</i>	58
Figura 7	<i>Diagrama del proceso corte de perfil foliado</i>	59
Figura 8	<i>Imagen actual del proceso Corte de Perfil Foliado</i>	60
Figura 9	Diagrama de proceso colocación refuerzo de hierro	61
Figura 10	Perfiles PVC con refuerzo hierro interno.....	62
Figura 11	Imagen actual del proceso corte de hierro	63
Figura 12	<i>Diagrama de procesos de termofusión</i>	64
Figura 13	Imagen actual del proceso Termofusión	65
Figura 14	<i>Diagrama del proceso de Limpieza</i>	66
Figura 15	<i>Imagen actual del proceso Limpieza y Pintura</i>	67
Figura 16	Diagrama de proceso de Colocación riel de aluminio y caucho vinil	68
Figura 17	Diagrama de proceso de colocación de accesorios.....	70
Figura 18	Imagen estado actual proceso Accesorios	72
Figura 19	Diagrama de proceso corte de vidrio	73
Figura 20	<i>Imagen actual del proceso de corte de vidrio</i>	74
Figura 21	Diagrama de proceso de encristalado.....	75
Figura 22	Flujo de proceso de producción de puertas y ventanas en PVC	76
Figura 23	Flujo de procesos para la línea de producción, implementación de mejora.88	
Figura 24	Datos de producción 2021 – 2022 - 2023	89
Figura 25	Registro fotográfico de toma de tiempos en una calibración de la maquina laminadora.....	90
Figura 26	Registro de tiempo por procesos	90
Figura 27	Datos de reprocesos 2021 – 2022- 2023.....	91
Figura 28	Registro de reprocesos	92
Figura 29	Propuesta de la distribución de la bodega de perfil crudo y proceso corte de perfil.....	93
Figura 30	Proceso de clasificación de perfiles.....	94
Figura 31	Kardex ingreso y egreso de perfiles	95
Figura 32	Perfiles de color base y blanco	96
Figura 33	Ejemplo de SEISO.....	100
Figura 34	Cuadro de metodología 5S	101
Figura 35	Análisis del valor agregado del proceso puertas y ventanas en PVC	102
Figura 36	Perfil ocupacional del proceso puertas y ventanas en PVC	103
Figura 37	<i>Corte de perfil crudo</i>	104
Figura 38	<i>Etiquetado de perfiles por sus códigos</i>	105

Figura 39 Etiquetado de los perfiles.....	106
Figura 40 Representación del proceso de implementación de las 5s en el proceso de foliado de perfiles.....	107
Figura 41 Antes y después de la clasificación en el proceso de foliado de perfiles.....	107
Figura 42 Organización en el proceso de foliado de perfiles	108
Figura 43 Limpieza en el proceso de foliado de perfiles	109
Figura 44 Máquina laminadora (foliado de perfiles).....	111
Figura 45 Registro de tiempos de la calibración de la laminadora	111
Figura 46 <i>Antes y después de cambios de tornillos y rodillos</i>	112
Figura 47 Registro de tiempo en el área de foliado después de la aplicación de SMED	113
Figura 48 Clasificación de las láminas	114
Figura 49 Rotación de las láminas	116
Figura 50 Organización de las láminas.....	117
Figura 51 Limpieza en el proceso de foliado de perfiles.....	118
Figura 52 Láminas identificadas con etiqueta	118
Figura 53 Análisis del valor agregado del proceso foliado de perfiles	120
Figura 54 Perfil ocupacional del proceso foliado de perfiles	121
Figura 55 Análisis del valor agregado del proceso corte de lámina.....	122
Figura 56 Perfil ocupacional en el proceso corte de lámina	123
Figura 57 Instalación de lámparas y reflectores	124
Figura 58 Análisis del valor agregado del proceso corte de perfil foliado	125
Figura 59 <i>Descripción de etiqueta (obra, referencia y medida)</i>	127
Figura 60 Análisis del valor agregado del proceso corte y colocación de hierro interno	128
Figura 61 Perfil ocupacional del proceso corte y colocación de hierro interno.....	129
Figura 62 Imagen actual del proceso de colocación de hierro luego de la implementación de la metodología WISE	130
Figura 63 Proceso de termofusión	130
Figura 64 Análisis del valor agregado del proceso termofusión	131
Figura 65 Perfil ocupacional del proceso de termofusión	132
Figura 66 <i>Análisis del valor agregado del proceso limpieza</i>	133
Figura 67 Perfil ocupacional del proceso de limpieza	134
Figura 68 Implementación de herramientas semimanuales antes y después.....	135
Figura 69 <i>Antes y después en el proceso de pintura</i>	136
Figura 70 Análisis del valor agregado del proceso de pintura.....	136
Figura 71 Perfil ocupacional del proceso de pintura.....	137
Figura 72 <i>Antes y después de la implementación de 5s en el proceso de colocación de accesorios</i>	138
Figura 73 Formato de registro de revisión de herramientas	140
Figura 74 Análisis del valor agregado del proceso colocación de accesorios (Hojas corredizas y fijas)	141
Figura 75 Análisis del valor agregado del proceso colocación de accesorios (Hojas y marcos batientes y proyectables)	142
Figura 76 Análisis del valor agregado del proceso colocación de accesorios (Hojas y marcos batientes y proyectables)	143
Figura 77 Perfil ocupacional del proceso de colocación de accesorios	144

Figura 78 <i>Cheklis de recepción de materiales</i>	145
Figura 79 Análisis del valor agregado del proceso encristalado	147
Figura 80 Perfil ocupacional del proceso encristalado.....	148
Figura 81 Hoja de diseño a detalle.....	149
Figura 82 Aplicación de registro de control de calidad	151
Figura 83 <i>Antes y después en la organización del proceso de corte de vidrio</i>	153
Figura 84 Limpieza del proceso corte de vidrio	154
Figura 85 Rotación de vidrio.....	155
Figura 86 Etiquetado de vidrio (retazos) de acuerdo con medidas	155
Figura 87 Análisis del valor agregado del proceso corte de vidrio	156
Figura 88 Perfil ocupaciones del proceso corte de vidrio	157
Figura 89 Análisis del valor agregado del proceso de colocación de vidrio- cámara..	159
Figura 90 Perfil ocupacional del proceso de colocación de vidrio- cámara-----	159
Figura 91 Análisis del valor agregado del proceso de corte de pisavidrio	161
Figura 92 Perfil ocupacional del proceso de corte de pisavidrio	162
Figura 93 Porcentaje de reprocesos por departamento del año 2022	167
Figura 94 <i>Porcentaje de reprocesos por departamento del año 2023</i>	168
Figura 95 Porcentaje de reprocesos por metros lineales por mes	168
Figura 96 Porcentaje de reprocesos por metros lineales por mes	169
Figura 97 Porcentaje de reprocesos en metros cuadrados por mes, año 2023	170
Figura 98 Porcentaje de reprocesos en metros cuadrados por mes, año 2023	171
Figura 99 Reproceso del daño más común en la línea de producción.....	172
Figura 100 Lámina que tiene mayor reproceso en la línea de producción	173

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Formato de revisión de puestos de trabajo	192
Anexo 2 Capacitación empleados línea de producción empresa Termovent.	195
Anexo 3 Productos EMPRESA TERMOVENT.	198
Anexo 4 Puntaje antes de la implementación de la metodología 5s.....	200
Anexo 5 Puntaje después de la implementación de la metodología 5s.....	201

APLICACIÓN DE
HERRAMIENTAS LEAN
MANUFACTURING
PARA LA MEJORA DE LA
PRODUCTIVIDAD EN LA
FABRICACIÓN DE
PUERTAS Y VENTANAS
EN PVC EN LA
EMPRESA TERMOVENT

AUTOR(ES):

FLAVIO CHILLOGALLO, JOSUE HEREDIA

RESUMEN

Este trabajo tuvo el propósito de aplicar herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad en la fabricación de puertas y ventanas en PVC. Se empleó una metodología de carácter descriptiva-exploratoria, al igual que otros métodos como el deductivo, analítico-sintético para el diagnóstico del proceso actual con la finalidad de identificar los procesos críticos. A continuación, se elaboró un plan para la mejora de la productividad eliminando problemas existentes en el proceso productivo actual mediante uso de herramientas Lean. Se concluyó que las herramientas como SMED, 5 S's , además de WISE posibilitaron incrementar la productividad. Su aplicación mejoró en una reducción de reprocesos y costos. La cantidad de metros lineales reprocesados alcanzó el punto más alto en enero del 2023, 18.68% y disminuyó en junio a 13.56% y a julio en 5.31%. Se tomó información de producción desde los meses de junio a diciembre del año 2022 en donde se vendieron 6414.53 m² en papeles y en producción real se alcanzó 5028.25 m² obteniéndose así un nivel de productividad de 78.39%, mientras que en el año 2023 considerando el mismo periodo mencionado anteriormente se vendió 3333.95 m² en papeles, lográndose una producción real de 3071.72 m² y una productividad del 92.13%. Este incremento de la productividad se logró mediante la implementación de las herramientas Lean Manufacturing y metodología Wise antes mencionadas. Cabe recalcar que en el año 2022 se laboraba en doble jornada, mientras que en el año 2023 se redujo a una sola jornada laboral.

Palabras clave:

Proceso, Lean Manufacturing, productividad, producción, WISE.

ABSTRACT

This work aimed to apply Lean Manufacturing tools to improve productivity in the manufacturing of PVC doors and windows. A descriptive-exploratory methodology was used, along with other methods such as deductive and analytical-synthetic for diagnosing the current process with the purpose of identifying critical processes. Subsequently, a plan was developed to improve productivity by eliminating existing problems in the current production process through the use of Lean tools. It was concluded that tools such as SMED, the 5 S's, and WISE enabled an increase in productivity. Their application resulted in a reduction of reprocessing and costs. The amount of reprocessed linear meters peaked in January 2023 at 18.68% and decreased to 13.56% in June and 5.31% in July. Production information was collected from June to December 2022, during which 6414.53 m² were sold on paper, and a real production of 5028.25 m² was achieved, thus reaching a productivity level of 78.39%. Meanwhile, in 2023, considering the same period mentioned above, 3333.95 m² were sold on paper, achieving a real production of 3071.72 m² and a productivity of 92.13%. This increase in productivity was achieved through the implementation of the aforementioned Lean Manufacturing tools and WISE methodology. It should be noted that in 2022 work was carried out in two shifts, while in 2023 it was reduced to a single work shift.

Keywords:

Process, Lean Manufacturing, productivity, production, WISE.

1. INTRODUCCIÓN

En la época actual, caracterizada por el avance tecnológico y la intensa rivalidad a nivel mundial, en prácticamente todas las áreas de la industria, las empresas dedicadas a la manufactura enfrentan de manera constante el desafío de satisfacer las demandas y requerimientos de sus clientes (Amrina & Zagloel, 2019). De igual manera, un elemento de suma importancia en la industria contemporánea es la percepción de utilidad, sin importar el tamaño del sector industrial al que pertenezcan. Esto ha motivado a buscar constantemente mejoras en los resultados con el fin de aumentar la eficiencia y garantizar el logro de objetivos a través de una gestión enfocada en la implementación de estrategias competitivas como la manufactura esbelta (Perera, 2016).

En los últimos años, se ha estado aplicando la técnica de Manufactura Esbelta (LM) en diversas escalas con el objetivo de incrementar la eficiencia y reducir los desechos (De la Cruz et al., 2019). La filosofía de LM ha emergido como un enfoque efectivo, utilizado por compañías en naciones en vías de desarrollo para perfeccionar sus operaciones (Maware & Adetunji, 2019); esto conlleva a que las empresas manufactureras mejoren su competitividad al aumentar la productividad, disminuir los costos y cumplir con los estándares de producción, al mismo tiempo que se eliminan los desperdicios innecesarios (Tong et al., 2017).

Mejorar la productividad y la integración de la innovación es fundamental para aumentar la competitividad; esto implica modernizar los procedimientos de trabajo y adoptar principios de gestión modernos, como los de la manufactura esbelta (Chouiraf & Chafi, 2018b). Sin embargo, la falta de compromiso de los empleados del proceso afecta negativamente la aplicación exitosa de la filosofía de LM en la mejora de la productividad (Tapia et al., 2017). Pese a que varias fuentes de información mencionan la efectividad del uso del concepto esbelto en la organización, no han proporcionado un procedimiento claro para implementarlo adecuadamente y difundirlo en la línea de producción (Tong et al., 2017).

Con respecto al objeto de este estudio, Termovent, una empresa de Cuenca que produce puertas y ventanas de PVC de alta calidad enfrenta desafíos como entregas tardías y la necesidad de mejorar. Su departamento de producción carece de un plan de mejora, confiando en enfoques empíricos. A pesar del liderazgo de su gerente, se requiere una técnica sólida para optimizar procesos y resolver problemas. La pregunta clave es cómo abordar estos desafíos. Es por todo lo antes mencionado, que se ha planteado el tema denominado “Aplicación de herramientas Lean Manufacturing para la mejora de la productividad en la fabricación de puertas y ventanas en PVC en la empresa Termovent”, el mismo que ha sido desarrollado desde diferentes aristas, contemplado de la siguiente manera.

El punto tres, se encuentra compuesto por la fundamentación teórica del proceso, productividad, con sus indicadores, lo que comprende el análisis de procesos, Lean Manufacturing con su origen, fundamentos y ventajas de la implementación, desperdicios, reducción de desperdicios y la descripción de las herramientas de Lean Manufacturing como mapa de flujo de valor (VSM), 5 S’s, Poka Yoke, alistamientos rápidos (SMED), Jidoka, Kaizen, mantenimiento productivo total (TPM) y Just in time.

Seguido, el apartado cuatro, se encuentra comprendido por la metodología de estudio, es decir, se expone el tipo de investigación, los instrumentos a ocupar, el tratamiento de la información y la muestra. Para lo cual en el apartado cinco, se reflejan los hallazgos de la investigación que se desarrollaron en tres fases: identificación, elaboración e implementación, así como la presentación de los costos que estuvieron involucrados en la ejecución de las herramientas en la empresa Termovent y la reducción de reprocesos en un periodo de siete meses. Con ello, se presentan las conclusiones a las que se llegaron durante el desarrollo de la investigación.

1.1 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Aplicar herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad en la fabricación de puertas y ventanas en PVC.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar el proceso actual de fabricación de puertas y ventanas en PVC para determinar los procesos críticos.
- Elaborar un plan de mejora basado en herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad en la fabricación de puertas y ventanas en PVC.
- Implementar herramientas Lean Manufacturing en los procesos de fabricación de puertas y ventanas en PVC para mejorar el nivel de la productividad.

2. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

Hoy en día, las compañías que se dedican a la fabricación y prestación de servicios se ven enfrentadas a la tarea de identificar y adoptar métodos innovadores tanto en su estructura organizativa como en el proceso de producción. Esto es necesario para sobresalir en un mercado globalizado. Una estrategia altamente prometedora y novedosa es la aproximación eficiente a la producción, ampliamente reconocida como "Lean Manufacturing". Este enfoque proporciona una visión radicalmente innovadora y un potencial significativo que ninguna empresa que aspire a mantenerse competitiva en el contexto actual puede pasar por alto (Hinojosa & Cabrera, 2022).

La Manufactura Esbelta es una filosofía de perfección y mejora constante que tiene como objetivo eliminar los excesos en un sistema de producción, tales como prolongados períodos de procesamiento y tiempos innecesarios de traslado de personal, entre otros. Estos excesos resultan en costos significativos en los procesos y aumentan el precio del producto, costos que el cliente no está dispuesto a asumir (Vargas, 2022). En ese sentido, en las economías de América Latina, la productividad desempeña un rol esencial en diversas maneras, ya que se observan áreas con una eficiencia productiva deficiente, especialmente vinculadas a sectores productivos tradicionales rezagados y con un menor avance tecnológico. La principal problemática que enfrentan múltiples empresas en la actualidad a nivel nacional radica en la carencia de una adecuada estructuración, planificación y supervisión en el proceso de producción (Atanacio & Zea, 2022).

El hecho es que el propósito primordial de la manufactura esbelta consiste en elevar la productividad en general, los costos, el rendimiento del equipo y la calidad del producto. No obstante, las compañías se ven confrontadas con una competencia que carece de fronteras, lo que conlleva una apremiante necesidad de transformar la modalidad convencional de llevar a cabo las operaciones empresariales, mejorar

los procedimientos y disminuir los desperdicios de tiempo, costo y espacio que se originan en su interior (Lluglla, 2021).

Desde el contexto de este estudio, la empresa Termovent es una organización que produce puertas y ventanas en PVC, se encuentra ubicada en la ciudad de Cuenca y cuenta con una trayectoria de aproximadamente 8 años cubriendo el mercado a nivel local y nacional con productos de alta gama. La empresa mantiene como pilares fundamentales los conceptos de calidad e innovación, que ha hecho que sus ventas tengan un incremento considerable en lo que va del año. Sin embargo, la empresa ha trastabillado en ciertos ámbitos, razón principal que ha ocasionado insatisfacción a los clientes con entrega de productos fuera de tiempos y la necesidad urgente de la empresa por corregir este problema. Se ve comprometido además otros factores como: la imagen de la empresa, nivel de servicio, etc.

Además, el departamento de producción con la finalidad de dar cumplimiento a su objetivo de producción debe implementar un plan de mejora en los procesos de fabricación de puertas y ventanas con el fin de incrementar su productividad; no obstante, el hecho recae en que actualmente no dispone de dicho plan de mejora. Cabe mencionar que la producción se ha manejado de manera empírica por parte de los dueños y obreros. Se debe reconocer la capacidad de liderazgo de su gerente para mantenerse en el tiempo. Sin embargo, es necesario e importante consolidar una técnica apropiada que permita una mejora en los procesos, minimizar desperdicios, eliminar cuellos de botella, estandarizar procesos, etc. Ante este contexto descrito, nace la siguiente interrogante ¿Es posible mejorar la productividad en la fabricación de puertas y ventanas en PVC con la aplicación de herramientas Lean Manufacturing?.

3. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 PROCESO

Las organizaciones utilizan con frecuencia diversas técnicas y herramientas para dar una mejoría a la calidad y la productividad en sus procesos de elaboración, con el objetivo de obtener una ventaja competitiva y entregar los productos apropiados en el sitio oportuno y en el plazo acordado; en ese aspecto, los procesos de producción existentes se basan en la filosofía de mejorar progresivamente la gestión Lean (Schumacher et al., 2020), con el fin de potenciar los niveles de productividad en sus procesos de fabricación y conservar su competitividad respecto de otras organizaciones (Arteaga et al., 2019).

En ese aspecto, se puede definir un proceso como un conjunto de actividades que se pueden identificar y administrar de manera integral y sistemática, con el fin de transformar los elementos de entrada en elementos de salida utilizando recursos. La Fundación Europea para la Gestión de la Calidad (EFQM), en su modelo de excelencia y calidad del año 1999, define un proceso como una secuencia de actividades que agregan valor durante la producción de un producto o servicio a partir de ciertas contribuciones (ISO 9000, 2015).

Del mismo modo, se puede entender al proceso como la agrupación de tareas o actividades que se llevan a cabo en un orden y secuencia específicos. A través de la utilización de recursos y controles, se agrega valor a partir de ciertos insumos o entradas, para finalmente proporcionar un producto o servicio como resultado, que cumpla con los requisitos y necesidades del cliente (Bravo, 2008 como se citó en Medina, 2020).

3.2 PRODUCTIVIDAD

La teoría de la producción se refiere a la etapa del proceso económico en la que los factores de producción se transforman para obtener bienes y servicios que

satisfagan las necesidades de la sociedad. Según el fundamento teórico, la producción tiene como objetivo la creación de riqueza que contribuya al bienestar de la sociedad. Para lograr esto, es necesario utilizar oportunamente los recursos escasos para generar el máximo beneficio. Los recursos se relacionan con los factores de producción, que representan todos los componentes que interceden en el proceso de producción, y su correcta gestión permite que la producción se realice de forma eficiente (Mayorga et al., 2015).

La productividad es un factor de rendimiento fundamental en la industria manufacturera, y también es crucial para el desarrollo sostenible de una empresa. Se define como la relación entre la salida y la entrada necesaria, y se puede expresar como la cantidad de trabajo que se puede realizar en un período determinado utilizando los recursos disponibles; en otros términos, las métricas de productividad son indicadores clave para la optimización de los recursos de las líneas de ensamblaje y contribuyen al crecimiento sostenible de las organizaciones (Chase et al., 2009; Sócola et al., 2020).

Desde otra perspectiva, la productividad se refiere a la medida de la actividad que determina la producción de bienes y servicios en relación con los recursos utilizados, ya sean tangibles o intangibles. Esta medida se calcula en períodos de tiempo determinados. El objetivo principal de la productividad es evaluar la eficiencia en la utilización de los recursos. Si se logra producir la misma cantidad de ganancias con menos recursos, se considera que la eficiencia ha mejorado. Por lo tanto, se busca maximizar la productividad para obtener la mayor cantidad de producción con la menor cantidad de recursos posibles (Juez, 2020).

La productividad se puede medir de varias formas, incluyendo la productividad multifactorial que mide la producción en relación con más de un recurso utilizado en el proceso. Entre estas medidas se encuentra la productividad de la mano de obra, que indica la cantidad de producción por hora trabajada por persona. También se encuentra la productividad de los equipos, que se refiere a la cantidad de producción de una línea en relación a la energía utilizada (Juez, 2020).

La productividad se enfoca en los resultados obtenidos de un proceso o sistema, por lo que aumentar la productividad significa lograr mejores resultados en relación con los recursos utilizados para generarlos. De manera convencional, la productividad se mide mediante la relación entre el resultado total o la salida y los recursos totales o entradas necesarias para producirlos. Para mejorar la productividad, se requiere un proceso de mejora continua que permita alcanzar mayores resultados a través del perfeccionamiento constante del sistema actual (Gutiérrez, 2010).

3.2.1 INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD

Según el autor Bello et al. (2020), mencionan que sobresalen tres criterios empleados en la evaluación de desempeño de un sistema, mismos que se encuentran asociados con la productividad, lo cuales son:

- **Eficiencia:** Se refiere a la relación entre los recursos utilizados y las actividades realizadas, incluyendo la comparación entre la cantidad de recursos empleados y los recursos programados o estimados, así como el nivel de aprovechamiento de los recursos utilizados para generar productos.
- **Efectividad:** Se entiende como la medida en que se han alcanzado los objetivos establecidos en relación con los resultados previstos. Esta medición permite evaluar hasta qué punto se han cumplido los planes propuestos. Además, la efectividad está estrechamente relacionada con la productividad, ya que influye en la capacidad de producir productos de mayor calidad y cantidad.
- **Eficacia:** La valoración del impacto es crucial para evaluar la calidad del producto o servicio ofrecido. Aunque es importante lograr una efectividad del 100% en términos de cantidad y calidad, esto no es suficiente. También es esencial que el producto o servicio sea el adecuado para satisfacer al cliente o tener un impacto en el mercado. Al analizar estos tres indicadores, se puede observar que ninguno de ellos puede ser evaluado de forma independiente, ya que cada uno proporciona una medida parcial de los resultados.

3.3 ANÁLISIS DE PROCESOS

La evaluación exhaustiva de los procesos es imprescindible tanto para la reestructuración como para el perfeccionamiento de los procesos y la eficiencia en la producción. Además, es una parte fundamental en el seguimiento del rendimiento a lo largo del tiempo. El análisis de procesos consiste en la descripción y comprensión pormenorizada de cómo se lleva a cabo el trabajo y cómo se puede mejorar. Comienza con la detección de nuevas oportunidades para el progreso y finaliza con la ejecución del proceso revisado (Bellido et al., 2018).

Inicialmente, se realiza la identificación de oportunidades, en la cual los gerentes deben enfocar su atención en los cuatro procesos principales: relaciones con proveedores, desarrollo de nuevos servicios y productos, surtido de pedidos y relaciones con los clientes. Luego, se procede a definir el alcance del proceso a analizar, lo cual establece los límites y alcances de este. El alcance del proceso puede variar en su amplitud, ya sea que se trate de un alcance amplio o limitado.

Después de esto, se lleva a cabo la documentación del proceso, que involucra la creación de una lista detallada de los elementos que forman parte del proceso, tales como insumos, proveedores (internos o externos), productos y clientes (internos o externos). Posteriormente, se realiza una evaluación exhaustiva del desempeño del proceso, lo que permite avanzar en el rediseño de este. Durante este proceso, el analista de diseño debe indagar a fondo para descubrir las causas raíz de las brechas en el desempeño. Finalmente, se procede a implementar los cambios necesarios, lo cual implica más que solo la planificación, sino también superar la resistencia al cambio que muchas veces se presenta en las personas, incluso si el proceso ha sido rediseñado con eficacia (Marulanda & González, 2018).

3.4 LEAN MANUFACTURING

Lean Manufacturing (LM) se conceptúa como la agrupación de elementos que incluyen conceptos, fundamentos, técnicas, procedimientos e instrumentos que tienen como objetivo la reducción de pérdidas en el flujo de valor en la línea de

producción. Además, se plantea que los sistemas esbeltos son la forma más efectiva de gestionar una empresa, al enfocarse en los empleados, usuarios y proveedores. LM, por otro lado, se enfoca en la eliminación de residuos y en la creación de valor; esto se logra a través de la examinación detallada del diseño del trabajo, la transferencia de conocimientos, la supervisión y el direccionamiento del capital humano (De Oliveira et al., 2019; Palange & Dhattrak, 2021; Maware et al., 2022).

Por otro lado, LM se refiere a la búsqueda constante de mejoras en el sistema de producción a través de la eliminación de cualquier acción que no agregue valor al producto, se entiende que estas acciones desperdician recursos valiosos y aumentan el valor de cada actividad; además, se le da gran importancia a eliminar cualquier desperdicio que genere costos adicionales que el cliente no esté dispuesto a pagar (Venkat et al., 2020). La LM puede ser vista como un contiguo de instrumentos que están basadas en los fundamentos de la mejora progresiva (Hernandez et al., 2020).

La agrupación de herramientas de la manufactura tiene como objetivo principal la eliminación de cualquier operación que no aporte valor al producto de la empresa, lo que permite que todas las actividades sean más efectivas y eficientes; es importante destacar que la optimización se lleva a cabo en un marco que busca constantemente la complacencia del trabajador en su sitio de trabajo. Estos instrumentos buscan erradicar constantemente cualquier tipo de desperdicio de manera más simple y efectiva, lo que conduce a beneficios significativos en la productividad, calidad, rentabilidad y competitividad de la empresa (Vargas et al., 2016).

Es importante destacar que la Producción Esbelta es también conocida como sistema de Producción Toyota (TPS). Este sistema implica hacer más con el mínimo uso de recursos, es decir, utilizando menos tiempo, espacio, materiales, recursos humanos y maquinaria, mientras se cumplen los requisitos del cliente y se le brinda satisfacción. Asimismo, este sistema permite reducir los costos de producción y capacita a las organizaciones a adoptar un pensamiento esbelto (López et al., 2020).

3.4.1 ORIGEN DEL LEAN MANUFACTURING

En el siglo 20 se introdujo el término "Lean Manufacturing" (LM) o manufactura esbelta en el contexto de la revolución industrial. La filosofía de reducir el desperdicio, que había sido promovida por Benjamín Franklin, fue el fundamento del concepto. Franklin había sido un precursor de la práctica del Lean Manufacturing mucho antes de que se convirtiera en una metodología formal (Fernandes et al., 2019). Una de las principales contribuciones de Franklin fue la teoría del desperdicio cero, que se basaba en guías de trabajo éticas y frugales. El enfoque Lean se ha convertido en un conjunto de estrategias que buscan aumentar la eficiencia en la producción, aplicando técnicas para reducir el desperdicio en los procesos de manufactura (Singh et al., 2018).

Se considera un sistema de mejora continua que busca modificar o erradicar los desperdicios en el proceso de producción. Estos desperdicios incluyen excesos de inventario, tiempos de espera, sobreproducción, transporte innecesario, movimientos innecesarios, defectos y cualquier otro aspecto que no sea valioso para el cliente. El objetivo principal de la metodología de manufactura esbelta es satisfacer las necesidades del cliente mediante la eliminación de todo lo que no agrega valor al proceso productivo (Fernandes et al., 2019; Polancich et al., 2019).

La filosofía del enfoque Lean Manufacturing considera el uso eficiente de todos los recursos disponibles en la organización, incluyendo tanto al personal como a la materia prima. Busca aprovechar el esfuerzo del personal de la fábrica, reducir el espacio de almacenamiento e inventarios, y utilizar una menor cantidad de materia prima para producir la misma cantidad de productos terminados. Para facilitar la implementación y comprensión de esta filosofía, se han definido cinco principios clave: valor, cadena de valor, flujo, atracción y perfección. Estos principios se centran en maximizar el valor para el cliente, optimizar la cadena de valor, asegurar un flujo de trabajo eficiente, atraer a los clientes y mejorar continuamente para alcanzar la perfección (Jaiswal et al., 2021).

3.4.2 FUNDAMENTOS DEL LEAN MANUFACTURING

El primer fundamento, que se refiere a los individuos, se basa en el respeto y la labor de manera colectiva, y busca desarrollar preceptores en las organizaciones que se esfuercen por dirigir a las personas y los colectivos hacia la visión y misión organizacional; y de esa manera se efectúe una cultura que promueva la colaboración de todos los miembros de la empresa, ya que la metodología esbelta desempeña mejor cuando es estimulada por todos los implicados (Coetzee et al., 2019).

El segundo fundamento de la mejora continua se compone de tres componentes: desafío, perfeccionamiento continuo y dirigirse a la raíz del problema y visualizar. Las fases de mejora comprenden: el valor para el usuario, que se enfoca en ofrecer una ventaja en términos de precio, calidad y/o servicio; seguido por la representación visual del proceso, que consiste en examinar los procedimientos desde su inicio hasta su fin; la tercera etapa es la examinación del proceso, que involucra garantizar que los productos se desplacen de un sitio a otro en el tiempo oportuno o residuos; y la última etapa, centrada en el usuario, en la que se evalúa la complacencia de este (Feldmeth & Müller, 2019).

Con el fin de asegurar la comprensión del documento, es esencial establecer una terminología básica. Por lo tanto, se define la cadena de valor como un aspecto gráfico en forma de diagrama de flujo que se origina en las investigaciones de Frank y Lillian Gilbreth a inicios de los años 90. En 1947, se desarrollaron la simbología estandarizada para la cadena de valor que se utilizan para describir la información de sistemas y subsistemas, con el propósito de examinar de forma estructurada y explícita los factores que asocia un procedimientos en busca de la optimización progresiva (Schonberger, 2019).

Otra definición importante a considerar es el de ritmo de producción, se refiere a la frecuencia con la que se lleva a cabo una actividad. Según los autores Brioso et al. (2017), Es la unidad de tiempo necesaria para producir un producto o servicio a una tasa que coincida con la demanda de dicho bien o servicio. Ali & Deif (2014),

enfatan que esta técnica que planifica la producción se centra en mantener un flujo constante mediante la administración adecuada de las actividades y el tiempo asignado a cada una de ellas; su propósito es potenciar el proceso aumentando la eficiencia en la utilización de los recursos disponibles.

En otro aspecto, según el autor Sivaraman et al. (2020), el flujo de valor es un instrumento que permite la identificación de todas las clases de desperdicios presentes en un proceso, así como la implementación de medidas para su eliminación. Rodríguez et al. (2019), manifiestan que, en lugar de centrarse únicamente en un proceso individual, el flujo de valor ofrece una perspectiva más amplia, abarcando tanto el flujo de materiales como de información a través del proceso de producción; para ello, es pertinente mapear el proceso actual paso a paso, identificando cualquier tipo de desperdicio con el fin de crear un mapa futuro que permita la eliminación de estos.

Figura 1

Secuencia de Lean Manufacturing



Fuente: (Gómez Rojas, 2021)

Cinco componentes que engloba los fundamentos del pensamiento Lean, y se definen de la siguiente manera según el autor (Gómez, 2021):

- **Valor:** Este es la definición central del pensamiento Lean, y solo puede ser definido por el consumidor final. El valor se refiere a lo que el cliente está dispuesto a pagar por un producto o servicio.
- **Flujo de valor:** Se trata de una agrupación de acciones destinadas a integrar un producto en los procesos clave del direccionamiento empresarial, como el desarrollo del producto, la entrega de pedidos y la producción.
- **Flujo:** Establece que la manera más efectiva de trabajar es de manera ininterrumpida, en contraposición a trabajar en bloques, ya que los procedimientos desempeñan de manera óptima cuando ponemos atención en el producto y sus requerimientos, en lugar de enfocarnos en la estructura organizacional o la maquinaria.
- **Atracción:** Se trata de tener la habilidad de crear y planificar con precisión lo que el cliente requiere en el momento preciso, en otros términos, producir únicamente lo que los clientes expresan como necesidad real.
- **Perfección:** Se trata de la claridad y visibilidad total para toda la organización, lo que permite descubrir de manera más sencilla formas superiores de generar valor.

3.4.3 VENTAJAS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LEAN MANUFACTURING

Este instrumento presenta aspectos tanto negativos como positivos específicos que se describen con detalle posteriormente en este apartado. Entre los aspectos positivos se encuentran las ventajas internas y externas. Las internas se refieren a los beneficios directos para la empresa, mientras que las externas están relacionadas con los beneficios que la empresa brinda a terceros.

Las ventajas internas se dividen en tres categorías: la primera se refiere a los beneficios organizacionales, que incluyen mejoras en la calidad, eliminación de barreras entre sistemas individuales, reducción de la burocracia, optimización de recursos, mejoras en el desempeño de la organización y reducción de residuos, entre otros (Jewalikar & Shelke, 2017).

La segunda categoría engloba los beneficios financieros, como el ahorro en costos, aumento de los márgenes de contribución y reducción de los costos de auditoría de certificación. La última categoría se enfoca en los alicientes para los empleados, como una mayor motivación e involucramiento, una mejor imagen de la organización ante los empleados y la mejora de los vínculos entre ellos (Jewalikar & Shelke, 2017).

Asimismo, los beneficios externos también se dividen en tres categorías: la primera se enfoca en los beneficios comerciales, como el aumento de la ventaja competitiva, la mejora en el mercado, la complacencia de los clientes y la adquisición de nuevos clientes. La segunda categoría se refiere a la calidad, medio ambiente y seguridad, donde se logra la aminoración en la generación de residuos peligrosos. Por último, la tercera categoría se enfoca en mejorar la imagen de la organización y fortalecer las relaciones con las partes involucradas (Jewalikar & Shelke, 2017).

Es propicio hacer mención que las herramientas Lean ofrecen la oportunidad de mejorar la calidad de producción a través del aumento de la eficiencia de los empleados y el control de calidad. Al establecer acuerdos estandarizados, se logra un mejor control de los tiempos y una mejora en los procesos. Además, la complacencia de los empleados es un aspecto relevante en la implementación de estos instrumentos, ya que permiten establecer rutinas de trabajo más notorias, eliminando actividades que no aportan valor a la empresa. De esta forma, las herramientas lean buscan mejorar la calidad, la eficiencia y la satisfacción de los empleados al mismo tiempo (Jaiswal et al., 2021).

Para aprovechar todas las ventajas de la implementación de la instrumentación de la manufactura esbelta, es necesario emplear métodos que posibiliten estimar tanto la condición real de la organización como la visión de los propósitos a cumplir en el futuro. Subyacen diferentes métodos gráficos que proporcionan el entendimiento de los procedimientos y definen las operaciones que se realizan en la empresa. No obstante, una de las maneras más claras y concisas de seguimiento es el Mapeo de la Cadena de Valor, también conocido como VSM por sus siglas en inglés. El VSM permite una visualización clara y detallada de los procesos y

operaciones, lo que facilita la identificación de áreas de mejora y la toma de decisiones para alcanzar los objetivos propuestos (Pagliosa et al., 2021).

3.4.4 DESPERDICIOS

Los desperdicios o derroches son aquellas actividades que no agregan valor al producto final, en otros términos, que no cambian o transforman la materia prima en su estado original para crear un producto que el cliente esté dispuesto a comprar. A pesar de esto, hay algunas actividades que no agregan valor al producto pero que son significativas para el óptimo desempeño del proceso o sistema, y que deben ser consideradas dentro del proceso (De la Cruz et al., 2019).

Por otro lado, la manufactura esbelta identifica siete categorías de desperdicios que no aportan valor al proceso de manufactura, presentes tanto en la producción como en la oficina y en toda la cadena de valor de una organización. Estos desperdicios se conocen en japonés como Muda y comprenden la sobreproducción, la espera, el transporte y los movimientos innecesarios, el inventario, el procesamiento excesivo o inadecuado, los productos defectuosos o el retrabajo. Es importante destacar que, aunque existen actividades sin valor añadido que son necesarias para el correcto funcionamiento del proceso o sistema, éstas también deben ser analizadas y mejoradas en la búsqueda de la eficiencia y la reducción de costos (De la Cruz et al., 2019).

Tabla 1

Categorías de los desperdicios o mudas

Desperdicio	Descripción
Sobreproducción	Producir excediendo la demanda del cliente y generación de costos adicionales por productos adicionales.
Esperas	Tiempo perdido entre acciones o tareas por personas o máquinas.

Defectos	Unidades que no cumplen con los parámetros de calidad esperados.
Desplazamientos innecesarios	Movimientos innecesarios de operarios o maquinaria en el procesamiento.
Exceso de inventario	Incluye a todos los productos terminados y/o materia prima almacenados en stock para disponerse en imprevistos.
Transporte	Son todos los movimientos de recursos o materiales que no agregan valor al producto, pueden relacionarse con daños en calidad.
Sobre – procesamiento	Procesamientos realizados que sobrellevan lo requerido por el cliente.

Nota. Tomado de What challenges lie ahead for improvement programmes in the UK? Lessons from the CINet Continuous Improvement Survey 2003, de Readman, J. & Bessant, J., 2007.

3.4.5 REDUCCIÓN DE DESPERDICIOS

En una cadena de producción, es necesario que los ingenieros trabajen de la mano con los operarios para examinar minuciosamente los desechos que surgen durante la fabricación del primer componente o conjunto. Esto se hace con el propósito de identificar las causas y erradicarlas, a fin de conseguir una capacidad de producción óptima. Este enfoque permitirá que los siguientes lotes de producción no generen desperdicios y que se ponga énfasis en la mejora constante del proceso (Li & Lau, 2018).

Desde otra postura, autores como (Dalton, 2019), manifiesta que, en el ámbito de la producción y ensamblaje, es posible eliminar los desperdicios a través del análisis detallado del diagrama de flujo de valor de cada proceso. De esta forma se pueden obtener datos precisos sobre los defectos que se presentan en el proceso, lo que a su vez permite identificar los cuellos de botella y mejorar la eficiencia productiva,

aumentando la productividad y reduciendo los desperdicios en la cadena de fabricación.

Asimismo, otro estudio indica que los principios de valor y flujo de valor de la manufactura esbelta se centran en el valor que el producto tiene para el cliente. En consecuencia, se enfatiza en la importancia de adoptar la perspectiva del cliente al momento de diseñar el producto, lo que constituye un aspecto clave de la manufactura esbelta (Kholopane & Sobiya, 2018).

Además, dentro de la manufactura esbelta se lleva a cabo el análisis de la cadena de valor mediante el estudio detallado de los diagramas y mapas de proceso. Estas herramientas permiten identificar y eliminar actividades que no aportan valor o que no tienen ninguna contribución al proceso productivo, lo que resulta en un aumento significativo de la productividad y, por ende, en la complacencia del usuario al entregar un producto que satisface con los requerimientos (Goshime et al., 2019). En otro aspecto, se destaca la importancia de la estandarización como una herramienta clave para la eliminación de desperdicios (Qi et al., 2020). En un estudio adicional se indica que la estandarización y el balanceo son fundamentales para eliminar los tiempos de desperdicio presentes en las líneas de ensamblaje (Ma et al., 2019).

3.5 HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING

En la metodología de manufactura esbelta se utilizan diversas herramientas que se desarrollan y aplican según los problemas que se necesiten hacer frente en los procesos productivos, administrativos y de control en la industria. El propósito de estas herramientas es erradicar el despilfarro por medio de la instauración de metodologías como 5S, SMED, Kaizen, Kanban, Jidoka, entre otras. La aplicación de estas herramientas tiene como objetivo la mejora continua, basada en los ejes de gestión de calidad y conductas correctivas.

3.5.1 MAPA DE FLUJO DE VALOR (VSM)

Dentro del ámbito de las estrategias organizacionales, es importante llevar a cabo un análisis detallado de la cadena y flujo de valor para lograr una mejora continua de los procesos. El mapeo de flujo de valor (VSM) es una herramienta utilizada en la manufactura esbelta para mejorar procesos tanto de productos como de servicios. El VSM tiene como objetivo proporcionar una comprensión común del proceso actual y resaltar información relevante para el análisis, con el fin de identificar y eliminar cualquier desperdicio que se presente. Dado que la competencia en el mercado es cada vez más intensa, este análisis es de suma importancia. En consecuencia, el objetivo del VSM es ilustrar todas las actividades, tanto de valor añadido como no añadido, con el fin de visualizar de manera clara los procesos que requieren mejoras sustanciales y así optimizarlos (Liu & Yang, 2017; Nurheman & Octavia, 2019).

Además, el mapeo de flujo de valor también permite verificar la satisfacción del cliente, ya que es posible monitorear el producto desde el momento en que llega la materia prima a la empresa hasta que se envía el producto terminado al cliente (Liu & Yang, 2017). Es importante destacar que el mapeo de flujo de valor puede mejorar la logística interna de la empresa al eliminar cualquier clase de desperdicio, lo que lleva a una mayor eficiencia en la productividad de la línea de empaque o ensamble (Faisal, 2018).

Otro aspecto para destacar es que el mapeo de flujo de valor (VSM) proporciona información importante como el tiempo de ciclo, el tiempo de cambio, los niveles de trabajo en proceso (WIP) y los datos de confiabilidad del equipo. El objetivo principal de este proceso es construir una cadena de producción en la que los procesos estén conectados con sus clientes, ya sea a través de un proceso continuo o por extracción, de manera que puedan responder a las necesidades del producto en el momento que se requiera (Atieh et al., 2015).

Además, el mapeo de flujo de valor permite reducir los niveles de inventario que pueden tener un costo para la organización, mediante la comprensión detallada de

los procesos a través de la visualización del flujo de materiales y la eliminación de cualquier desperdicio. Por tanto, el mapeo de flujo de valor es una herramienta muy flexible que puede ser aplicada en cualquier tipo de industria u organización, lo que la convierte en una excelente herramienta para que cualquier empresa pueda volverse más esbelta (Atieh et al., 2015).

La utilización del mapeo del flujo de valor es importante para examinar y mapear procesos con el objetivo de aminorar el desperdicio y potenciar el flujo de producción. Esta examinación se efectúa a través del cálculo y asociación de los tiempos de proceso y los tiempos del usuario (conocido como Tiempo Takt Time), lo que permite diseñar lotes (buffers) adecuados para el cumplimiento del sistema FIFO (primero en entrar, primero en salir), y visualizar el estado futuro del mapa. Consiguientemente, por medio del mapeo del flujo de valor es posible observar el flujo de información que se plasmará en el tablero Heijunka de la línea de fabricación, con el fin de informar qué artículo y cantidad se tienen que producir (Chouraf & Chafi, 2018; El Kihel et al., 2019).

3.5.2 5 S

Las 5S es una técnica utilizada para mejorar la productividad mediante la estandarización de hábitos de orden y limpieza. La implementación de esta técnica se realiza en cinco etapas: selección, organización, limpieza, estandarización y seguimiento. Como resultado, se logra aprovechar mejor los recursos, especialmente el tiempo, y crear un ambiente de trabajo más seguro al hacer visible los problemas (Tavera, 2019).

La metodología de las 5S se basa en cinco palabras japonesas que muestran una evolución desde el orden y la limpieza hasta la disciplina personal, como se describe a continuación según (Gómez, 2021):

- **Seiri (utilización):** implica tener en el lugar de trabajo únicamente lo que se necesita.

- **Seiton (orden):** se refiere a ubicar los objetos que se van a utilizar en un lugar correspondiente a su frecuencia de uso para mantener el lugar de trabajo ordenado.
- **Seiso (limpieza):** incluye la limpieza del lugar de trabajo, equipos y superficies utilizadas.
- **Seiketsu (estandarización):** se refiere al mantenimiento de las tres primeras, creando formatos estandarizados para los procedimientos de utilización, orden y limpieza y aplicándolos.
- **Shitsuke (autodisciplina):** tiene que ver con la interiorización de las cuatro anteriores, de modo que el trabajo de las cinco S se convierte en parte automática del comportamiento de cada persona.

La herramienta de las 5S se enfoca en mejorar la calidad y reducir los tiempos improductivos en la producción, que son considerados como desperdicios. Un estudio realizado en una empresa textil peruana respalda esta idea, donde la aplicación de esta herramienta ayudó a reducir los tiempos de desperdicios, mejorando así la calidad y la competitividad de la empresa en el mercado internacional (Feng & Murata, 2020).

3.5.3 POKA YOKE

Aunque pueda parecer que Defecto y Error son sinónimos, la teoría del Poka Yoke demuestra lo contrario. Un Defecto es la consecuencia de un proceso, mientras que un Error es la causa que provoca los defectos. El término Poka Yoke significa "a prueba de errores" y su finalidad es evitar la comisión de errores en los procesos para lograr la calidad. Por ejemplo, si un pan sale quemado, ese es un defecto que se originó por uno o varios errores, como dejar el pan en el horno por demasiado tiempo o establecer una temperatura excesiva en el horno. La idea es diseñar e implementar sistemas que prevengan la ocurrencia de errores y, de esa forma, asegurar la calidad del proceso (Muñoz et al., 2022).

Durante muchos años, Poka Yoke (PY) se ha utilizado como uno de los medios para superar los desafíos que pueden afectar los errores y defectos en el proceso. Es un

concepto ampliamente aceptado, una forma de pensar, que sin duda contribuyó a resultados significativos en la lucha contra la ocurrencia de errores en diversos procesos de trabajo (Lazarevic et al., 2019). Por lo tanto, Poka-yoke es una técnica para evitar el simple error humano en el lugar de trabajo, también conocida como corrección de errores o corrección de errores. Este método ha sido desarrollado por el Dr. Shigeo Shingo mientras trabajaba en el Sistema de Producción de Toyota para lograr el logro de la "Producción con cero defectos" en la industria manufacturera de Toyota (Al Ayyubi et al., 2020).

El Poka Yoke es una herramienta del Lean que tiene como objetivo lograr la producción de una Calidad de Cero Defectos. Esta herramienta no se enfoca en agregar más inspecciones o supervisión de los productos terminados, sino que busca atacar la raíz del problema, es decir, los errores, en el lugar y momento en que se presentan. La implementación de esta herramienta conlleva a múltiples beneficios, como la obtención de alta calidad al evitar la comisión de errores, disminución de reprocesos, lo cual permite ahorrar tiempo y rentabilizar la producción, y un cliente satisfecho, lo cual es un factor importante para el crecimiento de la empresa (Muñoz et al., 2022).

3.5.4 ALISTAMIENTOS RÁPIDOS (SMED)

El SMED es un sistema que consiste en el cambio rápido de herramientas, cuyas siglas en inglés significan Single Minute Exchange of Die. Este sistema surgió a raíz de la necesidad de cumplir con la teoría del JIT y hoy en día se ha convertido en una parte esencial de la estructura de mejora continua de muchas organizaciones, especialmente en el sector manufacturero. La implementación del SMED fue impulsada por Toyota, ya que la compañía necesitaba reducir el tiempo de cambio de los troqueles utilizados en las prensas hidráulicas para estampar (Muñoz et al., 2022).

Cuando se requiere fabricar diversos productos en una sola instalación, se hace indispensable efectuar alistamientos. Dichos alistamientos involucran una serie de acciones que se llevan a cabo desde que sale la última unidad de la producción

anterior hasta que sale la primera unidad apta de la próxima producción. Los cambios de producción rápidos son cruciales para el sistema de producción justo a tiempo, ya que posibilitan la disminución del tamaño de los lotes (Gómez, 2021).

SMED es un instrumento que posibilita reducir el tiempo requerido para realizar cambios en la producción. Esta herramienta divide las operaciones de cambio en dos categorías: operaciones internas y operaciones externas. Las operaciones internas corresponden a las que se pueden efectuar mientras las máquinas no están en uso, mientras que las operaciones externas son aquellas que se realizan mientras las máquinas están en funcionamiento. Para mejorar la eficiencia, es necesario separar las primeras operaciones y convertirlas en operaciones externas cuando sea posible. Luego, cada operación debe ser simplificada para lograr un cambio rápido y efectivo (Ribeiro et al., 2019).

3.5.5 JIDOKA

El método Jidoka busca mejorar la eficiencia del proceso mediante la implementación de sistemas y mecanismos que permitan detectar errores en tiempo real. Esto garantiza que las operaciones se realicen de forma correcta, evitando pérdidas innecesarias y optimizando la distribución de funciones entre los trabajadores y las máquinas. De esta manera, se busca que los trabajadores tengan la habilidad de detectar y solucionar problemas, elevando así la eficiencia del proceso productivo (Suárez, 2020).

Para prevenir los errores en la producción, es fundamental implementar cambios en el diseño del proceso y del producto, así como utilizar sensores que permitan detectar los errores tanto humanos como de la máquina. La certificación de proveedores es también una medida importante para evitar los errores en los materiales utilizados en la producción. En cuanto a los errores de la máquina, se pueden prevenir mediante Jidoka, mientras que los errores humanos se abordan mediante poka-yoke, una técnica de diseño que se enfoca en configurar las operaciones, equipos y productos de tal manera que sea difícil cometer un error.

Tanto Jidoka como poka-yoke combinan prácticas de diseño y el uso de dispositivos mecánicos semiautomáticos para prevenir fallos y errores (Gómez, 2021).

3.5.6 KAIZEN

La filosofía Kaizen, que deriva de la palabra japonesa que significa "bueno", busca mejorar la actitud y rendimiento de todo el personal de la organización, desde los niveles más altos hasta los más bajos. Esta mejora continua se logra mediante la formación de equipos de mejora de procesos que entran en detalles y trabajan juntos para solucionar problemas, analizando las causas raíz y estableciendo normas de control en base a ello. Una de las principales características de Kaizen es el fomento del trabajo en equipo y la resolución colaborativa de problemas, identificados por la literatura como los siete pasos de la metodología (Murillo, 2021).

El método Kaizen implica un proceso de mejoramiento continuo, progresivo y constante de los procesos y operaciones de la organización, que involucra a todos los miembros, desde el nivel más alto hasta el más bajo. Se trata de una cadena de actividades realizadas por los equipos de trabajo de la organización, cuyo objetivo es optimizar los sistemas productivos existentes. Esto se traduce en una mayor productividad y beneficios para la empresa en términos de utilidad (Díaz et al., 2020).

La orientación del método Kaizen se enfoca en el mejoramiento continuo como un movimiento evolutivo diario que involucra a todo el personal de la organización, teniendo en cuenta sus ideas, necesidades y expectativas. Esta metodología no solo se enfoca en las mejoras en las funciones laborales, sino que también considera una visión holística para abordar el todo en lugar de las partes. Sin embargo, su amplia aceptación y uso en diferentes entornos han llevado a múltiples definiciones, lo que dificulta su definición desde el punto de vista epistémico (Medina, 2022)

3.5.7 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

El Mantenimiento Total Productivo, también conocido como TPM, se originó en Japón con el propósito de eliminar seis grandes fallas en la maquinaria y equipos que reducen la eficiencia general del sistema de producción. Estas fallas incluyen problemas con los equipos principales, cambios y ajustes no programados, tiempos muertos y paradas menores, reducción de velocidad y capacidad, productos defectuosos, y pérdidas de arranque y calibración. La productividad de una planta industrial depende estrechamente del desempeño oportuno de las máquinas, y si una línea se detiene debido a una falla de la maquinaria, la productividad reducirá (Muñoz et al., 2022).

El TPM implica un análisis detallado de la instalación para medir la importancia relativa de cada factor que puede provocar averías y la implementación de un plan para eliminar estas fallas y mantener los equipos e instalaciones en un nivel óptimo. El TPM no es solo una metodología exclusiva del área de mantenimiento, sino que es una herramienta de producción que requiere la asociación de todas las áreas de la empresa para lograr la optimización operativa total (Muñoz et al., 2022).

El TPM es un instrumento de mejora que se enfoca en el mantenimiento productivo total y que busca asegurar la continuidad en la operación al reducir el costo del mantenimiento en una planta, que puede llegar a representar entre el 10% y 40% del costo total de operación. Para lograr su implementación, se requiere de mejoras enfocadas en distintos aspectos, incluyendo el mantenimiento autónomo, el mantenimiento planificado, el mantenimiento relacionado con la calidad, la capacitación y la seguridad, según menciona (Goshime et al., 2019). La idea convencional ha sido que el tiempo destinado al mantenimiento no era productivo. El propósito de este concepto es transformar las actividades de mantenimiento en acciones útiles. Los trabajadores deben adquirir conocimientos para llevar a cabo las tareas necesarias para el mantenimiento autónomo adecuado de sus equipos (Gómez, 2021).

3.5.8 JUST IN TIME

La filosofía industrial conocida como Justo a Tiempo (JIT), consiste en la fabricación de los productos necesarios en el momento justo y en las cantidades adecuadas. Su objetivo es reducir los stocks a niveles estrictamente necesarios, lo que supone un cambio en la mentalidad del proceso productivo, distribución y comercialización de los productos. El sistema de producción JIT permite la diversificación de productos y la adaptación de la producción a la demanda, lo que puede generar ventajas sinérgicas en la cadena de producción-consumo. Se considera que esta técnica es muy útil para cualquier tipo de empresa, ya que se enfoca en el mejoramiento continuo de la eficiencia en cada elemento que conforma el sistema empresarial, desde proveedores, procesos productivos, personal y clientes (Badillo & Cetre, 2018).

Just in Time tiene la idea principal en que los suministros y artículos estén disponibles en el momento preciso en que se necesitan para su uso, a fin de minimizar los inventarios de materiales. Esto se logra mediante la implementación del sistema "pull", que consiste en producir solo cuando el proceso posterior solicita unidades al proceso anterior (Gómez, 2021). Se busca la eliminación de actividades que no aportan valor en los procesos de producción a través de la metodología de manufactura esbelta mediante la herramienta JIT. El enfoque se encuentra en la administración del flujo de materiales para reducir los inventarios y mejorar la calidad en los procesos productivos (Punna et al., 2020).

El Justo a Tiempo (JIT) es un método que tiene como objetivo mejorar la eficiencia del sistema de producción, reducir los tiempos de flujo y minimizar los inventarios para disminuir los costos. Se enfoca en los tiempos de respuesta de los proveedores y clientes, y para implementarlo es necesario optimizar la comunicación interna, especialmente entre inventarios y producción, y asegurarse de que la materia prima llegue justo a tiempo para la fabricación del producto. El proceso eficiente de preparación de piezas y la minimización de inventarios también son fundamentales en esta metodología. En resumen, el JIT busca que los materiales y productos se entreguen en el momento preciso en que se necesitan para reducir los inventarios

de materia prima y aumentar la eficiencia del sistema de producción mediante la implementación del sistema “pull” (Che et al., 2018).

3.6 METODOLOGÍA WISE

"Mayor Productividad y un Mejor Lugar de Trabajo", también conocido como WISE en inglés, representa un programa de formación empresarial respaldado por la Organización Internacional del Trabajo (OIT). Su objetivo principal es respaldar a las pequeñas y medianas empresas (Pymes) en la mejora de sus entornos laborales y en el aumento de su eficiencia productiva. Este propósito se logra mediante la implementación de técnicas sencillas, eficaces y de bajo costo que generan beneficios directos tanto para los propietarios de las empresas como para sus empleados (Loteró, 2014).

Wise aprovecha el potencial de las Pymes proporcionándoles orientación práctica en la creación de soluciones comerciales destinadas a impulsar la productividad y la calidad en el ámbito laboral de una manera sostenible. La metodología utilizada es transparente y sencilla, centrándose en la implementación de mejoras voluntarias que tengan un impacto positivo en la empresa. A través de sesiones interactivas de formación, se presentan herramientas y técnicas que los dueños y gerentes pueden utilizar para mejorar sus operaciones. Este enfoque de formación práctica fomenta el aprendizaje compartido y el intercambio de experiencias, brindando oportunidades para comprender cómo otros empresarios han obtenido beneficios de la metodología. Importante destacar que este enfoque se basa en compartir experiencias positivas, evitando críticas negativas.

El objetivo fundamental de la metodología Wise es ofrecer conocimientos prácticos que generen resultados inmediatos. Está dirigido específicamente a dueños y gerentes de pequeñas y medianas empresas. A través de esta plataforma educativa, las empresas pueden implementar cambios sencillos y económicos que mejorarán las condiciones de trabajo, con el propósito de lograr mejoras tanto en la productividad como en la calidad. Estas mejoras traen beneficios tanto para las

empresas como para los trabajadores, tanto en el corto como en el largo plazo (Loterio, 2014).

4. MATERIALES Y METODOLOGÍA

En el capítulo se describe la metodología y las técnicas utilizadas para recopilar y analizar el material para este estudio. Se detalla el tipo y diseño de investigación utilizado, así como los métodos de recolección de datos, la selección de la muestra y los criterios de confiabilidad y validez. Se explican así mismo las estrategias empleadas para obtener y procesar la información para este trabajo, a fin de aplicar herramientas más adecuadas de Lean Manufacturing para mejorar la productividad en la fabricación de puertas y ventanas en PVC.

Las siguientes fases del estudio comprende un diagnóstico del proceso actual de fabricación, la determinación de los procesos críticos de producción, elaboración de un plan de mejora de la productividad y la implementación del mismo. A continuación, se muestra el diseño de la metodología utilizada.

4.1 TIPO, DISEÑO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación inició con la utilización de una metodología de carácter descriptivo-exploratoria, recopilando y describiendo los procesos y problemas que no permitieron alcanzar cantidades de producción satisfactorias. El problema a abordar se resolvió a través de utilizar información recopilada en la planta de producción de la empresa. Con este tipo de investigación, se logró describir y especificar las características del problema, su origen y evolución a lo largo del tiempo utilizando métodos, técnicas de investigación y control para tener un mejor entendimiento sobre la situación presentada en su área productiva.

4.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método de investigación deductivo permitió obtener conclusiones generales para explicaciones particulares. Se ocupó también el método inductivo para identificar oportunidades de mejora y recomendar soluciones proactivas en los procesos

críticos identificados. Este método posibilitó llegar a conclusiones de aplicación a partir de hechos concretos.

Por otro lado, se utilizó el método analítico-sintético, dado que por medio de este método se puede estudiar el tema desde una perspectiva individual y luego llegar a un análisis holístico. Y dentro del se analizaron las posibles mejoras de los procesos mediante la aplicación de Lean Manufacturing en comparación con la situación actual. Este enfoque.

4.3 MUESTRA

Debido a la propuesta de tesis a realizar, se hace necesario hacer un análisis de los procesos actuales por lo que se considera no necesario la selección de una muestra. Se identificó cada uno de los procesos de producción para las puertas y ventanas de PVC como unidad de análisis. El estudio se focalizó en los procesos previamente diagnosticados con oportunidades de mejora en la fase 1, seleccionando datos históricos de producción, reprocesos y horas de trabajo. Los procesos que formaron parte del estudio fueron: recepción de materia prima y corte de perfil crudo, foliado de perfiles, corte de perfil foliado, colocación de hierro interno en los perfiles, termofusión, limpieza de perfiles, limpieza y pintura, colocación de platina de hierro y caucho vinil en los perfiles, colocación de accesorios, corte de vidrio y encristalado.

4.4 INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

En concordancia con la información primaria y secundaria seleccionada para este estudio, se recopiló información que fue de utilidad como guía para alcanzar los objetivos previamente establecidos. La obtención de esta información se dio mediante el método de observación, el cual implicó realizar varias visitas a la planta de producción. De esta manera, se pudo comprender el contexto de la organización de forma visual y se analizó el flujo de procesos actuales. Se obtuvo evidencia fotográfica del estado actual de los procesos con oportunidades de mejora y con la aplicación de las herramientas propuestas.

4.5 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Como parte del enfoque metodológico utilizado en este estudio, se incluye el examen detallado de la situación actual de la empresa, así como la formulación de una propuesta para la implementación de un sistema que promueva la mejora continua. Para el tratamiento de la información se utilizó la siguiente metodología:

Tabla 2

Sistema metodológico para el uso de la información obtenida en este estudio

Fase	Actividad	Herramienta
Fase 1: Identificación de la metodología de estudio, línea de producción y sus procesos	Revisión bibliográfica para la determinación de técnicas y métodos.	Bibliografía de bases de datos
	Realizar un diagnóstico de los procesos de producción para establecer la situación actual.	Observación (Fotografías y videos) y registro de datos
Fase 2: Elaboración de un plan de mejora para los procesos críticos	Elaboración de un plan de mejora de la productividad para la reducción de problemas existentes en el proceso productivo.	Selección de herramientas Lean Manufacturing.
Fase 3: Implementación del plan de mejora	Desarrollo del plan de mejora para el nivel de la productividad.	Herramientas Lean Manufacturing

Fuente: Elaboración propia

Se conseguirá aumentar la productividad, que es objetivo de esta investigación en base al sistema metodológico a seguir determinado en las tres fases: identificación de la metodología de estudio, elaboración de un plan de mejora e implementación del plan de mejora.

Tabla 3

Actividad por objetivo

Objetivos específicos	Actividad
1.- Levantar información y diagnosticar el proceso actual en la línea de producción para determinar los procesos críticos.	Observación del proceso actual y registro de la evidencia en hojas de registro de datos y como software Excel. Además, se tomó evidencia fotográfica y video del estado actual de los procesos.
2.- Elaborar un plan de mejora basado en herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad en la producción.	Desarrollo de plan de mejora con herramientas Lean Manufacturing.
3.- Implementar herramientas Lean Manufacturing en los procesos de fabricación de puertas y ventanas en PVC para mejorar el nivel de la productividad.	Implementación de las herramientas Lean Manufacturing en la empresa de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se exponen los resultados obtenidos en cada una de las fases planteados en la tabla 2.

5.1 FASE 1: IDENTIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ESTUDIO, LÍNEA DE PRODUCCIÓN Y SUS PROCESOS .

Termovent es una fábrica de manufactura de puertas y ventanas en PVC, en su línea de producción cuenta con 35 obreros distribuidos en 10 procesos. Cuenta también con una flota de camiones encargada de la distribución de producto terminado a nivel nacional operados por 3 choferes. Su infraestructura aproximada de 5000 m^2 con una capacidad utilizada de un 60% es decir, 3000 m^2 .

En la planta de producción también se observó la disponibilidad de 5 bodegas:

- Bodega de perfil crudo PVC
- Bodega de hierro
- Bodega de vidrio
- Bodega de láminas
- Bodega de artículos y accesorios

Los responsables directos de la bodega de hierro y artículos de accesorios corresponden a dos trabajadores un bodeguero y un auxiliar de bodega, y la bodega de perfil crudo, vidrio y láminas es responsabilidad de cada obrero en su proceso correspondiente.

A partir de esta información se realizó el levantamiento de procesos a base de observación durante dos semanas en la línea de producción.

Dentro de la planta de producción se ha identificado 10 procesos en la línea de fabricación de puertas y ventanas en PVC, los cuales se detallan a continuación:

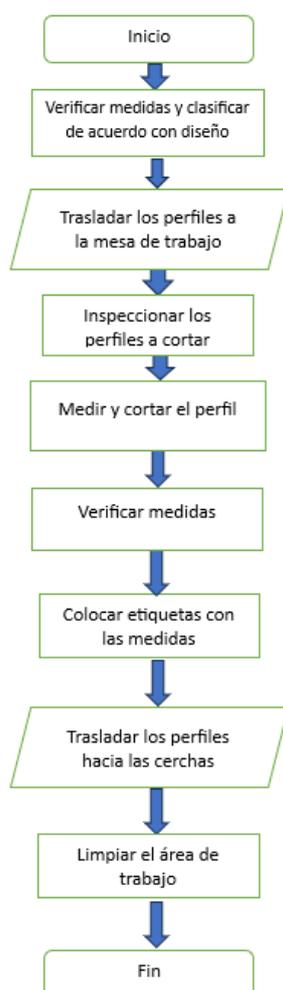
1. Corte de perfil crudo
2. Foliado de perfiles
3. Corte de perfil foliado
4. Colocación de refuerzo de hierro
5. Termofusión
6. Limpieza y pintura
7. Colocación de riel aluminio y caucho vinil
8. Colocación de accesorios
9. Corte de vidrio
10. Encristalado

5.1.1 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE CADA PROCESO ACTUAL

1. Corte de perfil crudo

Figura 2

Diagrama de proceso de Corte de perfil crudo



Fuente: Elaboración propia.

Descripción del proceso actual

La línea de producción inicia con el corte de perfil crudo, el obrero a cargo asume el compromiso de cortar perfiles en forma y tamaño en base a un diseño y hoja de corte de acuerdo con cada obra proporcionada por el jefe de producción.

Sin embargo, se evidencia los problemas del día a día en: almacenamiento, desorden y limpieza de perfiles, este proceso está a cargo de la bodega de materia prima. Su área de trabajo dispone de gran infraestructura y perchas (caballetes) para el almacenamiento de la materia prima, pero no es utilizado de manera correcta para el desarrollo de sus actividades lo que ocasiona problemas como: tiempos muertos, perfiles en mal estado (rayados, golpeados, etc.). Además, que existen perfiles pequeños sobrantes que se mezclan con los perfiles nuevos.

Se cuantifico el tiempo muerto del operador en un aproximado del 25% de la jornada, observando que el operador pierde su tiempo en búsqueda de perfiles y traslado de perfiles hacia su mesa de trabajo. Además, existe un aproximado de un 8% de perfiles sobrantes (retazos) y perfiles golpeados o rayados donde el operador pierde su tiempo en la clasificación de perfiles en buen estado para su uso.

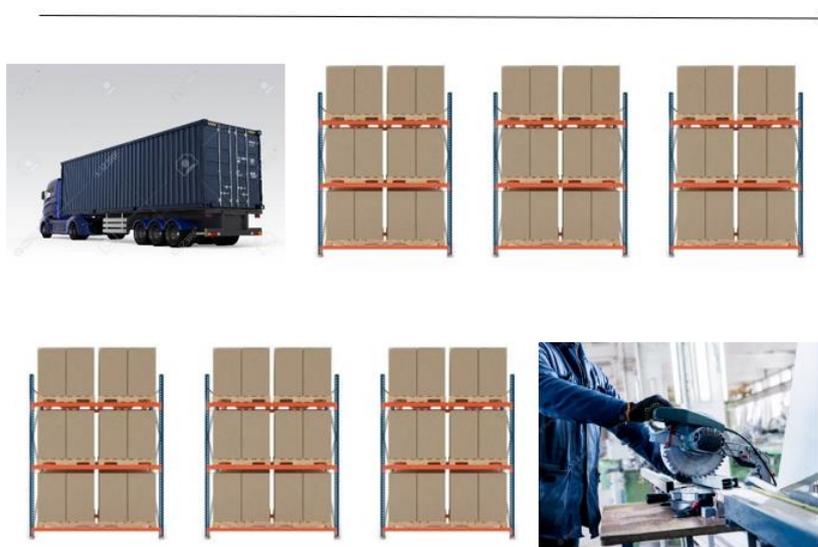
Almacenamiento de materia prima en las perchas (caballetes)

Una bodega bien organizada es fundamental para que los procesos logísticos de una empresa sean eficientes, eficaces y se identifiquen en el menor tiempo posible.

La bodega es el lugar de almacenamiento de gran cantidad en materia prima (perfil crudo de PVC), la misma consta de tres áreas; un lugar para recepción de materia prima, almacenamiento y área para corte de perfil crudo.

Figura 3

Imagen bidimensional de la bodega



Fuente: Empresa Termovent

La bodega de perfil crudo es considerada la parte clave de la empresa puesto que su materia prima (perfil PVC) es un 100% importado con un tiempo de reposición de 45 días, vía marítima. Lo cual es imprescindible llevar a cabo un inventario a detalle y manejo de entradas y salidas de perfiles. Evitar un capital amortizado o faltante de perfiles para la producción.

Figura 4

Imagen actual del área de almacenamiento de materia prima (perfilería)



Fuente: Empresa Tervovent

Descripción de perfiles de acuerdo con su código interno y externo (importación)

Tabla 4

Perfilería color blanco (codificación)

Área	Producción		
Proceso	Corte de perfil crudo		
Obrero	Edison Ochoa		
Color perfil	Blanco		
Ítems	Descripción perfil	Código interno	Código importación
1	Pisavidrio (vidrio 54 cámara)	JP023-1	HSP6004
2	Poste de unión tubo redondo	JP013	
3	Hoja de ventana exterior	JP015	HSP60-09T
4	Hoja de ventana interior	JP016	HSP60-08T
5	Marco de ventana y puerta	JP017	HSP6001T
6	Hoja batiente puerta apertura exterior	JP018	HSP60-13
7	Ventana o puerta fijo – divisor	JP019	HSP60-02T
8	Panelado	JP020	HSP6006
9	Unión perfiles	JP31-1	HSP60-44
10	Marco corredizo 2 rieles	JP032-1	HST62-01 ^a
11	Hoja ventana corrediza	JP033	HST7702T
12	Hoja puerta corrediza	JP034	

13	Enganche puerta corrediza apilable	JP036P-BL-2	HST88-03
14	Hoja batiente puerta apertura interior	JP038	HSP60-23
15	Encuentro	JP048	HST77-10
16	Pisavidrio cámara corrediza	JP067	HST77-09
17	Perfil Z	JP08	HSP60-42
18	Acople de perfil	JP090	HSP60-10
19	Pisavidrio cámara	JP181	HSP60-12
20	Marco corredizo 3 rieles	JP20-10	HST-112-01
21	Marco corredizo 4 rieles	JP20-11	HST138-01
22	Marco corredizo	JP209	HST90-01B
23	Pisavidrio	JP22-1	HSP6003
24	Tapa marco sin perforación	JP500-1	PM60-4
25	Tapa marco con perforación	JP500-2	PM60-4
26	Barajas	JP500	PM60-5
27	Enganche de ventana apilable	JP036V	
28	Hoja de ventana malla	JP089	HST80-05
29	Retícula	JP088	HST77-13
30	Acople triangular	JP103	HSP 60-14 ^a
31	Divisor falso puerta	P220	HSP6017B
32	Pisavidrio	JP023-1	HSP6004
33	Divisor corredizo	JP019-1	HST7703
34	Divisor flotante ventana	JP220	HSP 60-17C
35	Unión de dos cuerpos	JP31	HST7707
36	Tapa sin perforación	JP500-1N	BYCZYYT
37	Tapa con perforación	JP500-2N	BYCZYYT

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5
Perfilería color base (marrón)

Área	Producción		
Proceso	Corte de perfil crudo		
Obrero	Edison Ochoa		
Color perfil	Base / marrón		
Ítems	Descripción perfil	Código interno	Código importación
1	Base tubo redondo	JP013	HSP 60-11
2	Hoja de ventana exterior	JP015	HSP6009T
3	Hoja de ventana interior	JP016	HSP6008T
4	Marco de ventana y puerta	JP017	HSP6001T
5	Hoja batiente puerta apertura exterior	JP018	HSP60-13
6	Ventana / puerta divisor	JP019	HST77-03
7	Ventana puerta fijo / divisor	JP019	HSP 6002T

8	Marco corredizo 2 rieles	JP32-1	HST62-01 ^a
9	Hoja puerta corrediza	JP034	HST88-02
10	Hoja batiente puerta apertura interior	JP038	HSP30-23
11	Perfil Z	JP08-BS	HSP6042
12	Marco corredizo 3 rieles	JP20-10	HST112-01
13	Marco corredizo 4 rieles	JP20-11	HST138-01
14	Marco corredizo	JP209	HST90-01B
15	Divisor flotante hoja batiente	JP220P	HSP6017B
16	Perfil malla	JP089	HST8005ES
17	Acople triangular	JP103	HST6014A

Fuente: Elaboración propia.

2 Proceso foliado de perfiles

Figura 5

Diagrama del proceso de foliado de perfiles



Fuente: Elaboración propia.

Descripción del proceso actual

El proceso de foliado consta de una gran cantidad de actividades, en esta área de trabajo se dispone de 5 obreros y dos máquinas (laminadora 1 y laminadora 2). Los obreros laboran de la siguiente manera: 2 en cada máquina y 1 obrero como personal de abastecimiento de materiales tales como: lámina cortada, líquidos (PU y llama roja), pegamento y revisión de perfiles. Sin embargo, el proceso no cuenta

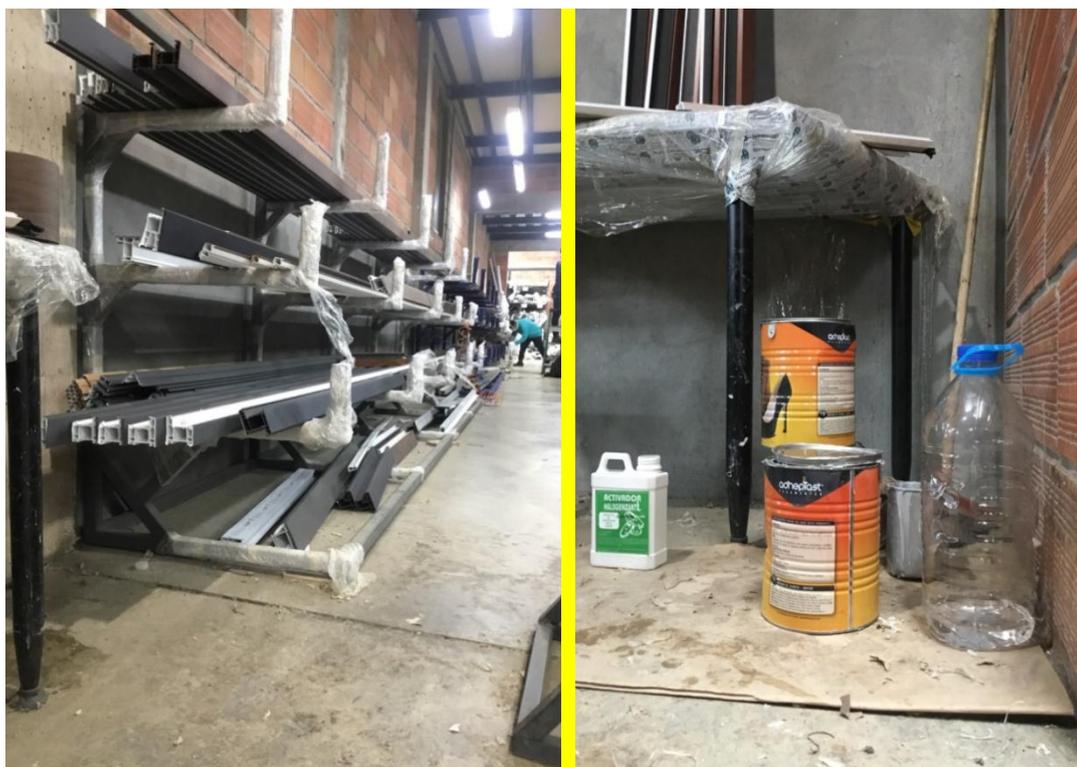
con actividades definidas para cada obrero, carencia de equipos de protección personal EPP.

Adicional los obreros no cuentan con las herramientas adecuadas y en algunos casos herramientas obsoletas. Esto representa una pérdida de tiempo y malestar al realizar su trabajo. Al finalizar sus actividades se evidencia perfiles en mal estado y desorden en el área de trabajo.

Se observó que los operadores pierden tiempo en un aproximado de 2.25 horas en el día, tiempo estimado por la calibración de máquina.

Figura 6

Imagen actual del proceso Foliado de Perfiles



Fuente: Empresa Termovent.

3 Corte de perfil foliado

Figura 7

Diagrama del proceso corte de perfil foliado



Fuente: Elaboración propia.

Descripción del proceso actual

Una vez realizado el foliado de perfiles se procede al corte, la cual es operada por 2 obreros, proceso clave ya que en esta estación se corta a medida exacta los perfiles tanto para puertas y ventanas de acuerdo con la hoja de diseño y hoja de corte. Además del corte de perfiles, se realiza el proceso de mecanizado el cual consiste en troquelar o hacer agujeros en los perfiles (hojas de puertas y ventanas) para las herraduras o seguros, manijas y uñeros. Cabe mencionar que este proceso se complementa con las salidas de agua (drenaje) en los marcos tanto de puertas y ventanas.

Al ser un proceso operado con maquinaria es indispensable los equipos de protección personal EPP, sin embargo, se evidencia la falta de estos en los obreros,

de la misma manera hojas de control de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo para las máquinas, lo que ha ocasionado tiempos muertos en producción e inseguridad en su entorno de trabajo. Además, se evidencia desorden del área, falta de limpieza y desorganización. Gran parte del tiempo pasan buscando perfiles sin medidas o que no están identificados correctamente por los procesos anteriores e incluso colocados en diferentes perchas (caballetes) ocasionado una mezcla entre varios perfiles de diferentes obras. Esto provoca retraso en la línea de producción y desperdicio de recursos como tiempos muertos e improductivos.

Figura 8

Imagen actual del proceso Corte de Perfil Foliado

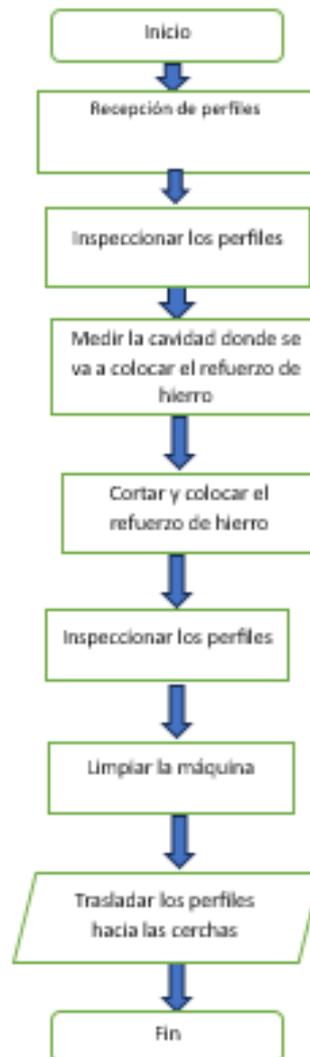


Fuente: Empresa Termovent.

4 Colocación refuerzo de hierro

Figura 9

Diagrama de proceso colocación refuerzo de hierro



Fuente: Elaboración propia.

Descripción del proceso actual

En esta área de trabajo se realiza la colocación de hierro interno en las cámaras al vacío de los perfiles de PVC. Ver figura 10 el mismo que sirve para reforzar los perfiles y evitar el pandeo de las estructuras armadas que al formar un solo cuerpo la estructura brinda mayor solidez y seguridad al momento de instalación.

Figura 10

Perfiles PVC con refuerzo hierro interno



Fuente: Empresa Termovent.

Para este proceso es indispensable el trabajo en conjunto con la persona encargada de la bodega de hierro, se realiza la entrega del hierro por parte de la persona bodeguera al obrero en base al diseño y hoja de corte por obra. Este procede a tomar medidas de los perfiles cortados y a realizar el corte de hierro para luego su colocación. Este es sujetado con tornillos (hierro al perfil).

En esta área el obrero no cuenta con los equipos de protección personal teniendo en cuenta que dispone del uso de maquinaria para cortar el hierro y herramientas (taladros) para la colocación de tornillos. Adicional la no consecución de obras ocasiona el almacenamiento de hierro en el piso de diferentes obras, dificultando su trabajo y generando un ambiente propicio a accidentes laborales, además de desperdicios de recursos.

Figura 11

Imagen actual del proceso corte de hierro



Fuente: Empresa Termovent.

5 Proceso de Termofusión

Figura 12

Diagrama de procesos de termofusión



Fuente: Elaboración propia.

Descripción del proceso actual

El área de termofusión es la encargada de unir o soldar los perfiles a través de una máquina denominada Termo fusionadora, desde este proceso en adelante se considera ya como una estructura armada sea tanto hojas o marcos entre puertas y ventanas y su productividad es medida en metros cuadrados. Cabe recalcar que este proceso no se observa desperdicios de recursos.

Figura 13

Imagen actual del proceso Termofusión



Fuente: Empresa Termovent.

Consta de una máquina la cual es operada por un solo obrero. En esta área de trabajo no se tiene ninguna observación.

6 Proceso de limpieza y pintura

Figura 14

Diagrama del proceso de Limpieza



Fuente: Elaboración propia.

Descripción del proceso actual

El área de limpieza y pintura conlleva un trabajo 100% manual, en él se deriva varias actividades como: colocación de las estructuras en la mesa de trabajo, retiro de rebabas, limpieza de excedentes de la termofusión y por último el pintado en el canal de las rebabas, lo cual es realizado por dos obreros, cada en una mesa de trabajo. Es importante mencionar que cada obrero trabaja de manera independiente en cada estructura.

A consecuencia de esto, al finalizar la jornada laboral existe discrepancias entre los mismos, alegando que uno trabaja más que el otro o en algunos casos ninguno asume la responsabilidad si una estructura esta rayada, golpeada o mal realizada la limpieza o pintura. Todo esto se deriva a la falta de un manual de funciones o documentación de procesos, donde el obrero pueda saber con exactitud sus actividades. Adicional, en sus puestos de trabajo al realizar las mismas actividades las herramientas tienen que ser compartidas, lo que ocasiona malestar entre los obreros y tiempos muertos originando una muda de actividades.

Figura 15

Imagen actual del proceso Limpieza y Pintura



Fuente: Empresa Termovent.

7 Proceso colocación riel de aluminio y caucho vinil

Figura 16

Diagrama de proceso de Colocación riel de aluminio y caucho vinil



Fuente: Elaboración propia.

Descripción del proceso actual

Continuando con la línea de producción se tiene el proceso de colocación de riel aluminio y colocación de caucho. Todo depende de la obra en producción, existe dos tipos de cauchos: caucho PVC para marcos de puertas y ventanas y caucho vinil para hojas de puertas y ventanas. El riel de aluminio solo se coloca en puertas corredizas en la base de la estructura. Para este proceso se dispone de un solo obrero.

En este proceso se evidencia la falta de organización, limpieza y de instrucciones operativas para la realización de tareas. Se evidencia el tiempo libre del obrero ya que son actividades que no requieren de mayor dificultad. Cabe mencionar que el trabajo es realizado de manera manual al 100%.

8 Proceso de colocación de accesorios

Figura 17

Diagrama de proceso de colocación de accesorios



Fuente: Elaboración propia.

Descripción del proceso actual

Este proceso consta en la colocación de diferentes accesorios en las estructuras tanto en las hojas como en los marcos de puertas y ventanas. La colocación de herraduras, seguros, cremonas y verificación de colocación de cilindro para llave, bisagras, felpa y uñeros es importante en este proceso, ya que se deriva la parte funcional y seguridad de cada estructura.

La colocación de accesorios es un proceso que lo realizan tres obreros, cada obrero trabaja de manera individual en una estructura. Al finalizar la jornada, existe problemas entre los obreros, ya que ninguno asume la responsabilidad en estructuras rayadas, golpeadas o cualquier otro daño ocasionado en el proceso. De la misma manera los obreros realizan varias actividades simultáneamente, sin una secuencia lógica y en ocasiones comparten las herramientas.

Además, observa que se produce un cuello de botella dado por la falta de organización, limpieza, orden y asignación de actividades para cada obrero. También se observó que no disponen de herramientas adecuadas, o en algunos casos están obsoletas, llegando así una muda de actividades y tiempo.

Adicional, en cuanto a la materia prima (accesorios) no existe un lugar adecuado en el área de trabajo para la recepción y almacenamiento, esto desencadena en un total desorden llegando a una confusión de los accesorios para cada obra o peor aun llegando a tener daños o pérdidas de estos.

Figura 18

Imagen estado actual proceso Accesorios

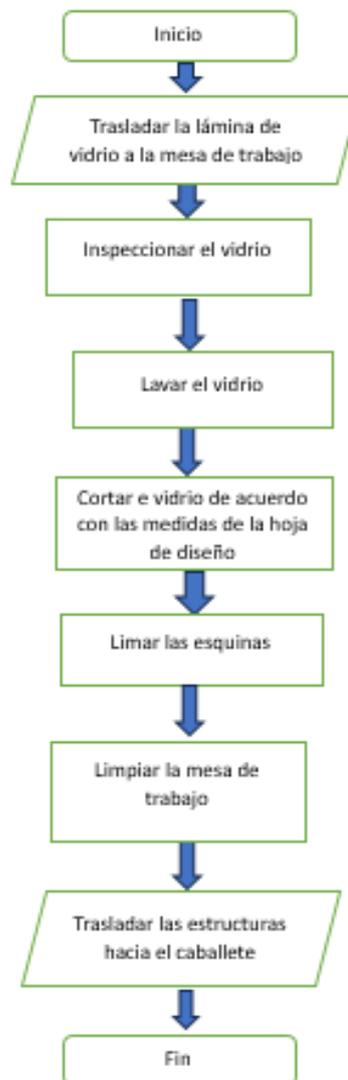


Fuente: Empresa Tervovent

9 Proceso corte de vidrio

Figura 19

Diagrama de proceso corte de vidrio



Fuente: Elaboración propia.

Descripción del proceso actual

Este puesto de trabajo el obrero encargado debe realizar dos funciones principales:

1 cortar vidrio para abastecer al proceso de encristalado y al proceso de vidrio cámara.

2 es el designado en la utilización óptima de planchas de vidrio, utilización de retazos e inventario de ingresos y egresos de planchas de vidrio.

En esta área se evidencia la cantidad de vidrio en sobre stock y el desconocimiento del tipo de vidrio por lo cual conlleva a un desperdicio de recursos tanto en transporte y revisión de vidrio para su utilidad.

Además, se nota a simple vista el sobre esfuerzo físico, y el riesgo que se expone a la manipulación de estos. La carencia de los equipos de protección personal EPP y la acumulación de retazos de vidrios en la mayoría de los casos ya no son de utilidad.

Figura 20

Imagen actual del proceso de corte de vidrio



Fuente: Empresa Termovent.

10 Proceso de encristalado

Figura 21

Diagrama de proceso de encristalado



Fuente: Elaboración propia.

Descripción del proceso actual

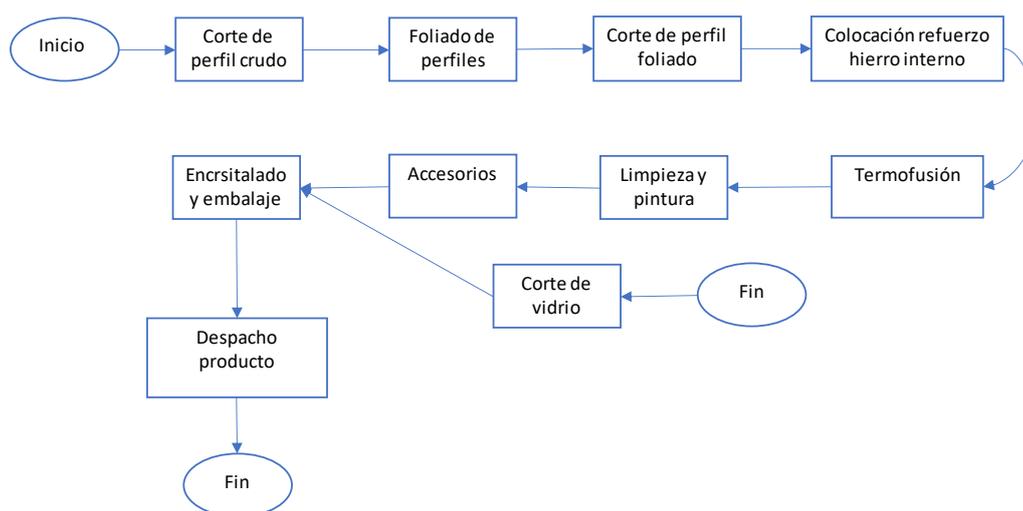
Este es el último proceso de producción en donde cada estructura pasa su revisión final, las mismas son inspeccionadas en los siguientes factores: su funcionalidad, tipo de accesorio, medidas, especificación de complementos o adicionales para instalaciones y por consiguiente la colocación del vidrio en la estructura para culminar con el embalaje de cada una y la colocación en el área de producto terminado lista para su despacho.

Es un proceso que se realiza al 100% manual con herramientas que no exponen al peligro físico del obrero. Es muy importante recalcar que no existe problema alguno en esta área de trabajo, lo que si se mencionara es la justificación de tres obreros en este proceso por razones de peso al momento de manipular vidrio o la estructura en si ya como producto terminado.

En base a estas observaciones y levantamiento de información en el proceso y cada actividad, se expone el flujo de proceso de la línea de producción en puertas y ventanas en PVC.

Figura 22

Flujo de proceso de producción de puertas y ventanas en PVC



Fuente: Elaboración propia

Dentro del flujo proceso se pudo apreciar las distintas etapas por las cuales atraviesa la materia prima para ser transformada hasta llegar al producto terminado (puertas y ventanas). Además, se evidencia subprocesos como corte de lámina, corte y doblado a 90° platina de hierro.

Para poder identificar los elementos críticos e ineficiencias dentro del proceso productivo, se utilizó la herramienta SIPOC, en el cual se analiza proveedores, entradas y salidas de proceso y clientes, proporcionando una visión general y

estructurada del proceso, identificando además los elementos claves involucrados en el mismo y las relaciones entre ellos. Al identificar los insumos y proveedores involucrados, así como los productos y clientes, es posible descubrir problemas o brechas en el proceso y determinar los factores que los causan. Ayuda a identificar las causas fundamentales y a desarrollar estrategias de mejora eficaces. De esta manera, se presenta a continuación los resultados de la herramienta aplicada:

Tabla 6

Herramienta SIPOC

S	I	P	O	C
Proveedor	Entradas	Proceso	Salidas	Clientes
Bodega	Materia prima	Corte de perfil crudo	Perfil crudo cortado	Foliado de perfiles
Foliado de perfiles	Perfil crudo cortado	Foliado de perfiles crudos	Perfil foliado	Corte de perfil foliado
Corte de perfil foliado	Perfil foliado	Corte de perfil foliado 45°	Perfil foliado cortado 45°	Proceso de colocación de hierro en perfiles (refuerzo interno)
Proceso de colocación de hierro en perfiles (refuerzo interno)	Perfil foliado cortado 45°	Colocación de hierro (refuerzo interno) en los perfiles foliados	Perfiles foliados cortados con hierro refuerzo interno	Proceso de termofusión (soldado de perfiles)
Proceso de termofusión	Perfiles foliados cortados con	Termofusión de perfiles (soldado de	Estructuras armadas,	Proceso de limpieza y pintura

(soldado de perfiles)	hierro refuerzo interno	perfiles) armado de estructuras	puertas y ventanas	
Proceso de limpieza y pintura	Estructuras armadas, puertas y ventanas	Limpieza de rebabas y pintado	Estructuras (puertas y ventanas) limpias y pintadas	Proceso de colocación de platina y caucho vinil
Proceso de colocación de platina y caucho vinil	Estructuras (puertas y ventanas) limpias y pintadas	Colocación de platina y caucho en marcos y hojas de puertas y ventanas	Estructuras con platina y caucho	Proceso de colocación de accesorios
Proceso de colocación de accesorios	Estructuras con platina y caucho	Colocación de accesorios	Estructuras con accesorios colocados	Proceso de encristalado
Proceso de encristalado	Estructuras con accesorios colocados	Revisión de calidad final y colocación de vidrio en las hojas (puertas y ventanas) más embalaje	Producto terminado	Colocación en el área de producto terminado

Fuente: Elaboración propia

Una vez determinado los procesos críticos mediante la herramienta SIPOC, se realizó observaciones en cada uno y así identificar las distintas situaciones que serán consideradas como puntos críticos, mismas que se presentan la tabla 6.

Tabla 7

Observaciones críticas de los procesos de producción de las puertas y ventanas.

Proceso	Observaciones críticas
Recepción de materia prima y corte de perfil crudo	<ul style="list-style-type: none"> • Productos no categorizados • Nivel alto de desorganización • Productos sin etiquetas o etiquetas en mal estado • Productos obsoletos • Carencia de implementos de seguridad industrial • Falta de limpieza • Pasillos llenos de obstáculos (perfiles) que impiden la libre circulación del obrero y el personal externo. • Ausencia de señalética en los pisos y paredes • Mezcla entre los productos • Ubicación de los productos no adecuada • Tiempo de muda del obrero para realizar sus actividades
Foliado de perfiles	<ul style="list-style-type: none"> • Existe desorden y falta limpieza del área de trabajo • Se toma demasiado tiempo en calibración de piezas para los diferentes perfiles. • Falta de herramientas adecuadas • Falta de un instructivo de operación • No existe un control adecuado de la temperatura que se usa en la máquina • Ausencia de un contador para metraje exacto al momento de cortar la lámina • Ausencia de señalética

	<ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de un registro de mantenimiento preventivo en la máquina • Rotación de personal • Los obreros realizan actividades simultáneas sin un orden lógico • El abastecimiento de materia prima es inoportuno causando pare en el proceso • Almacenamiento inadecuado • Perchas (caballetes) mal utilizadas
Corte de perfil foliado 45°	<ul style="list-style-type: none"> • Existe desorden y falta de limpieza del área de trabajo • Falta señalética • Falta de equipo de protección personal • Falta de orden al momento de almacenar los perfiles • Ausencia de instructivo de operaciones • Perfiles en el piso obstruyendo la libre circulación al obrero y clientes internos y externos • Tiempos muertos por el obrero en busca de los perfiles requeridos • Ausencia de etiquetas o en mal estado • Área de trabajo saturada de materia prima por todo lado • Diferentes obras sin un orden de trabajo (prioridad, urgente)
Colocación de hierro (refuerzo interno) en los perfiles cortados	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de estantes para colocar el material en espera • Ausencia de señalética • Ausencia de tomas de corriente eléctrica para el uso de las herramientas • Ausencia de instructivo de operaciones • El obrero recibe diferentes órdenes de autoridades • Falta de etiquetado • No existe continuidad de obras

	<ul style="list-style-type: none"> • Desorden y falta de limpieza del área de trabajo
Termofusión (soldado de perfiles) o armado de estructuras	<ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de señalética • Ausencia de estantes para colocar los perfiles termoformados (estructuras armadas) • Ausencia de instructivo de operaciones
Limpieza y pintura de estructuras	<ul style="list-style-type: none"> • Posible cuello de botellas • Desorden y falta limpieza del área de trabajo • Trabajo manual, toma demasiado tiempo en la limpieza de los perfiles de PVC • Falta de herramientas adecuadas para el trabajo • Falta de estantes para almacenar las herramientas • Ausencia de instructivo o rol de operaciones
Colocación de rieles de aluminio y caucho en las estructuras	<ul style="list-style-type: none"> • Desorden y falta de limpieza del área de trabajo • Ausencia de instructivo o rol de operaciones
Colocación de accesorios en las estructuras	<ul style="list-style-type: none"> • Desorden y falta de limpieza del área de trabajo • Falta de herramientas adecuadas • Sobrecarga de tareas a los operadores • Ausencia de instructivo de operaciones • Ausencia de estante para almacenar las herramientas
Proceso de encristalado	<ul style="list-style-type: none"> • Desorden y falta de limpieza del área de trabajo • Error de check list en las estructuras de acuerdo con el diseño

Fuente: Elaboración propia.

Con las observaciones expuestas en cada proceso, se generó una clasificación por tipo de desperdicio, además las observaciones fueron unificadas si se presentaban en más de un proceso, como sucede con el desorden y la falta de limpieza entre otras. Tales desperdicios son los que serán tratados más adelante a través de la

aplicación de las herramientas Lean o metodología WISE. De esta manera se presenta la tabla 8.

Tabla 8

Clasificación según el tipo de desperdicio de las actividades identificadas como críticas

Descripción de las actividades críticas	Tipo de desperdicio						
	Sobreproducción	Espera	Subproceso	Transporte	Movimiento	Inventario	Retrabajo/defecto
Demasiado tiempo para cambio de piezas (calibración)		x					
No hay control de parámetros							x
Desorden y falta de limpieza							x
Ausencia de instructivos							x
Trabajo manual	x						
Ausencia de señalética							x
Ausencia de registro de mantenimiento							x
Falta de EPP							x
Falta de estantes							x
Falta de tomas de corriente							x
No se etiquetan las órdenes de trabajo							x
Cuello de botella en limpieza de estructuras		x					
Falta de herramientas							x

Sobrecarga de tareas en colocación de accesorios							x
Total	1	2	0	0	0	0	11

Fuente: Elaboración propia.

5.2. FASE 2: ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA PARA LOS PROCESOS CRÍTICOS

Para la selección de las herramientas Lean a utilizar, se colocaron los aspectos críticos detallados anteriormente en la Tabla 7. En el caso de que un punto crítico pueda ser abordado por varias herramientas, se utilizaron los siguientes criterios que se detallan a continuación que no ayudaron para seleccionar la herramienta que mejor se ajusta a la situación de la empresa.

- Frecuencia de selección: Se determinó la cantidad de veces que se recomendó utilizar una herramienta Lean específica en función del tipo de desperdicio identificado. Esta información se obtuvo a través de una tabla 9.
- Impacto de la herramienta Lean en las metas del área: Este criterio evaluó el nivel de impacto o importancia que tendría la aplicación de cada herramienta en el área, en términos de mejorar los indicadores clave de desempeño (KPIs) y optimizar el uso de los recursos disponibles. Se asignó una calificación numérica del 1 al 10 a cada herramienta, donde 1 representa un impacto bajo y 10 representa un impacto alto de acuerdo con la tabla 8.
- Dificultad de implementación de la herramienta: Este criterio consideró la dificultad asociada con la implementación de cada herramienta en el área, tomando en cuenta el tiempo requerido para llevar a cabo la implementación, el nivel de compromiso necesario por parte de los trabajadores del área y los conocimientos necesarios para su aplicación. Se asignó una calificación del 1 al 10 a cada herramienta, donde 10 indica una implementación fácil y 1 indica una implementación difícil. Esta calificación

se determinó de acuerdo con las indicaciones proporcionadas, como se observa en la tabla 9.

Estos criterios se utilizaron para evaluar y comparar las diferentes herramientas Lean disponibles, a fin de seleccionar la más adecuada para reducir cada tipo de desperdicio identificado en la empresa, estos criterios están detallados en el punto 5.2.

Después de elaborar una lista de desperdicios, se llevó a cabo la identificación de las herramientas Lean que serían apropiadas para abordar cada tipo de desperdicio en particular. Es importante destacar que puede haber más de una herramienta Lean disponible para tratar un mismo desperdicio. Una vez identificadas estas posibles herramientas, se procedió a seleccionar cuáles utilizar, tomando en consideración los criterios previamente mencionados.

Tabla 9

Evaluación de las herramientas Lean Manufacturing y Wise por desperdicio identificado.

Desperdicio	Herramientas Lean Manufacturing y Wise								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Kaizen	Kanban	Poka-Yoke	5S	VSM	SMED	Jidoka	TPM	Wise
Demasiado tiempo para cambio de piezas						x			
No hay control de parámetros			x				x		

Desorden y falta de limpieza				x					
Ausencia de instructivos									x
Ausencia de señalética		x							
Ausencia de registro de mantenimiento								x	
Falta de EPP							x		
Falta de estantes				x					
Falta de tomas de corriente				x					
No se etiquetan los órdenes de trabajo		x							
Cuello de botella						x			
Falta de herramientas									x
Sobrecarga de tareas					x				
Total	0	2	1	4	1	3	2	1	2

Fuente: Elaboración propia.

Se aplicaron los criterios mencionados en el punto 5.2 para seleccionar las herramientas más adecuadas que podrían ser utilizadas para tratar desperdicios, considerando tanto la dificultad de implementación como el impacto que tendrían

en el área. Los resultados de esta evaluación se muestran en la tabla 10. La frecuencia de selección se basó en los resultados obtenidos de la tabla 9, donde se determinó cuántas veces se sugirió utilizar cada herramienta. El impacto de la herramienta se determinó considerando el nivel de familiaridad de los trabajadores con estas herramientas, y aquellas con una mayor puntuación son las que ya se utilizan ampliamente en la empresa en otras áreas. Por otro lado, la dificultad de implementación se refiere a la cantidad de recursos que se necesitan mover para implementar la herramienta y la inversión requerida.

Utilizando estos criterios, se seleccionó la herramienta más adecuada para cada desperdicio, teniendo en cuenta tanto su facilidad de implementación como su impacto en el área específica donde se aplicará.

Tabla 10

Selección de herramientas Lean y metodología Wise según la valoración de criterio.

Herramientas Lean	Frecuencia de selección	Impacto de la herramienta	Complejidad de implementación	Total
Kaizen	0	0	0	0
Kanban	2	8	8	18
Poka-yoke	1	6	6	13
5S	4	10	10	24
VSM	1	8	6	15
SMED	3	8	6	17
Jidoka	2	6	8	16
TPM	1	6	8	15
Wise	2	10	6	18

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla 10, la herramienta de mayor calificación es 5S, seguido de SMED y Wise.

A continuación, se propone un flujo de procesos en la línea de producción de puertas y ventanas quedando de la siguiente manera: una línea de producción en forma de herradura conformada por 9 procesos iniciando con corte de perfil crudo y como último el proceso; calidad, envasado y embalaje. Los demás procesos formarán parte de la línea de producción como preensamble tales como: corte de lámina, corte y doblado 90 grados platina de hierro, corte de vidrio, vidrio cámaras y pisavidrio.

Una línea de producción es un conjunto de operaciones secuenciales establecidas en un proceso de fabricación donde se ensamblan componentes para fabricar un artículo en producto terminado o donde los materiales se someten a un proceso de refinación para lograr un producto final.

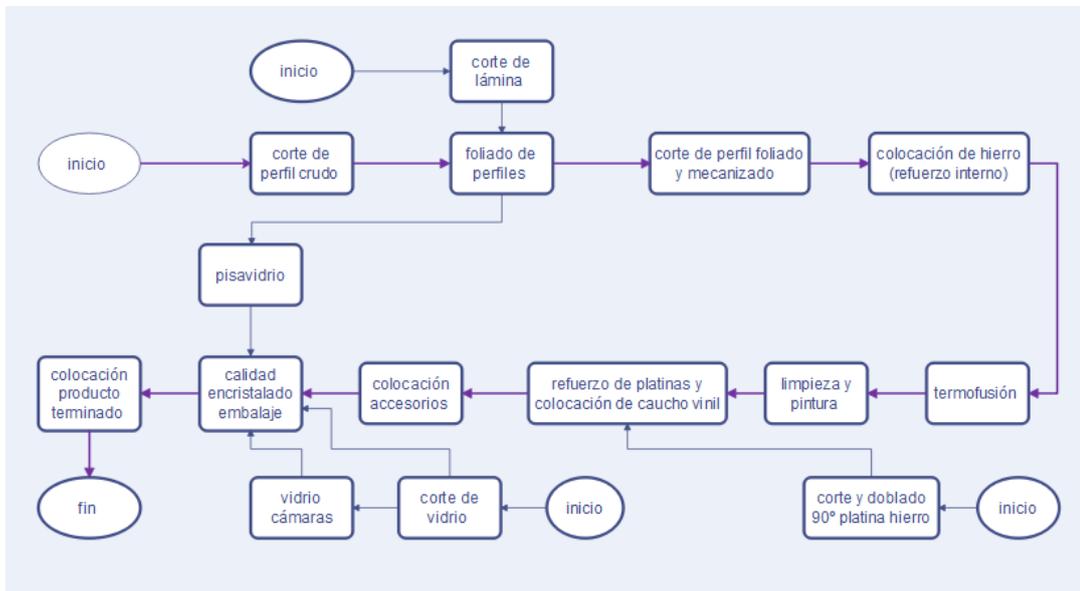
El proceso de preensamblado consiste en la unión de diferentes piezas que se han fabricado de forma separada para conformar el producto final.

El proceso es sistemático y las líneas de ensamble se dividen en diferentes estaciones, donde en cada una de ellas el producto se encuentra en una fase y se le van agregando diferentes piezas.

Para ello se puede observar en la figura 23 el flujo de procesos, planta de producción de puertas y ventanas empresa Termovent.

Figura 23

Flujo de procesos para la línea de producción, implementación de mejora.



Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que con la propuesta de este nuevo flujo de procesos en la línea de producción no se eliminan procesos ni mucho menos mano de obra, esta reestructuración nos permite organizar de mejor manera el flujo de fabricación y los procesos de preensamble organizar de manera independiente para abastecer a la dicha línea de producción.

Una vez determinado el nuevo flujo de procesos como se observa en la figura 23, se implementó las mejoras en cada uno de ellos de acuerdo con las herramientas Lean y metodología Wise.

5.3. FASE 3: IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MEJORA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE PUERTAS Y VENTANAS EN PVC

Antes de iniciar el plan de mejora en los diferentes procesos es importante recalcar que actualmente la producción se lleva bajo un sistema “make to order” es decir, se produce bajo un contrato establecido entre el cliente y la empresa. Además, en la actualidad se labora 8 horas en un solo turno matutino.

A continuación, se presenta datos proporcionados por el departamento de producción con data hasta la fecha 2023/20/12.

Figura 24

Datos de producción 2021 – 2022 - 2023

DATA HASTA LA FECHA 2023/20/12											
PRODUCCIÓN 2021 - 2022 - 2023											
año	mes	m2	mL	año	mes	m2	mL	año	mes	m2	mL
2021	enero	0	0	2022	enero	701,01	4,7	2023	enero	905,63	93,81
	febrero	0	0		febrero	642,66	31,8		febrero	809,46	446,6
	marzo	0	0		marzo	301	70,09		marzo	637,75	20,7
	abril	0	0		abril	728,22	45,17		abril	886,24	212,03
	mayo	0	0		mayo	231,83	379,45		mayo	842,26	58,88
	junio	784,04	0		junio	460,44	247,67		junio	773,53	35,48
	julio	592,83	259,2		julio	823,41	12		julio	786,52	40,89
	agosto	625,95	29,56		agosto	795,54	16,75		agosto	670,061	0
	septiembre	866,62	0		septiembre	796,01	1234,74		septiembre	481,11	49,15
	octubre	906,78	607,7		octubre	815,19	92,55		octubre	545,94	56,78
	noviembre	957,85	1587,59		noviembre	957,31	1348,65		noviembre	316,04	5,23
	diciembre	683,31	342,73		diciembre	691,07	9,47		diciembre	205,85	47,89
Σ	5417,38	2826,78	Σ	7943,69	3493,04	Σ	7654,541	1067,44			
\bar{X}	773,911429	403,825714	\bar{X}	661,974167	291,086667	\bar{X}	695,867364	88,9533333			

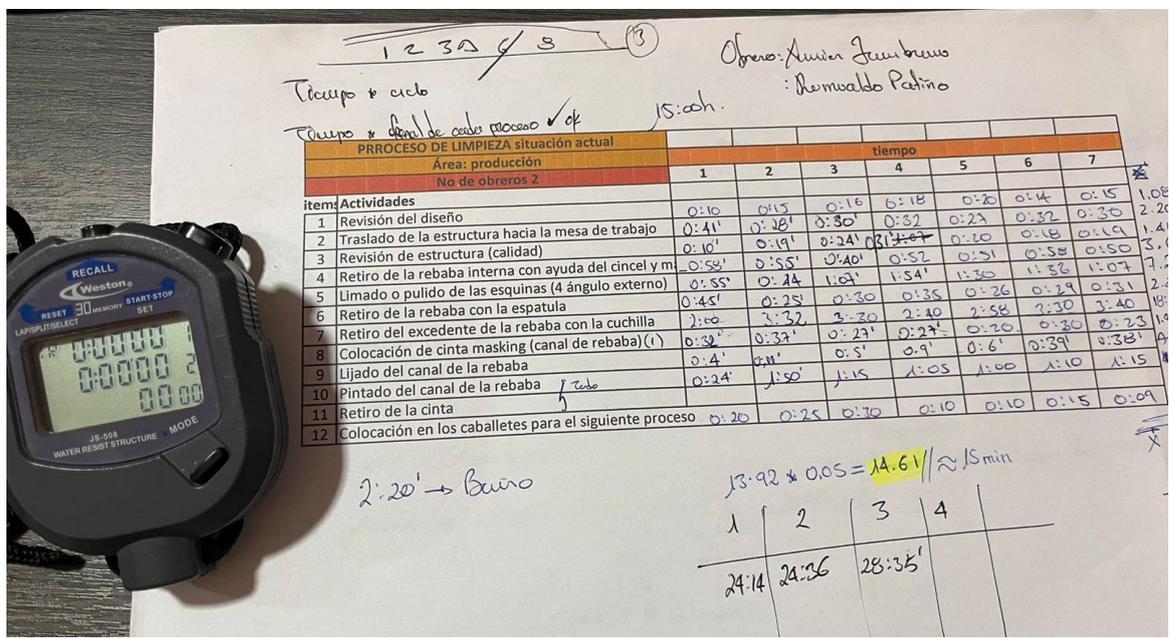
Fuente: Obtenida de los datos de la empresa Termovent. Nota: La imagen se ve borrosa debido a que es información confidencial proporcionada por el departamento de producción.

Se observa una media de producción para el año 2021 que fue de 773.91 metros cuadrados, en el año 2022 661.97 metros cuadrados y para el año 2023 una media de producción de 695.86 metros cuadrados. Es importante tener en cuenta que para el año 2021 se produjo con 28 obreros, para el año 2022 con 35 obreros y para el año 2023 con 16 obreros.

A continuación, se presenta los tiempos obtenidos del diagnóstico inicial durante la calibración de la máquina para el foliado de perfiles.

Figura 25

Registro fotográfico de toma de tiempos en una calibración de la maquina laminadora



Handwritten notes: *Tiempo + ciclo*, *Tiempo + detalle de cada proceso*, *15:coh.*, *Ofreno: Anuvia Jumbreno*, *: Removaldo Patino*

PRROCESO DE LIMPIEZA situación actual		tiempo						
Área: producción		1	2	3	4	5	6	7
No de obreros 2								
1	Revisión del diseño	0:10	0:15	0:16	0:18	0:20	0:14	0:15
2	Traslado de la estructura hacia la mesa de trabajo	0:41'	0:28'	0:30'	0:32'	0:27'	0:32'	0:30'
3	Revisión de estructura (calidad)	0:10'	0:19'	0:24'	0:21'	0:20'	0:18'	0:19'
4	Retiro de la rebaba interna con ayuda del cincel y m	0:58'	0:55'	0:40'	0:52'	0:51'	0:58'	0:50'
5	Limado o pulido de las esquinas (4 ángulo externo)	0:55'	0:44'	1:01'	1:54'	1:30'	1:36'	1:07'
6	Retiro de la rebaba con la espátula	0:45'	0:25'	0:30'	0:35'	0:26'	0:29'	0:31'
7	Retiro del excedente de la rebaba con la cuchilla	2:00'	2:32'	2:30'	2:40'	2:58'	2:30'	2:40'
8	Colocación de cinta masking (canal de rebaba) (1)	0:32'	0:37'	0:27'	0:27'	0:20'	0:30'	0:23'
9	Lijado del canal de la rebaba	0:4'	0:11'	0:5'	0:9'	0:6'	0:39'	0:38'
10	Pintado del canal de la rebaba	0:24'	1:50'	1:15'	1:05'	1:00'	1:10'	1:15'
11	Retiro de la cinta	0:20'	0:25'	0:30'	0:10'	0:10'	0:15'	0:09'
12	Colocación en los caballetes para el siguiente proceso							

Handwritten calculations: $13.92 * 0.05 = 14.61 \approx 15 \text{ min}$

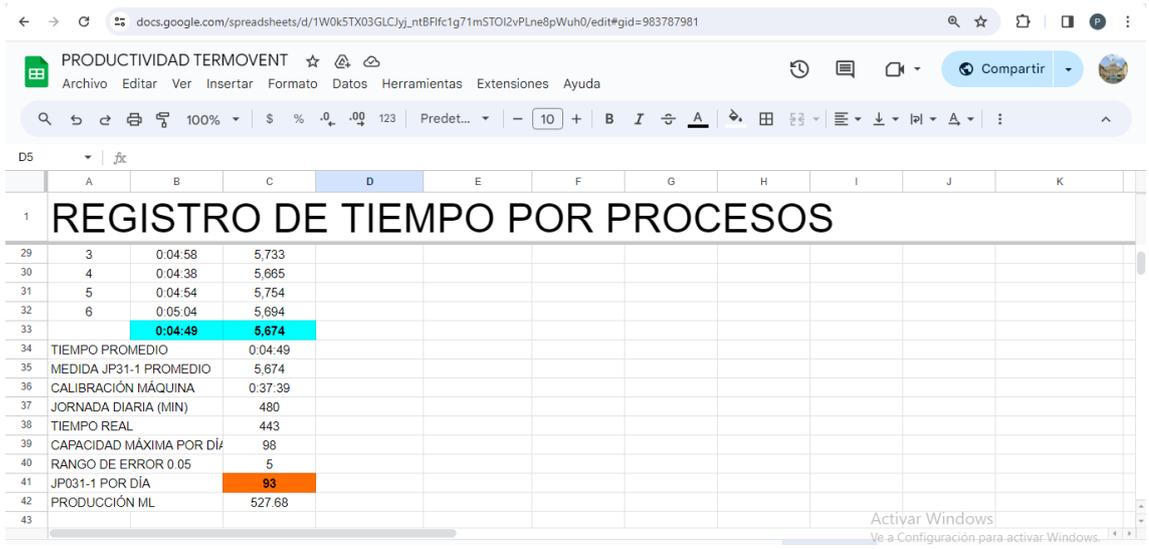
1	2	3	4
24:14	24:36	28:35'	

Handwritten notes: *2:20' → Buena*

Fuente: Información obtenida de la empresa Termovent. Nota: La imagen se ve borrosa debido a que es información confidencial proporcionada por el departamento de producción

Figura 26

Registro de tiempo por procesos



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	REGISTRO DE TIEMPO POR PROCESOS										
29	3	0:04:58	5,733								
30	4	0:04:38	5,665								
31	5	0:04:54	5,754								
32	6	0:05:04	5,694								
33		0:04:49	5,674								
34		TIEMPO PROMEDIO	0:04:49								
35		MEDIDA JP31-1 PROMEDIO	5,674								
36		CALIBRACIÓN MÁQUINA	0:37:39								
37		JORNADA DIARIA (MIN)	480								
38		TIEMPO REAL	443								
39		CAPACIDAD MÁXIMA POR DÍA	98								
40		RANGO DE ERROR 0.05	5								
41		JP031-1 POR DÍA	93								
42		PRODUCCIÓN ML	527.68								
43											

Fuente: Información obtenida de la empresa Termovent. Nota: La imagen se ve borrosa debido a que es información confidencial proporcionada por el departamento de producción.

También se presenta los datos de reprocesos en la línea de producción proporcionados por el departamento de producción con data 2023/12/20.

Figura 27

Datos de reprocesos 2021 – 2022- 2023

DATA HASTA LA FECHA 2023/20/12											
REPROCESOS 2021 - 2022 -2023											
Año	Mes	reproceso interno	reproceso externo	Año	Mes	reproceso interno	reproceso externo	Año	Mes	reproceso interno	reproceso externo
2021	enero	0		2022	enero	27	5	2023	enero	18	8
	febrero	0			febrero	38	5		febrero	12	5
	marzo	0			marzo	10	2		marzo	11	19
	abril	0			abril	10	3		abril	16	3
	mayo	0			mayo	9	6		mayo	18	6
	junio	0			junio	21	6		junio	12	9
	julio	0			julio	21	3		julio	8	1
	agosto	0			agosto	8	1		agosto	6	4
	septiembre	0			septiembre	9	7		septiembre	7	5
	octubre	20	1		octubre	18	4		octubre	6	6
	noviembre	8	1		noviembre	8	3		noviembre	1	9
	diciembre	24	1		diciembre	8	1		diciembre	4	8

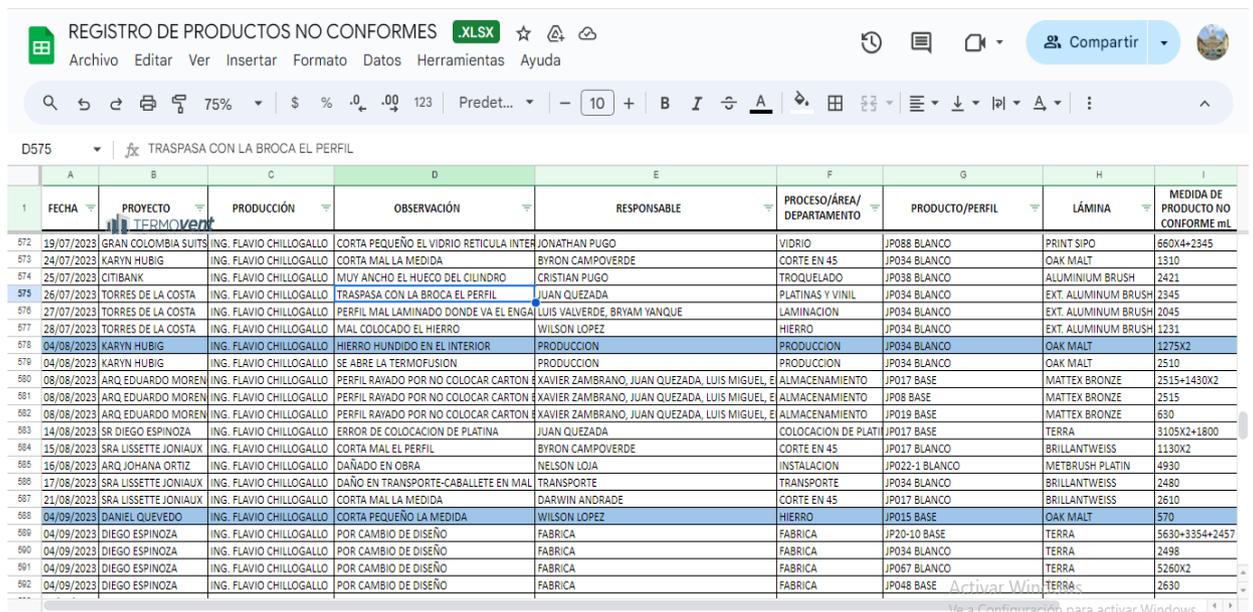
Fuente: Información obtenida del departamento de producción de la empresa Termovent. *Nota: La imagen se ve borrosa debido a que es información confidencial proporcionada por el departamento de producción.*

Reproceso es todo aquel proceso o parte de un proceso por el que nuevamente debe pasar una estructura ya sea por golpes, rayaduras o mal toma de medidas para cumplir estrictamente con las especificaciones de calidad pactado entre el cliente y la empresa.

En el año 2022 una media de reprocesos por mes de 15.58 m² y en el año 2023 una media de 9.91m² ocasionados por diferentes factores como se puede citar y evidenciar en la tabla siguiente:

Figura 28

Registro de reprocesos



1	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	FECHA	PROYECTO	PRODUCCIÓN	OBSERVACIÓN	RESPONSABLE	PROCESO/ÁREA/DEPARTAMENTO	PRODUCTO/PERFIL	LÁMINA	MEDIDA DE PRODUCTO NO CONFORME mL
572	19/07/2023	GRAN COLOMBIA SUITS	ING. FLAVIO CHILLOGALLO	CORTA PEQUEÑO EL VIDRIO RETÍCULA INTER	JONATHAN PUGO	VIDRIO	JP088 BLANCO	PRINT SIPO	660X4+2345
573	24/07/2023	KARYN HUBIG	ING. FLAVIO CHILLOGALLO	CORTA MAL LA MEDIDA	BYRON CAMPOVERDE	CORTE EN 45	JP034 BLANCO	OAK MALT	1310
574	25/07/2023	CITIBANK	ING. FLAVIO CHILLOGALLO	MUY ANCHO EL HUECO DEL CILINDRO	CRISTIAN PUGO	TROQUELADO	JP038 BLANCO	ALUMINIUM BRUSH	2421
575	26/07/2023	TORRES DE LA COSTA	ING. FLAVIO CHILLOGALLO	TRASPASA CON LA BROCA EL PERFIL	JUAN QUEZADA	PLATINAS Y VINIL	JP034 BLANCO	EXT. ALUMINIUM BRUSH	2345
576	27/07/2023	TORRES DE LA COSTA	ING. FLAVIO CHILLOGALLO	PERFIL MAL LAMINADO DONDE VA EL ENGA	LUIS VALVERDE, BRYAM YANQUE	LAMINACION	JP034 BLANCO	EXT. ALUMINIUM BRUSH	2045
577	28/07/2023	TORRES DE LA COSTA	ING. FLAVIO CHILLOGALLO	MAL COLOCADO EL HIERRO	WILSON LOPEZ	HIERRO	JP034 BLANCO	EXT. ALUMINIUM BRUSH	1231
578	04/08/2023	KARYN HUBIG	ING. FLAVIO CHILLOGALLO	HIERRO HUNDIDO EN EL INTERIOR	PRODUCCION	PRODUCCION	JP034 BLANCO	OAK MALT	1275X2
579	04/08/2023	KARYN HUBIG	ING. FLAVIO CHILLOGALLO	SE ABRE LA TERMOFUSION	PRODUCCION	PRODUCCION	JP034 BLANCO	OAK MALT	2510
580	08/08/2023	ARQ. EDUARDO MOREN	ING. FLAVIO CHILLOGALLO	PERFIL RAIADO POR NO COLOCAR CARTON	XAVIER ZAMBRANO, JUAN QUEZADA, LUIS MIGUEL E	ALMACENAMIENTO	JP017 BASE	MATTEX BRONZE	2515-1430X2
581	08/08/2023	ARQ. EDUARDO MOREN	ING. FLAVIO CHILLOGALLO	PERFIL RAIADO POR NO COLOCAR CARTON	XAVIER ZAMBRANO, JUAN QUEZADA, LUIS MIGUEL E	ALMACENAMIENTO	JP08 BASE	MATTEX BRONZE	2515
582	08/08/2023	ARQ. EDUARDO MOREN	ING. FLAVIO CHILLOGALLO	PERFIL RAIADO POR NO COLOCAR CARTON	XAVIER ZAMBRANO, JUAN QUEZADA, LUIS MIGUEL E	ALMACENAMIENTO	JP019 BASE	MATTEX BRONZE	630
583	14/08/2023	SR DIEGO ESPINOZA	ING. FLAVIO CHILLOGALLO	ERROR DE COLOCACION DE PLATINA	JUAN QUEZADA	COLOCACION DE PLATI	JP017 BASE	TERRA	3105X2+1800
584	15/08/2023	SRA LISSETTE JONIAUX	ING. FLAVIO CHILLOGALLO	CORTA MAL EL PERFIL	BYRON CAMPOVERDE	CORTE EN 45	JP017 BLANCO	BRILLANTWEISS	1130X2
585	16/08/2023	ARQ. JOHANA ORTIZ	ING. FLAVIO CHILLOGALLO	DAÑADO EN OBRA	NELSON LOJA	INSTALACION	JP022-1 BLANCO	METBRUSH PLATIN	4930
586	17/08/2023	SRA LISSETTE JONIAUX	ING. FLAVIO CHILLOGALLO	DAÑO EN TRANSPORTE-CABALLETE EN MAL	TRANSPORTE	TRANSPORTE	JP034 BLANCO	BRILLANTWEISS	2480
587	21/08/2023	SRA LISSETTE JONIAUX	ING. FLAVIO CHILLOGALLO	CORTA MAL LA MEDIDA	DARWIN ANDRADE	CORTE EN 45	JP017 BLANCO	BRILLANTWEISS	2610
588	04/09/2023	DANIEL QUEVEDO	ING. FLAVIO CHILLOGALLO	CORTA PEQUEÑO LA MEDIDA	WILSON LOPEZ	HIERRO	JP015 BASE	OAK MALT	570
589	04/09/2023	DIEGO ESPINOZA	ING. FLAVIO CHILLOGALLO	POR CAMBIO DE DISEÑO	FABRICA	FABRICA	JP20-10 BASE	TERRA	5630+3354+2457
590	04/09/2023	DIEGO ESPINOZA	ING. FLAVIO CHILLOGALLO	POR CAMBIO DE DISEÑO	FABRICA	FABRICA	JP034 BLANCO	TERRA	2498
591	04/09/2023	DIEGO ESPINOZA	ING. FLAVIO CHILLOGALLO	POR CAMBIO DE DISEÑO	FABRICA	FABRICA	JP067 BLANCO	TERRA	5260X2
592	04/09/2023	DIEGO ESPINOZA	ING. FLAVIO CHILLOGALLO	POR CAMBIO DE DISEÑO	FABRICA	FABRICA	JP048 BASE	TERRA	2630

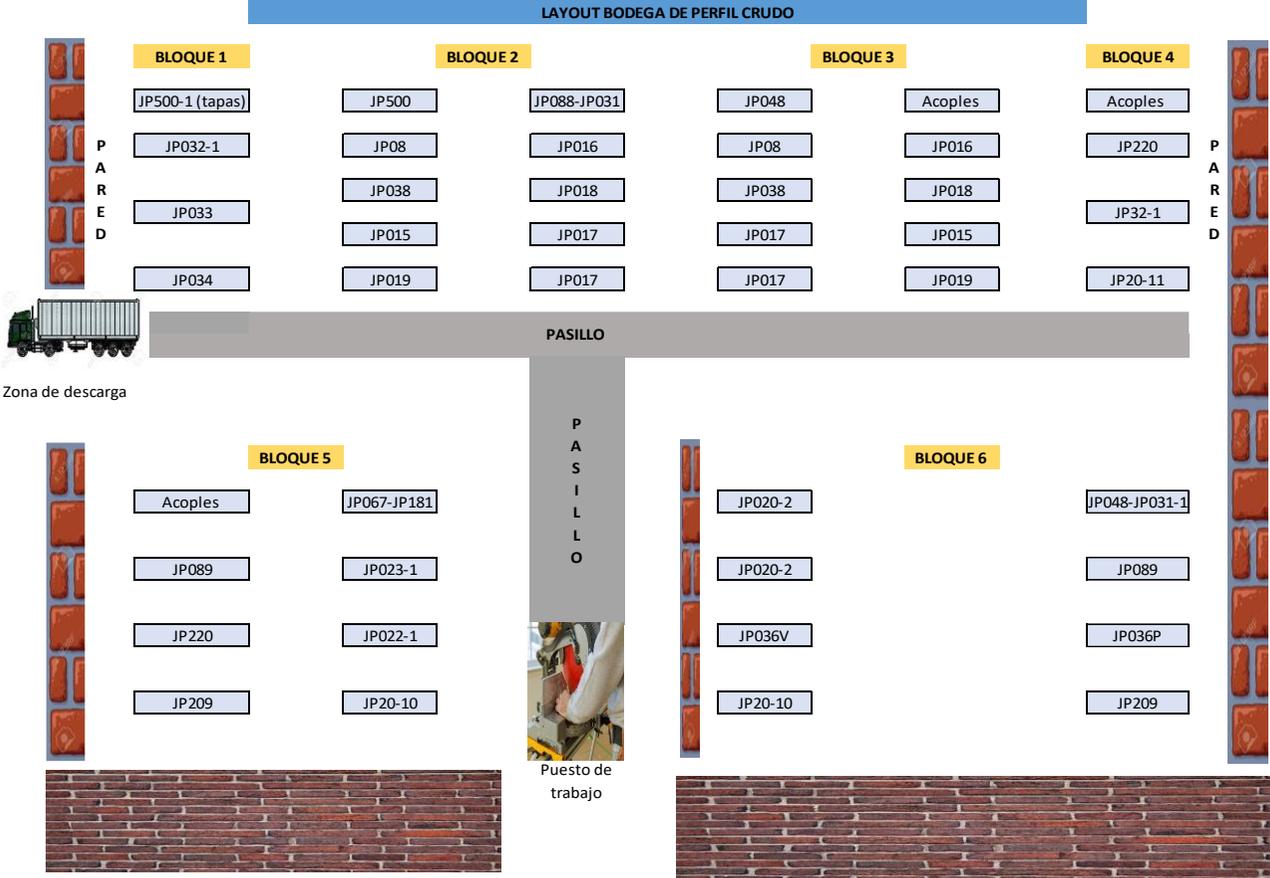
Fuente: Información obtenida del departamento de producción de la empresa Termovent. Nota: La imagen se ve borrosa debido a que es información confidencial proporcionada por el departamento de producción.

A partir de estos datos nos permitirá evaluar al final de la propuesta si la producción y la productividad tiene mejoría con la implementación de las herramientas Lean y Wise.

Una vez con los datos expuestos anteriormente se procedió a la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing en la empresa Termovent, se procedió inicialmente en el proceso de corte de perfil crudo, recordando que esta área de trabajo también se involucra directamente con la bodega de perfil crudo. Para ello fue importante realizar el levantamiento de información de todos los perfiles existentes en bodega y mediante la construcción de un Layout proceder a elaborar una distribución adecuada de perfiles, para luego proceder con la herramienta 5S con el objetivo de mejorar los lugares críticos que generan problemas dentro de este proceso y en base a ello plantear correctivos que impulsen hacia la mejora de la productividad de la fábrica. A continuación, se muestra el Layout propuesto para la bodega.

Figura 29

Propuesta de la distribución de la bodega de perfil crudo y proceso corte de perfil



Fuente: Elaboración propia

5.3.1. IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN EN EL PROCESO CORTE DE PERFIL CRUDO

5.3.1.1 IMPLEMENTACIÓN DE LAS 5S EN EL PROCESO CORTE DE PERFIL CRUDO

La implementación de las 5S se desarrolló según lo descrito en el punto 3.5.2.

1ª S – Clasificación (SEIRI)

A partir de la propuesta de distribución de la bodega de perfiles y área de trabajo se procedió a la clasificación entre buenos y malos, considerando buenos a los que están en estado apto para su utilidad y malos a perfiles rayados, golpeados y retazos. Adicional se procedió a separar perfiles blancos de los perfiles base (marrón).

Figura 30

Proceso de clasificación de perfiles



Fuente: Empresa Tervovent

2ª S – Organización (SEITON)

Una vez clasificado los perfiles el siguiente paso fue la organización, para ello se tomó en cuenta factores importantes como; la rotación, color y peso de los perfiles.

a) Rotación de perfiles

La rotación se determinó con la siguiente ecuación:

$$\text{taza de rotación de perfiles} = \frac{\text{cantidad de perfiles utilizados al mes (metros lineales)}}{\text{días laborados}}$$

, lo cual se basó en datos históricos de acuerdo al Kardex. Además, se tomó en cuenta las ventas potenciales para determinar que perfiles deben estar como prioridad en el lugar accesible para facilitar su transportación evitando tiempos muertos, siendo el obrero más eficiente en su proceso y mejorando su productividad.

Figura 31

Kardex ingreso y egreso de perfiles

3	Código	Artículo	Existencias SEPTIEMBRE	Alertas SEPTIEMBRE	Unidades Utilizadas por Mes OCTUBRE	Stock Mínimo Mes OCTUBRE	Existencia OCTUBRE
4	JP023-1BL	JP023-1 BLANCO PISAVIDRIO DE 20MM (VIDRIO CAMARA)	694	Vigente			50
5	JP013-BL	JP013 BLANCO POSTE DE UNION TUBO REDONDO	11	Vigente			10
6	JP015BL	JP015 BLANCO HOJA DE VENTANA EXTERIOR	92	Vigente			20
7	JP016BL	JP016 BLANCO HOJA DE VENTANA INTERIOR	42	Por Vencer			50
8	JP017BL	JP017 BLANCO MARCO DE VENTANA Y PUERTA	922	Vigente			100
9	JP018BL	JP018 BLANCO HOJA BATIENTE DE PUERTA EXTERIOR	67	Vigente			30
10	JP019BL	JP019 BL VENTANA O PUERTA FIJO - DIVISOR	92	Vigente			30
11	JP020-2BL	JP020-2 BLANCO PANEL	385	Vigente			50
12	JP031-1BL	JP031-1 BLANCO UNION.	313	Vigente			30
13	JP032-1BL	JP032-1 BLANCO MARCO CORREDIZO 2 RIELES	115	Vigente			30
14	JP033BL	JP033 BLANCO HOJA DE VENTANA CORREDIZA	59	Vigente			30
15	JP034BL	JP034 BLANCO HOJA DE PUERTA CORREDIZA	728	Vigente			80
16	JP036P-BL-2	JP036P-BL-2 BLANCO ENGANCHE PUE CORR API	371	Vigente			50
17	JP038RI	JP038 RI ANCO APERTURA INTERIOR PARA BATIENTE	10	Vigente			30

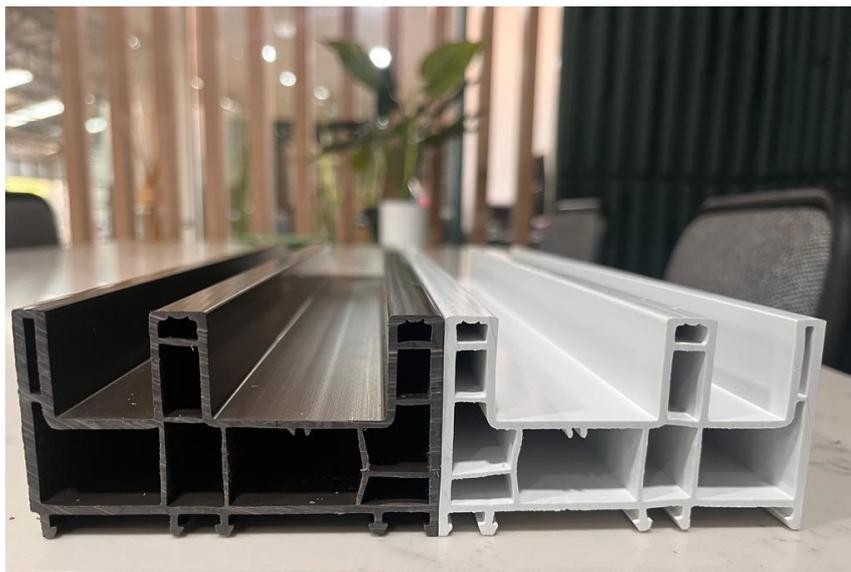
Fuente: Empresa Termovent. Nota: La imagen se ve borrosa debido a que es información confidencial proporcionada por el departamento de producción

b) Color de perfiles

Existe dos tipos de perfiles, color blanco y color marrón también denominado color base. Por lo cual el almacenaje se realizó por bloques y código de cada perfil.

Figura 32

Perfiles de color base y blanco



Fuente: Empresa Termovent

Para un mejor almacenamiento en las perchas se colocó de la siguiente manera:

Bloques 1, 2, 3 y 4 como prioritarios con productos de mayor rotación.

En bloques 1 y 2 se colocó los perfiles de color base.

Tabla 11

Bloques de almacenamiento 1 y 2

BLOQUE 1	BLOQUE 2	
JP500-1 (tapas)	JP500	JP088-JP031
JO032-1	JP08	JP016
JP033	JP38	JP018
JP034	JP015	JP017

JP034	JP019	JP017
-------	-------	-------

Fuente: Empresa Termovent

En bloques 3 y 4 se colocó los perfiles de color blanco.

Tabla 12

Bloques de almacenamiento 3 y 4

BLOQUE 3		BLOQUE 4
JP048	Acoples	Acoples
JP08	JP016	JP022
JP038	JP018	JP032-1
JP017	JP015	JP20-11
JP017	JP019	JP20-11

Fuente: Empresa Termovent

De esta manera quedo establecido la parte frontal de la bodega con un campo visual más amplio de todos los perfiles de mayor rotación y separados por su color y código.

Tabla 13

Bloque 5 parte lateral izquierda de la bodega con perfiles color base

BLOQUE 5	
Acoples	JP067-JP181
JP089	JP023-1
JP220	JP22-1
JP209	JP20-10

Fuente: Empresa Termovent

Tabla 14

Bloque 6 parte lateral derecha de la bodega con perfiles color blanco

BLOQUE 6	
JP020-2	JP031-1 / JP018
JP020-2	JP089
JP030-V	JP036P
JP20-10	JP209

Fuente: Empresa Termovent

Una vez determinado el color de perfil y código y rotación se procedió con el siguiente factor.

c) Peso

En cuanto al peso de cada perfil se consideró por el volumen de cada unidad, teniendo en cuenta que todo perfil tiene una longitud de 5800 milímetros. Su peso varía mucho incluyendo su flexibilidad y manejo. La propuesta fue que en el almacenamiento se haga desde las perchas inferiores con mayor peso y las perchas superiores de menor peso para mejor manejo, teniendo en cuenta la rotación de cada perfil. A continuación, se presenta la categorización de cada perfil por su rotación y por su peso.

Tabla 15

Categorización de perfil por rotación y peso

Los colores a utilizar esta establecido por la empresa de cada perfil al momento de la importación.

Perfil mayor rotación	
Perfil menor rotación	
Perfil de mayor peso	
Perfil de menor peso	

Ítems	Descripción perfil	Código interno	Código importación	R	W
1	Pisavidrio de 200mm (vidrio cámara)	JP023-1	HSP6004		
2	Poste de unión tubo redondo	JP013			
3	Hoja de ventana exterior	JP015	HSP60-09T		
4	Hoja de ventana interior	JP016	HSP60-08T		
5	Marco de ventana y puerta	JP017	HSP6001T		
6	Hoja batiente puerta apertura exterior	JP018	HSP60-13		
7	Ventana o puerta fijo – divisor	JP019	HSP60-02T		
8	Panelado	JP020	HSP6006		
9	Unión	JP31-1	HSP60-44		
10	Marco corredizo 2 rieles	JP032-1	HST62-01A		
11	Hoja ventana corrediza	JP033	HST7702T		
12	Hoja puerta corrediza	JP034			
13	Enganche puerta corrediza apilable	JP036P-BL-2	HST88-03		
14	Hoja batiente puerta apertura interior	JP038	HSP60-23		
15	Encuentro	JP048	HST77-10		
16	Pisavidrio cámara corrediza	JP067	HST77-09		
17	Perfil Z	JP08	HSP60-42		
18	Acople de perfil	JP090	HSP60-10		
19	Pisavidrio cámara	JP181	HSP60-12		
20	Marco corredizo 3 rieles	JP20-10	HST-112-01		
21	Marco corredizo 4 rieles	JP20-11	HST138-01		
22	Marco corredizo	JP209	HST90-01B		
23	Pisavidrio	JP22-1	HSP6003		
24	Tapa marco sin perforación	JP500-1	PM60-4		
25	Tapa marco con perforación	JP500-2	PM60-4		
26	Barajas	JP500	PM60-5		
27	Enganche de ventana apilable	JP036V			
28	Hoja de ventana malla	JP089	HST80-05		
29	Retícula	JP088	HST77-13		
30	Acople triangular	JP103	HSP 60-14A		
31	Divisor falso puerta	P220	HSP6017B		
32	Pisavidrio	JP023-1	HSP6004		
33	Divisor corredizo	JP019-1	HST7703		
34	Divisor flotante ventana	JP220	HSP 60-17C		
35	Unión de dos cuerpos	JP31	HST7707		
36	Tapa sin perforación	JP500-1N	BYCZYYT		
37	Tapa con perforación	JP500-2N	BYCZYYT		

Fuente: Elaboración propia.

Con la aplicación de SEIRI Y SEITON se disminuyó tiempos muertos de un 25% inicialmente a un 10% asociados a la búsqueda de materiales (perfiles) y reducción de transporte por parte del obrero. De esta manera queda clasificada y ordenada la bodega en el almacenaje en sus diferentes perchas.

3ª S – Limpieza (SEISO)

Ahora que todo está ubicado en su lugar y organizado, fue importante limpiar toda el área de suciedad, excremento de roedores, polvo, retazos de perfiles, o cualquier cosa que pueda causar un accidente o bajar la calidad de trabajo, lo cual se procedió a la limpieza integral de esta área de trabajo, se colocó cerchas para el almacenamiento de perfiles (retazos) y se colocó tachos de basura correctamente identificados con su tarjeta.

Figura 33

Ejemplo de SEISO



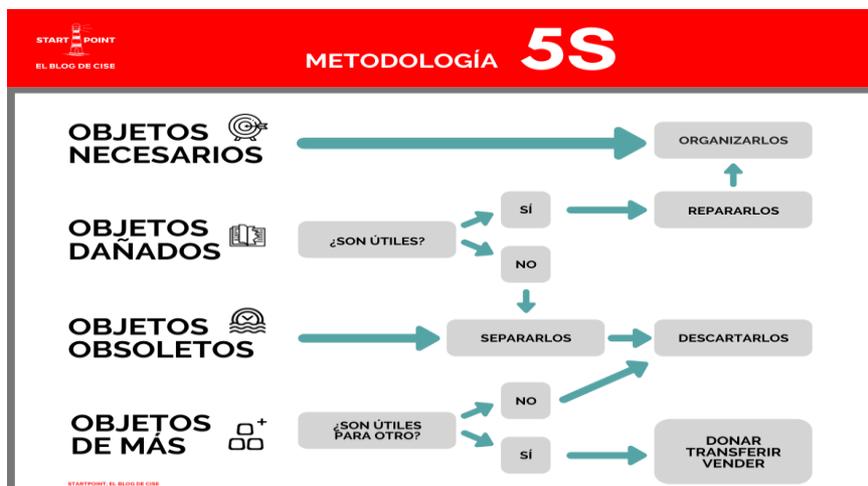
Fuente: Empresa Termovent

4ª S – Estandarizar (SEIKETSU)

En esta etapa se trata de mantener lo logrado en las tres etapas anteriores por lo cual se propuso seguir paso a paso lo descrito en la figura 34 . Se colocó un cuadro de la metodología 5s para el tratamiento adecuado de objetos y/o materia prima indicando sus pasos en cada etapa con el fin de concientizar y efectivizar estas herramientas hasta que se vuelva parte de la cultura laboral en toda la empresa.

Figura 34

Cuadro de metodología 5S



Fuente: Elaboración propia.

5ª S – Seguir mejorando (SHITSUKE)

Se realizarán auditorías internas y externas para evaluar el cumplimiento de los estándares establecidos usando listas de verificación para evaluar los diferentes aspectos de la organización tal como se muestra en el anexo 1 teniendo como resultado inicial un puntaje de 9/20, posterior a la implementación de la herramienta 5s se obtuvo un puntaje de 16/20 como se observa en el anexo 4. Adicional se deberá realizar reuniones periódicas para revisar los resultados de las auditorías, identificar áreas de mejora y tomar acciones correctivas, todo esto para crear conciencia y una cultura organizacional para mantener los estándares establecidos y seguir los principios 5S a largo plazo.

Una vez determinado el Layout para la bodega bajo la metodología 5s fue importante complementar la mejora continua en el proceso corte de perfil crudo con el fin de lograr la mejoría efectiva en la productividad del obrero, para lo cual se trabajó con la metodología WISE.

Para determinar la mejoría de la productividad del operador se calculó de la siguiente manera: $productividad\ por\ hora = \frac{metros\ lineales\ cortado\ (perfiles)}{horas\ trabajadas}$,

valor inicial de 39.37 metros lineales (perfil) cada hora a 55.62 metros lineales (perfil) cada hora luego de la implementación de la herramienta 5s, es decir un aumento de productividad de 41.27%.

5.3.1.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA WISE (WORK IMPROVEMENT SMALL ENTERPRISES)

La implementación WISE debe ser clara y sencilla para ello fue importante realizar el levantamiento del proceso para determinar el perfil ocupacional del puesto. De esta manera el proceso queda documentado bajo especificaciones claras de sus actividades.

Figura 35

Análisis del valor agregado del proceso puertas y ventanas en PVC

PROCESO: Corte de perfil crudo								PRODUCTO: Puertas y ventanas en PVC
No	VAC	VAE	P	E	M	I	A	ACTIVIDAD
1						X		Leer e interpretar diseño y hoja de corte
2			X					Transcribir medidas en la hoja de corte
3					X			Trasladar el perfil hacia la mesa de trabajo
4	X	X						Calidad
5			X					Realizar (señalar) medidas en el perfil a cortar
6							X	Realizar corte de perfil en la máquina
7							X	Colocar etiqueta (cinta) en un extremo del perfil con su medida
8					X			Trasladar el perfil cortado a las cerchas para el siguiente proceso
9							X	Colocar fundas y/o retazos en su lugar

COMPOSICIÓN DE ACTIVIDADES		No
VAC	Valor agregado al cliente	1
VAE	Valor agregado la empresa	1
P	Preparación	2
E	Espera	0
M	Movimiento	2
I	Inspección	1
A	Acción	3

Fuente: Elaboración propia.

Figura 36

Perfil ocupacional del proceso puertas y ventanas en PVC

PERFIL OCUPACIONAL POR PROCESOS



1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO

Nombre del cargo: Corte de perfil crudo
 Número de personas: 1
 Área: Producción
 Cargo del supervisor inmediato: Ing. Flavio Chillogallo

2. MISIÓN DEL CARGO

Velar por el aprovisionamiento de la materia prima (perfil crudo) de manera oportuna para el siguiente proceso.

3. ANÁLISIS DEL CARGO

Alcance de responsabilidades:

- *El obrero a cargo será responsable de que los perfiles estén en condiciones óptimas para su inmediato avance en los procesos.
- *Hacer uso obligatorio de los EPP (equipos de protección personal).
- *Dar información oportuna al jefe inmediato cualquier tipo de circunstancia que se presente dentro del puesto de trabajo (materia prima, herramientas, entorno laboral, etc.)
- *Hacer uso correcto y adecuado de las herramientas de su puesto de trabajo.
- *Realizar los ingresos y egresos de perfiles en google DRIVE diario para la toma de decisiones.
- *Utilizar sobrantes de perfil para optimización y mejora continua de inventario.
- *Ejecución de las 5s (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke).

4. OBJETIVO

Llevar a cabo las actividades de manera correcta y coordinada para el alcance de resultados y metas establecidas.

5. HERRAMIENTAS Y/O MAQUINARIA

Máquina de corte
 Flexómetro
 Esfero
 Computadora
 Impresora
 Cuaderno

6. MATERIA PRIMA

Perfiles PVC
 Cinta o plástico stretch
 Hojas de papel bond
 Cinta masking
Importante: Objeto y/o accesorio adicional que se encuentre dentro del puesto de trabajo y **NO** justifique su necesidad el obrero será sancionado.

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera se presenta la nueva imagen de este puesto de trabajo y al operador realizando sus actividades de la manera adecuada.

Figura 37

Corte de perfil crudo



Fuente: Empresa Termovent

Una vez concluida el levantamiento del proceso y su documentación se ve la necesidad de introducir una herramienta Lean adicional en esta área, siendo conveniente KANBAN.

5.3.1.3 IMPLEMENTACIÓN KANBAN EN EL PROCESO DE CORTE DE PERFIL CRUDO

La herramienta Kanban es un sistema de señaléticas enfocadas a una mejora continua que ayuda a mejorar la eficiencia en el puesto de trabajo. Su propósito es identificar de manera efectiva un proceso o cierto objeto en un lugar designado con mayor facilidad en la línea de producción.

Para este proceso se adaptó esta metodología con el fin de mejorar el flujo de trabajo de cada trabajador y el flujo en cada proceso.

En primera instancia se colocó el etiquetado en todas las perchas de la bodega para que tanto el obrero como el personal externo pueda identificar los perfiles de manera directa como se puede ver en la siguiente figura:

Figura 38

Etiquetado de perfiles por sus códigos



Fuente: Empresa Termovent

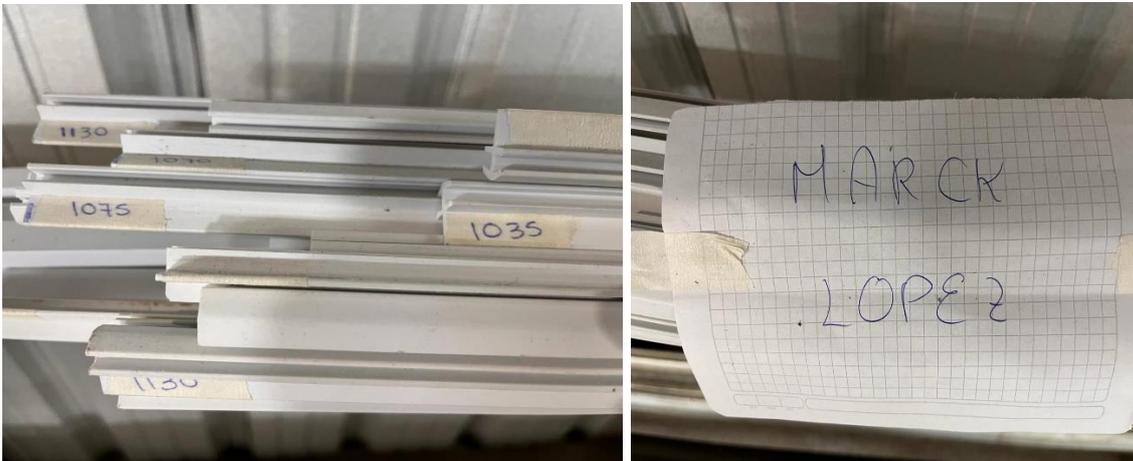
Adicional el etiquetado en todos los perfiles crudos cortados listos para el siguiente proceso. Este etiquetado debe contener la siguiente información:

Tabla 16

Detalle del etiquetado para los perfiles

Detalle de etiquetado
Nombre de la obra
Medidas

Fuente: Elaboración propia.

Figura 39*Etiquetado de los perfiles*

Fuente: Empresa Termovent

De esta manera los obreros del proceso sucesor podrán visualizar e identificar de manera directa los perfiles en cada obra o proyecto. Esto ayuda a eliminar desperdicios de tiempo en busca de perfiles y error en el foliado por error de lámina.

5.3.2 IMPLEMENTACIÓN EN EL PROCESO DE FOLIADO DE PERFILES

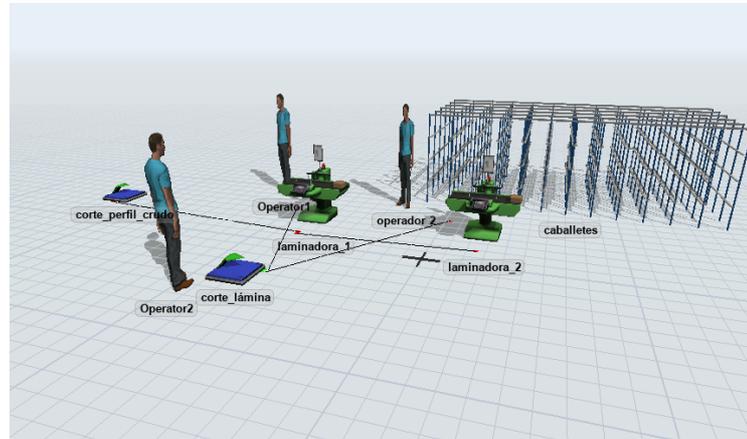
5.3.2.1 IMPLEMENTACIÓN DE LAS 5S EN EL PROCESO DE FOLIADO DE PERFILES

La implementación de las 5S se va a desarrollar según lo descrito en el punto 3.5.2.

En la aplicación de las 5S en este proceso fue importante determinar la parte productiva con los 5 obreros que se encontraban en su actualidad. Era evidente que los obreros realizaban actividades que no generaban valor a la producción por lo cual se designó trabajar con tres obreros distribuidos de la siguiente manera. Dos obreros en el proceso de foliado de perfiles y un obrero en el proceso de preensamble denominado corte de lámina, tal cual se presentó en la figura 39.

Figura 40

Representación del proceso de implementación de las 5s en el proceso de foliado de perfiles



Fuente: Elaboración propia.

1ª S – Clasificación (SEIRI)

Para dar inicio con la aplicación de las 5S en este proceso fue importante determinar perfiles foliados, se clasifico por obras independiente de su código. Pues esto generará que todo tipo de perfil foliado almacenado en las perchas se encuentre en un solo lugar y clasificado de acuerdo con el proyecto u obra.

Figura 41

Antes y después de la clasificación en el proceso de foliado de perfiles



Fuente: Empresa Termovent

2ª S – Organización (SEITON)

El foliado del perfil consiste en la laminación de las dos superficies, para lo cual se dispuso a laminar de manera lineal, es decir una superficie en la laminadora 1 y la otra superficie en la laminadora 2, de esta manera el perfil foliado al terminar su proceso estará listo para el siguiente proceso de acuerdo a un criterio de observación. De manera consecutiva se realizará el proceso con dos obreros en las máquinas y un obrero en función de proceso de preensamble (corte de lámina, calibración de máquinas y revisión de perfiles).

Figura 42

Organización en el proceso de foliado de perfiles



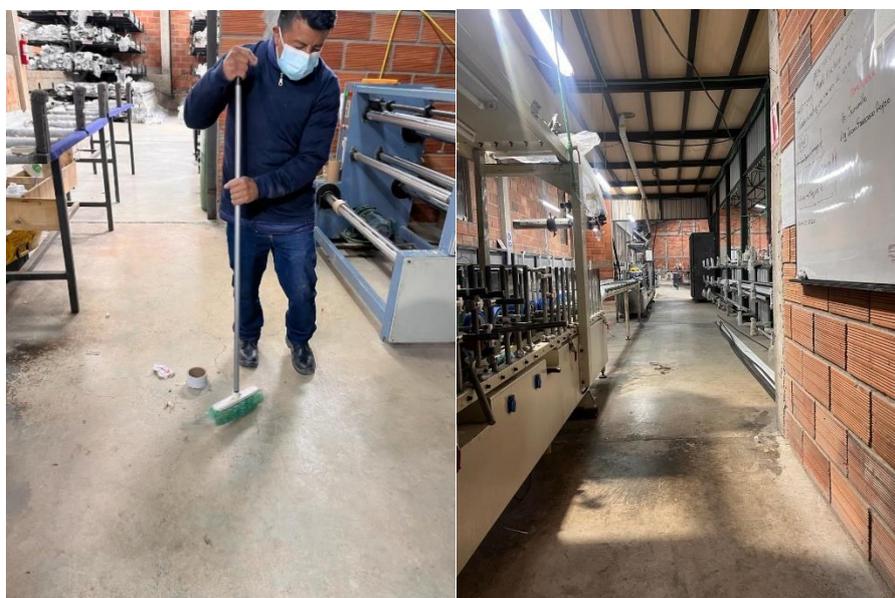
Fuente: Empresa Termovent

3ª S – Limpieza (SEISO)

Una vez clasificado y ordenado los perfiles se procedió a realizar la limpieza integra de esta área como se observa en la figura 43, desechando todo desperdicio como, plásticos, retazos de perfiles, retazos de láminas, franelas, etc. Todo objeto que pueda ocasionar un accidente, mala imagen en el área o mala calidad del producto.

Figura 43

Limpieza en el proceso de foliado de perfiles



Fuente: Empresa Termovent

4ª S – Estandarizar (SEIKETSU)

Para mantener lo logrado en las etapas anteriores fue importante determinar una tabla de foliado de la siguiente manera:

Tabla 17

Códigos de los perfiles para la estandarización

#	Perfiles	Código
1	Foliado de perfiles para marcos (puertas y ventanas) fijas, batientes, proyectables.	JP017
2	Foliado de perfiles complementos para marcos (puertas y ventanas) fijas, batientes, proyectables.	JP08 - JP019
3	Foliado de perfiles para hojas (puertas y ventanas) fijas, batientes, proyectables.	JP018 – JP038 – JP016 – JP015
4	Foliado de perfiles para marcos corredizos	JP032_1 – JP20_10 – JP20_11 – JP209
5	Foliado de perfiles para hojas corredizos	JP034 – JP033
6	Foliado de perfiles adicionales	Pisavidrio, acoples, malla, panel, louvers, unión.

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera queda establecido una secuencia lógica de foliado, evitar stock de perfil crudo del proceso antecesor, y mantener una organización en el foliado de perfil. Esto permitirá conservar el área de trabajo ordenada y limpia y sobre todo una mayor actividad productiva en los obreros y un aprovisionamiento oportuno al proceso sucesor.

5ª S – Seguir mejorando (SHITSUKE)

La disciplina es fundamental para llevar a cabo todo lo implementado, por ello es indispensable llevar auditorías en cada estación de trabajo para verificar el cumplimiento de los principios de cada S. Ver anexo 1

Se realizarán auditorías internas y externas para evaluar el cumplimiento de los estándares establecidos usando listas de verificación para evaluar los diferentes aspectos de la organización teniendo como resultado inicial un puntaje de 12/20, posterior a la implementación de la herramienta 5s se obtuvo un puntaje de 18/20 como se observa en el anexo 5.

. Adicional se deberá realizar reuniones periódicas para revisar los resultados de las auditorías, identificar áreas de mejora y tomar acciones correctivas, todo esto para crear conciencia y una cultura organizacional para mantener los estándares establecidos y seguir lo principios 5S a largo plazo.

5.3.2.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED (SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE)

En este proceso existe 2 máquinas para el foliado de perfiles, en las cuales su punto crítico es la calibración de un perfil a otro, esto varía de acuerdo con los códigos de los perfiles, para lo cual se emplea un tiempo excesivo para la calibración que consiste en cambiar los rodillos de acuerdo con la forma y medida que se requiera. A continuación, se muestra la máquina laminadora.

Figura 44

Máquina laminadora (foliado de perfiles)

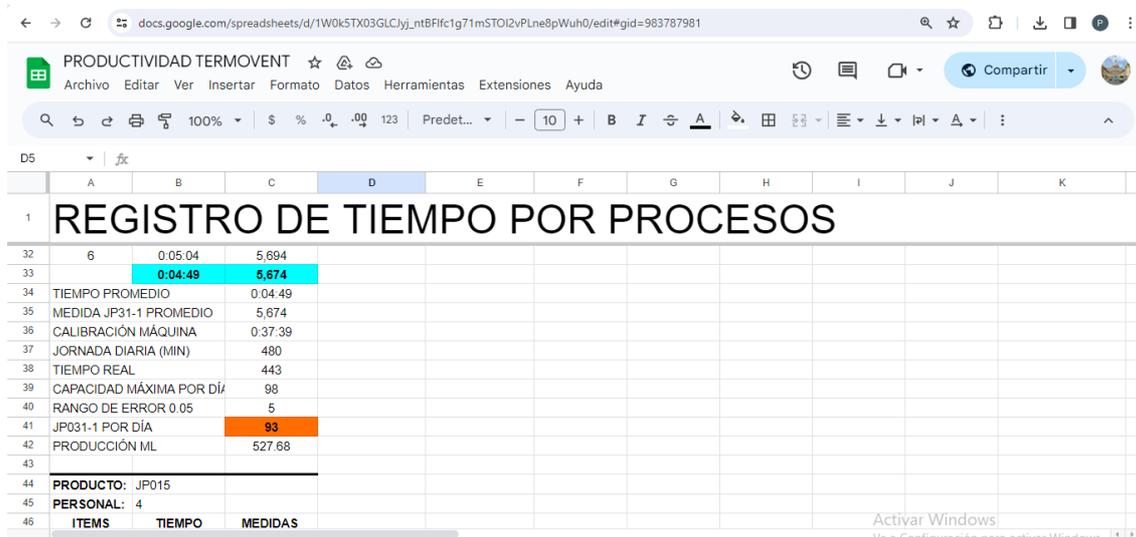


Fuente: Empresa Termovent

Anteriormente la calibración se realizaba en una media de 37.39 minutos de acuerdo con el levantamiento de información como se detalla lo siguiente:

Figura 45

Registro de tiempos de la calibración de la laminadora



ITEMS	TIEMPO	MEDIDAS
6	0:05:04	5,694
	0:04:49	5,674
TIEMPO PROMEDIO	0:04:49	
MEDIDA JP31-1 PROMEDIO	5,674	
CALIBRACIÓN MÁQUINA	0:37:39	
JORNADA DIARIA (MIN)	480	
TIEMPO REAL	443	
CAPACIDAD MÁXIMA POR DÍA	98	
RANGO DE ERROR 0.05	5	
JP031-1 POR DÍA	93	
PRODUCCIÓN ML	527.68	
PRODUCTO: JP015		
PERSONAL: 4		

Fuente: Empresa Termovent. *Nota: La imagen se ve borrosa debido a que es información confidencial proporcionada por el departamento de producción.*

Para lograr una mejoría en esta actividad se verifico en primera instancia las herramientas siendo el principal problema de la demora en la calibración, puesto

que esta actividad consiste en aflojar tornillos y volver a sujetar de acuerdo con el perfil. En segunda instancia se revisó el orden lógico de foliado de perfiles, es decir la calibración de perfiles grandes y luego perfiles pequeños con el fin de ir bajando o subiendo las matrices de acuerdo con la necesidad. Adicional se realizó el cambio integro de tornillos de los rodillos, puesto que la herramienta principal (llaves) se encontraban en mal estado y esta dañaban a los tornillos. Además, se realizó la capacitación a los obreros del área para lograr el objetivo.

Figura 46

Antes y después de cambios de tornillos y rodillos

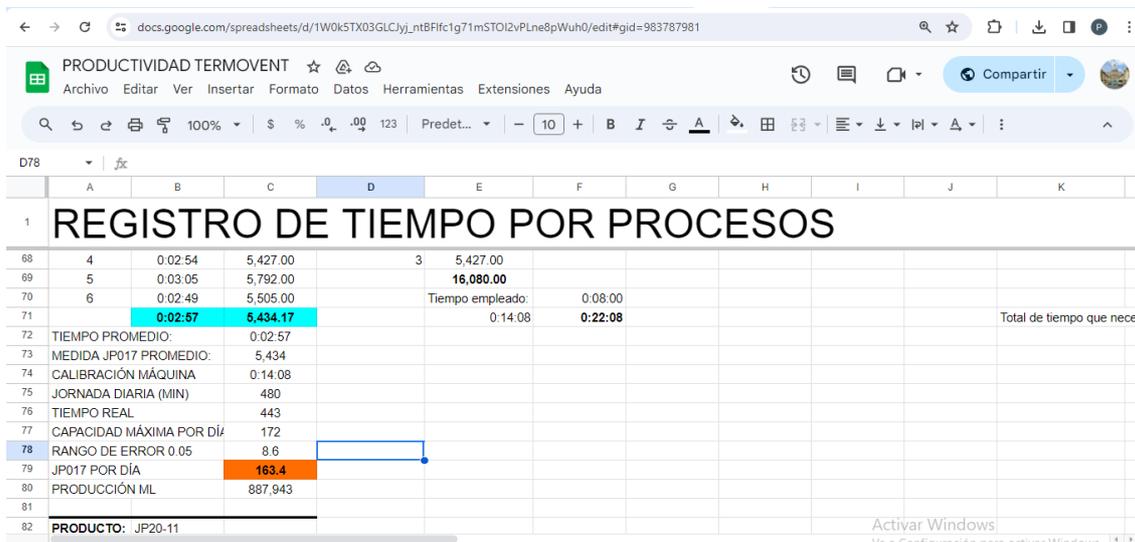


Fuente: Empresa Termovent

Una vez estructurado y realizado estos cambios se volvió a tomar nuevos tiempos de calibración de matriz de un perfil a otro obteniendo nuevos tiempos y evidenciando la mejoría.

Figura 47

Registro de tiempo en el área de foliado después de la aplicación de SMED



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	REGISTRO DE TIEMPO POR PROCESOS										
68	4	0:02:54	5,427.00		3	5,427.00					
69	5	0:03:05	5,792.00			16,080.00					
70	6	0:02:49	5,505.00			Tiempo empleado:	0:08:00				
71		0:02:57	5,434.17			0:14:08	0:22:08				Total de tiempo que nece
72	TIEMPO PROMEDIO: 0:02:57										
73	MEDIDA JP017 PROMEDIO: 5,434										
74	CALIBRACIÓN MÁQUINA 0:14:08										
75	JORNADA DIARIA (MIN) 480										
76	TIEMPO REAL 443										
77	CAPACIDAD MÁXIMA POR DÍA 172										
78	RANGO DE ERROR 0.05 8.6										
79	JP017 POR DÍA 163.4										
80	PRODUCCIÓN ML 887,943										
81											
82	PRODUCTO: JP20-11										

Fuente: Empresa Termovent. Nota: La imagen se ve borrosa debido a que es información confidencial proporcionada por el departamento de producción.

Como se puede observar los resultados luego de la implementación de la herramienta Lean una mejoría notable en la calibración de la máquina con un tiempo de 14.08 minutos. Siendo así una mejoría del 62.35%.

5.3.2.3 IMPLEMENTACIÓN DE LAS 5S EN EL ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE LÁMINA (FORMA PARTE DEL PROCESO DE FOLIADO DE PERFILES)

La implementación de las 5S se va a desarrollar según lo descrito en el punto 3.5.2.

Tal cual se determinó en la figura 39 en este proceso de foliado se designó un obrero a realizar actividades de corte de lámina, calibración de máquinas y revisión de perfiles. De la misma manera fue importante la aplicación de los principios 5S para este proceso.

1ª S – Clasificación (SEIRI)

Se inició con la clasificación de láminas buenas y malas (golpeadas, rayadas, maltratadas) con el objetivo de determinar realmente lo útil, así se liberó espacio de esta bodega de almacenamiento, separando y eliminando lo que no servía.

Figura 48

Clasificación de las láminas



Fuente: Empresa Termovent

2ª S – Organización (SEITON)

Una vez que se determinó lo útil en láminas se procedió a la organización llevando a cabo la asignación de las láminas en los estantes de acuerdo con la rotación de estas.

Para ello se tomó datos proporcionados por producción para determinar la rotación de cada lámina.

Tabla 18

Rotación de las láminas

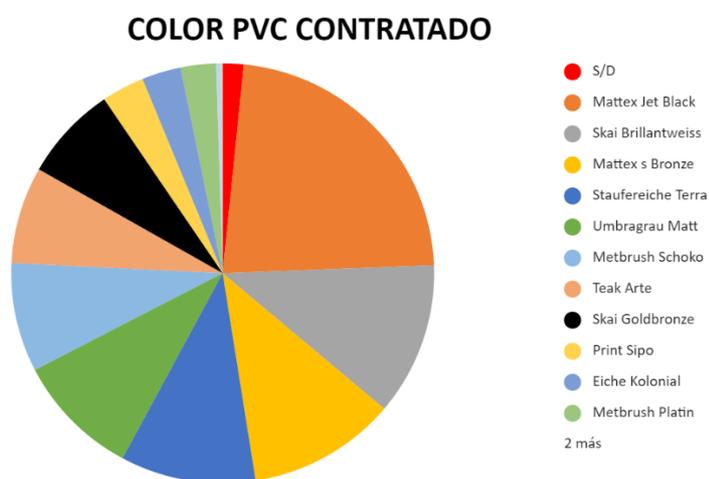
Color PVC	Cantidad Obras	Cantidad m ²	%
S/D	2	19.85 m ²	1.6%
Mattex Jet Black	16	283.16 m ²	22.8%
Skai Brillantweiss	2	146.31 m ²	11.8%
Mattex s Bronze	7	141.01 m ²	11.3%
Staufereiche Terra	7	128.49 m ²	10.3%
Umbragrau Matt	2	118.54 m ²	9.5%
Metbrush Schoko	2	104.32 m ²	8.4%
Teak Arte	5	92.64 m ²	7.5%
Skai Goldbronze	1	90.77 m ²	7.3%
Print Sipo	1	40.63 m ²	3.3%
Eiche Kolonial	7	37.12 m ²	3.0%
Metbrush Platin	4	33.58 m ²	2.7%
Pvc blanco (crudo)	1	4.71 m ²	0.4%
Jet Black Stylo	1	1.56 m ²	0.1%
Alux Anthrazit	0	0.00 m ²	0.0%
Anthrazitgrau	0	0.00 m ²	0.0%
Cherry Amareto & Staufereiche Terra	0	0.00 m ²	0.0%
Dark blue 5030 & Skai Brillantweiss	0	0.00 m ²	0.0%
Dark Blue 5030 -Renolit Exofol Fx	0	0.00 m ²	0.0%
Mattex jet black & Woodec oak toffe	0	0.00 m ²	0.0%
Mattex Jet Black & Woodec Turner Oak Malt	0	0.00 m ²	0.0%
Metbrush Anthr Grau	0	0.00 m ²	0.0%
Metbrush Schoko & Skai Brillantweiss	0	0.00 m ²	0.0%
Metbrush Silver & Sheffield Oak Light	0	0.00 m ²	0.0%
Montana Eiche Tabak Chonta	0	0.00 m ²	0.0%
Sheffield Oak Brown	0	0.00 m ²	0.0%
Sheffield Oak Light	0	0.00 m ²	0.0%
Skai Brillantweiss & Mattex Jet Black	0	0.00 m ²	0.0%
Skai Jet Black Sftn	0	0.00 m ²	0.0%
Skai Jet Black Sftn & Woodec Turner Oak Malt	0	0.00 m ²	0.0%
Staufereiche Terra & Skai Brillantweiss	0	0.00 m ²	0.0%
Woodec Turner Oak Toffee	0	0.00 m ²	0.0%
Woodec Turner Oak Malt	0	0.00 m ²	0.0%
Libre	0	0.00 m ²	0.0%
Libre	0	0.00 m ²	0.0%
Libre	0	0.00 m ²	0.0%
Libre	0	0.00 m ²	0.0%

Libre	0	0.00 m ²	0.0%
Libre	0	0.00 m ²	0.0%
Libre	0	0.00 m ²	0.0%
Libre	0	0.00 m ²	0.0%
Libre	0	0.00 m ²	0.0%
Libre	0	0.00 m ²	0.0%
Libre	0	0.00 m ²	0.0%
Libre	0	0.00 m ²	0.0%
SUMA	58	1242.69 m²	100.0%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 49

Rotación de las láminas



Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar que la lámina Mattex Jet Black es la de mayor rotación seguido de la Mattex Bronze y Brillantweiss y así hasta llegar a las láminas de menor rotación. Por lo que las láminas de mayor rotación se colocaron en la entrada de la bodega ocupando las perchas intermedias de mayor visibilidad y accesibilidad.

Figura 50*Organización de las láminas*

Fuente: Empresa Termovent

3ª S – Limpieza (SEISO)

Una vez clasificado y ordenado las láminas se procedió a una limpieza integra de esta área. Desechando lo que no servía y dando paso a una amplia visibilidad de las estantes de almacenamiento. Así mismo se designó un lugar para los implementos de limpieza.

Figura 51

Limpieza en el proceso de foliado de perfiles



Fuente: Empresa Termovent

4ª S – Estandarizar (SEIKETSU)

Para mantener lo realizado en las S anteriores fue importante determinar y dejar claro que cada cosa debe estar en su puesto. Por lo que se designó el lugar para las láminas (retazos), láminas folios completos debidamente etiquetados, quedando de la siguiente manera:

Figura 52

Láminas identificadas con etiqueta



Fuente: Empresa Termovent

Así el obrero podrá divisar con mayor visibilidad las láminas identificando sus nombres.

5ª S – Seguir mejorando (SHITSUKE)

La disciplina es fundamental para llevar a cabo todo lo implementado, por ello es indispensable llevar auditorias en cada estación de trabajo para verificar el cumplimiento de los principios de cada S. Ver anexo 1.

5.3.2.4 IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA WISE (WORK IMPROVEMENT SMALL ENTERPRISES) EN PROCESO FOLIADO DE PERFILES Y CORTE DE LÁMINA.

La metodología WISE debe ser clara y sencilla para ello fue importante realizar el levantamiento del proceso para determinar el perfil ocupacional del puesto. De esta manera los procesos quedan documentados bajo especificaciones claras de sus actividades. Cabe recalcar que se realizó en los dos procesos, tanto para el foliado de perfiles y corte de lámina.

Figura 53

Análisis del valor agregado del proceso foliado de perfiles

PROCESO: Foliado de perfiles								PRODUCTO: Puertas y ventanas en PVC
No	VAC	VAE	P	E	M	I	A	ACTIVIDAD
1						X		Leer e interpretar diseño y hoja de corte
2			X					Preparar pegamento (llama roja + PU)
3			X					Limpiar máquina (colocación de la pega)
4							X	Trasladar el perfil hacia la mesa de trabajo
5	X	X						Calidad
6			X					Colocar lámina en la máquina para su proceso
7			X					Colocar pegamento para el paso de la lámina
8					X			Colocar perfil para el paso al foliado
9							X	Colocar líquido (pega) en el perfil al momento del foliado
10							X	Cortar y pegar el excedente de la lámina del perfil
11					X			Trasladar el perfil foliado a las cerchas para el siguiente proceso

COMPOSICIÓN DE ACTIVIDADES		No
VAC	Valor agregado al cliente	1
VAE	Valor agregado la empresa	1
P	Preparación	4
E	Espera	0
M	Movimiento	2
I	Inspección	1
A	Acción	3

Fuente: Elaboración propia.

MÉTODO PERT (Program Evaluation and Review Technique)

ACTIVIDAD	
A	Leer e interpretar diseño y hoja de corte
B	Preparar pegamento (llama roja + PU)
C	Limpiar máquina (colocación de la pega)
D	Trasladar el perfil hacia la mesa de trabajo
E	Calidad
F	Colocar lámina en la máquina para su proceso
G	Colocar pegamento para el paso de la lámina
H	Colocar perfil para el paso al foliado
I	Colocar líquido (pega) en el perfil al momento del foliado
J	Cortar y pegar el excedente de la lámina del perfil
K	Trasladar el perfil foliado a las cerchas para el siguiente proceso

Fuente: Elaboración propia.

Figura 54*Perfil ocupacional del proceso foliado de perfiles***PERFIL OCUPACIONAL POR PROCESOS****1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO**

Nombre del cargo:	Foliado de perfiles PVC
Número de personas:	2
Área:	Producción
Cargo del supervisor inmediato:	Ing. Flavio Chillogallo

2. MISIÓN DEL CARGO

Garantizar un excelente foliado en los perfiles y velar por el aprovisionamiento oportuno para el siguiente proceso

3. ANÁLISIS DEL CARGO**Alcance de responsabilidades**

*El obrero a cargo será responsable de la calidad del foliado bajo las especificaciones de diseño y hoja de corte.

*Hacer uso obligatorio de los EPP (equipos de protección personal).

*Dar información oportuna al jefe inmediato cualquier tipo de circunstancia que se presente dentro del puesto de trabajo (materia prima, herramientas, entorno laboral, etc.)

*Hacer uso correcto y adecuado de las herramientas de su puesto de trabajo.

*Transportar y colocar los perfiles foliados a las perchas de manera adecuada.

*Ejecución de las 5s (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke).

4. OBJETIVO

Llevar a cabo las actividades de manera correcta y coordinada para el alcance de resultados y metas establecidas.

5. HERRAMIENTAS Y/O MAQUINARIA

Máquina para foliado de perfiles

Llave exagonal 1/8

Flexometro

Calibrador o pie de rey

Lija

6. MATERIA PRIMA

Lámina

Wuaipe

Tela

Líquido PU

Líquido llama roja

Activador

Alcohol industrial

Cinta masking

Importante: Objeto y/o accesorio adicional que se encuentre dentro del puesto de trabajo y **NO** justifique su necesidad el obrero será sancionado.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 55

Análisis del valor agregado del proceso corte de lámina

PROCESO: Corte de lámina								PRODUCTO: Puertas y ventanas en PVC
No	VAC	VAE	P	E	M	I	A	ACTIVIDAD
1							X	Pedir material a bodega (de acuerdo a lista de materia prima y/o herramientas)
2						X		Leer e interpretar diseño
3						X		Revisar lámina a cortar
4					X			Trasladar y colocar la lámina en la máquina para cortar
5			X					Colocar cuchillas
6			x					Colocar rollos de acuerdo a medidas de la lámina a utilizar
7							x	Cortar lámina
8					x			Trasladar sobrante de lámina a su lugar de origen
9					x			Entregar lámina cortada a la línea de producción (foliado de perfiles)
10			x					Revisión de perfiles PVC cortados previo al foliado

COMPOSICIÓN DE ACTIVIDADES		No
VAC	Valor agregado al cliente	0
VAE	Valor agregado la empresa	0
P	Preparación	3
E	Espera	0
M	Movimiento	3
I	Inspección	2
A	Acción	2

Fuente: Elaboración propia.

Figura 56*Perfil ocupacional en el proceso corte de lámina***PERFIL OCUPACIONAL POR PROCESOS****1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO**

Nombre del cargo: Corte de lámina
 Número de personas: 1
 Área: pre_ensamble/producción
 Cargo del supervisor inmediato: Ing. Flavio Chillogallo

2. MISIÓN DEL CARGO

Velar por el aprovisionamiento de la materia prima (lámina cortada) de manera oportuna para el siguiente proceso.

3. ANÁLISIS DEL CARGO**Alcance de responsabilidades**

- *El obrero a cargo será responsable del abastecimiento oportuno de lámina cortada de acuerdo a diseño en cantidad y color específico.
- *Hacer uso obligatorio de los EPP (equipos de protección personal).
- *Dar información oportuna al jefe inmediato cualquier tipo de circunstancia que se presente dentro del puesto de trabajo (materia prima, herramientas, entorno laboral, etc.)
- *Hacer uso correcto y adecuado de las herramientas de su puesto de trabajo.
- *Utilizar sobrantes de láminas para optimización y mejora continua de inventario.
- *Garantizar que la lámina este en óptimas condiciones para el foliado.
- *Ejecución de las 5s (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke).

4. OBJETIVO

Llevar a cabo las actividades de manera correcta y coordinada para el alcance de resultados y metas establecidas.

5. HERRAMIENTAS Y/O MAQUINARIA

Máquina cortadora de lámina
 Cuchillas
 Cinta masking
 Calibrador o pie de rey
 Flexómetro

6. MATERIA PRIMA

Folios de lámina

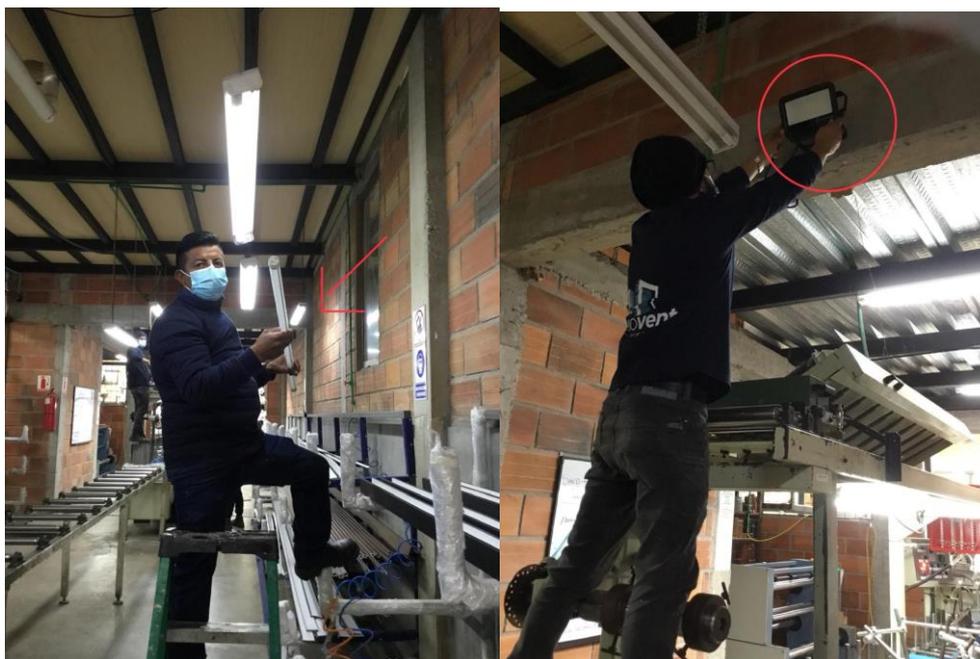
Importante: Objeto y/o accesorio adicional que se encuentre dentro del puesto de trabajo y **NO** justifique su necesidad el obrero será sancionado.

Fuente: Elaboración propia.

Para complementar esta mejoría se revisó la parte lumínica, en esta área se considera puestos de exigencias visuales altas (500 lux mínimo) puesto que la iluminación en esta área no era la suficiente se procedió a colocar lámparas y reflectores.

Figura 57

Instalación de lámparas y reflectores



Fuente: Empresa Termovent

Con la colocación de estas lámparas y reflectores ayudara a una revisión e inspección de la lámina y foliado como producto final, el objetivo es velar la calidad en todo el proceso.

5.3.3 IMPLEMENTACIÓN EN EL PROCESO CORTE DE PERFIL FOLIADO

5.3.3.1 IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA WISE EN EL PROCESO CORTE DE PERFIL FOLIADO

Para la implementación de esta metodología fue importante determinar el perfil ocupacional del puesto y las actividades a realizar. Para lo cual se generó el siguiente documento:

Figura 58

Análisis del valor agregado del proceso corte de perfil foliado

PROCESO: Corte de perfil foliado marcos								PRODUCTO: Puertas y ventanas en PVC
No	VAC	VAE	P	E	M	I	A	ACTIVIDAD
1						X		Leer e interpretar diseño y hoja de corte
2						X		Revisar perfil foliado para corte
3			X					Calibración máquina doble cabezal (medidas)
4					X			Trasladar el perfil hacia la mesa 1 de trabajo
5	X	X						Calidad
6							X	Cortar perfil de acuerdo a diseño y hoja de corte
7					X			Trasladar el perfil cortado hacia la mesa 2 de trabajo
8						X		Revisar y comprobar medidas de perfil cortado
9							X	Cortar perfil Z (jp08) máquina de destaje
10							X	Cortar perfil rieles (20-10/20-11/209) máquina corte manual
11							X	Colocar etiqueta (cinta) en el perfil y/o transcribir medidas (esfero) (Ref/medida/obra/posición)
12					X			Trasladar el perfil cortado a las cerchas para el siguiente proceso
COMPOSICIÓN DE ACTIVIDADES								No
VAC	Valor agregado al cliente							1
VAE	Valor agregado la empresa							1
P	Preparación							1
E	Espera							0
M	Movimiento							3
I	Inspección							3
A	Acción							4

PROCESO: Corte de perfil foliado hojas								PRODUCTO: Puertas y ventanas en PVC
No	VAC	VAE	P	E	M	I	A	ACTIVIDAD
1						X		Leer e interpretar diseño y hoja de corte
2						X		Revisar perfil foliado para corte
3					X			Trasladarse al proceso de <i>Termofusión</i> para tomar medidas de las hojas
4			X					Trascribir en un cuaderno las medidas de las hojas
5					X			Trasladarse hacia la mesa 2 de trabajo
6						X		Revisar hoja de corte
7			X					Calibrar máquina doble cabezal (medidas)
8					X			Trasladar el perfil hacia la mesa 1 de trabajo
9	X	X						Calidad
10							X	Cortar perfil de acuerdo a diseño y hoja de corte
11					X			Trasladar el perfil cortado hacia la mesa 2 de trabajo
12						X		Revisar y comprobar medidas de perfil cortado
13					X			Trasladar el perfil cortado a la máquina de mecanizado (troquelado)
14			X					Calibrar máquina de mecanizado (troqueladora)
15							X	Realizar mecanizado (troquelado)
16					X			Trasladar el perfil hacia la mesa 2 de trabajo
17						X		Inspección y comprobación de mecanizado
18							X	Colocar etiqueta (cinta) en el perfil y/o transcribir medidas (esfero) (Ref/medida/obra/posición)
19					X			Trasladar el perfil cortado a las cerchas para el siguiente proceso
COMPOSICIÓN DE ACTIVIDADES								No
VAC	Valor agregado al cliente							1
VAE	Valor agregado la empresa							1
P	Preparación							3
E	Espera							0
M	Movimiento							7
I	Inspección							5
A	Acción							3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19

Perfil ocupacional del proceso corte de perfil foliado



PERFIL OCUPACIONAL POR PROCESOS

1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO	
Nombre del cargo:	Corte de perfil foliado
Número de personas:	2
Área:	Abasto/producción
Cargo del supervisor inmediato:	Ing. Flavio Chillogallo
2. MISIÓN DEL CARGO	
Garantizar que los perfiles cumplan con las medidas exactas de acuerdo a diseño y su condición óptima velando el aprovisionamiento oportuno para el siguiente proceso	
3. ANÁLISIS DEL CARGO	
Alcance de responsabilidades	
*El obrero a cargo será responsable que los perfiles estén en condiciones óptimas y cumplan con las medidas exactas de acuerdo a diseño para su inmediato avance en los procesos.	
*Hacer uso obligatorio de los EPP (equipos de protección personal).	
*Dar información oportuna al jefe inmediato cualquier tipo de circunstancia que se presente dentro del puesto de trabajo (materia prima, herramientas, entorno laboral, etc.)	
*Hacer uso correcto y adecuado de las herramientas de su puesto de trabajo.	
*Ejecución de las 5s (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke).	
4. OBJETIVO	
Llevar a cabo las actividades de manera correcta y coordinada para el alcance de resultados y metas establecidas.	
5. HERRAMIENTAS Y/O MAQUINARIA	
Máquina de corte doble cabezal	Muestra de manija
Máquina de destajes	Cinta masking
Máquina de troquelado	Cuaderno
Máquina de corte manual	Tablero portapapeles
Flexómetro	Esfero
Sierra de mano	Calculadora
Escuadra	Caja de herramientas
Piola para timbrar	Cuchilla
Muestra de uñeros	
Muestra de cremonas	
6. MATERIA PRIMA	
Waipe	
Importante: Objeto y/o accesorio adicional que se encuentre dentro del puesto de trabajo y NO justifique su necesidad el obrero será sancionado.	

Fuente: Elaboración propia.

5.3.3.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA KANBAN EN EL PROCESO DE CORTE DE PERFIL FOLIADO

La herramienta Kanban es un sistema de señaléticas enfocada a una mejora continua que ayuda a mejorar la eficiencia en el puesto de trabajo. Su propósito es identificar de manera efectiva un proceso o cierto objeto en un lugar designado con mayor facilidad y su continuidad efectiva en la línea de producción.

Para lo cual se estableció colocar etiquetas en todos los perfiles cortados colocando la siguiente información:

Tabla 20

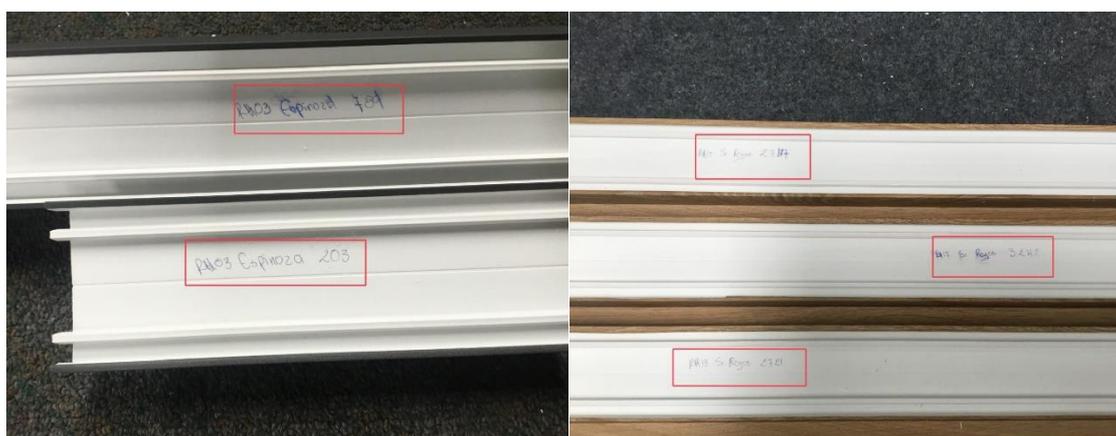
Detalle de la descripción del etiquetado

Detalle de descripción
Nombre de la obra o proyecto
Medida de corte
Referencia de estructura

Fuente: Elaboración propia.

Figura 59

Descripción de etiqueta (obra, referencia y medida)



Fuente: Empresa Termovent

La colocación de estas etiquetas ayuda a que el siguiente proceso pueda identificar sin problema alguno el tipo de perfil, obra y medidas.

5.3.4 IMPLEMENTACIÓN EN EL PROCESO CORTE Y COLOCACIÓN DE HIERRO INTERNO

5.3.4.1 IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA WISE DEL PROCESO CORTE Y COLOCACIÓN DE HIERRO INTERNO

De la misma fue importante determinar el perfil ocupacional del puesto y las actividades a realizar. Para lo cual se precedió al levantamiento quedando de la siguiente manera:

Figura 60

Análisis del valor agregado del proceso corte y colocación de hierro interno

PROCESO: Colocación de hierro (refuerzo)								PRODUCTO: Puertas y ventanas en PVC
No	VAC	VAE	P	E	M	I	A	ACTIVIDAD
1						X		Leer e interpretar diseño y hoja de corte
2				X				Hacer pedido de hierro en bodega
3							X	Sacar hierro de bodega por obra
4			X					Seleccionar perfiles para colocar hierro
5	X	X						Calidad
6					X			Trasportar hierro hacia la mesa de corte (sección hierro)
7			X					Señalar medidas a cortar
8							X	Cortar hierro
9					X			Trasportar hierro hacia la mesa de trabajo
10							X	Colocar hierro en la cámara interna del perfil
11							X	Colocar tornillo cabeza de lenteja 8*3/4" para sujetar el hierro interno
12			X					Colocar perfil con refuerzo interno por referencia para el siguiente proceso
COMPOSICIÓN DE ACTIVIDADES								No
VAC	Valor agregado al cliente							1
VAE	Valor agregado la empresa							1
P	Preparación							3
E	Espera							1
M	Movimiento							2
I	Inspección							1
A	Acción							4

Fuente: Elaboración propia.

Figura 61

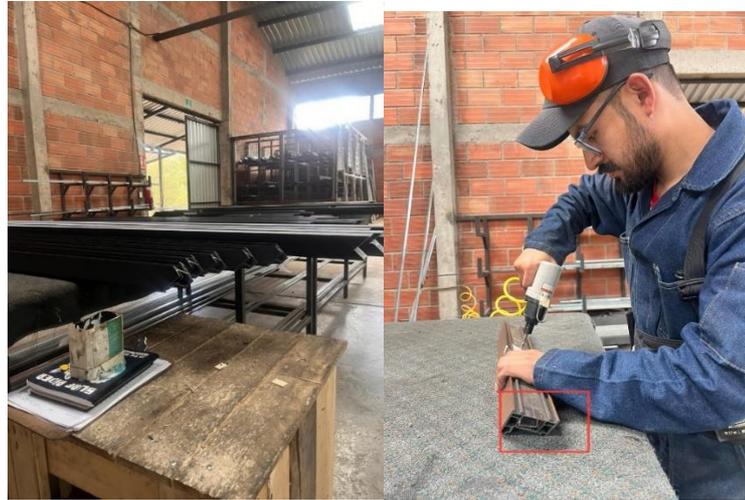
Perfil ocupacional del proceso corte y colocación de hierro interno

PERFIL OCUPACIONAL POR PROCESOS		 TERMOVent <small>VENTANAS TÉRMICAS Y ACÚSTICAS</small>	
1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO			
Nombre del cargo:	Hierro (refuerzo interno)		
Número de personas:	1		
Área:	Producción		
Cargo del supervisor inmediato:	Ing. Flavio Chillogallo		
2. MISIÓN DEL CARGO			
Garantizar que el refuerzo interno (cámara interna del perfil) se coloque de manera correcta en posición y medidas de acuerdo a diseño velando el aprovisionamiento oportuno para el siguiente proceso			
3. ANÁLISIS DEL CARGO			
Alcance de responsabilidades			
*Hacer uso obligatorio de los EPP (equipos de protección personal).			
*Dar información oportuna al jefe inmediato cualquier tipo de circunstancia que se presente dentro del puesto de trabajo (materia prima, herramientas, entorno laboral, etc.)			
*Hacer uso correcto y adecuado de las herramientas de su puesto de trabajo.			
*Ejecución de las 5s (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke).			
4. OBJETIVO			
Llevar a cabo las actividades de manera correcta y coordinada para el alcance de resultados y metas establecidas.			
5. HERRAMIENTAS Y/O MAQUINARIA			
Máquina corte de hierro			
Alicate o playo			
Combo pequeño			
Cuchilla			
Sierra de mano			
Piola			
Esfero			
Resaltador			
Tablero partapapeles			
Cuaderno			
Espatula			
Taladro			
Extensión 120v			
Juego de desarmador			
Calculadora			
Brocas			
Puntas para taladro			
6. MATERIA PRIMA			
Hierro local			
Hierro galvanizado			
Tornillos cabeza de lenteja 8*3/4"			
Cinta masking			
Wuaipe			
Alcohol industrial			
Importante: Objeto y/o accesorio adicional que se encuentre dentro del puesto de trabajo y NO justifique su necesidad el obrero será sancionado.			

Fuente: Elaboración propia.

Figura 62

Imagen actual del proceso de colocación de hierro luego de la implementación de la metodología WISE



Fuente: Empresa Termovent

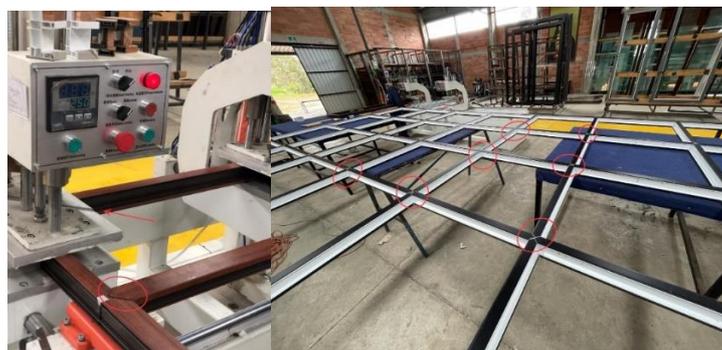
5.3.5 IMPLEMENTACIÓN EN EL PROCESO DE TERMOFUSIÓN

5.3.5.1 IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA WISE DEL PROCESO DE TERMOFUSIÓN

De la misma se realizó el levantamiento de información para este puesto quedando descrito el perfil ocupacional del puesto y las actividades a realizar como se puede observar a continuación:

Figura 63

Proceso de termofusión



Fuente: Empresa Termovent

Figura 64

Análisis del valor agregado del proceso termofusión

PROCESO: Termofusión							PRODUCTO: Puertas y ventanas en PVC	
No	VAC	VAE	P	E	M	I	A	ACTIVIDAD
1						X		Leer e interpretar diseño
2			X					Calibrar termofusionadora de acorde a los perfiles
3					X			Trasladarse hacia la mesa de trabajo de hierro para ver los perfiles
4					X			Trasladar perfiles hacia la mesa de trabajo
5	X	X						Calidad
6			X					Limpiar perfiles con pistola de aire
7			X					Colocar alzas de madera en los costado del perfil a termofusionar
8			X					Colocar tacos de hierro en los costados del perfil a termofusionar
9			X					Colocar moldes de papel sobre el perfil a termofusionar
10							X	Termofusionar perfiles (soldar)
11				X				Eperar 28-30 segundos tiempo de soldado
12							X	Retirar moldes de papel y colocar en su lugar
13							X	Retirar tacos de hierro y colocar en su lugar
14							X	Retirar alzas de madera y colocar en su lugar
15						X		Revisar estructura termofusionada (soldada)
16							X	Realizar medidas en los marcos y anotar en el cuaderno las medidas para el corte de las hojas
17							X	Realizar salidas de agua en las hojas
18					X			Trasladar y colocar la estructura en los caballetes para el siguiente proceso
COMPOSICIÓN DE ACTIVIDADES								No
VAC	Valor agregado al cliente							1
VAE	Valor agregado la empresa							1
P	Preparación							6
E	Espera							1
M	Movimiento							3
I	Inspección							2
A	Acción							6

Fuente: Elaboración propia.

Figura 65

Perfil ocupacional del proceso de termofusión

PERFIL OCUPACIONAL POR PROCESOS				
1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO				
Nombre del cargo:	Hierro (refuerzo interno)			
Número de personas:	1			
Área:	Producción			
Cargo del supervisor inmediato:	Ing. Flavio Chillogallo			
2. MISIÓN DEL CARGO				
Garantizar que la estructura cumplan con las medidas exactas de acuerdo a diseño y su condición óptima velando el aprovisionamiento oportuno para el siguiente				
3. ANÁLISIS DEL CARGO				
Alcance de responsabilidades				
*Hacer uso obligatorio de los EPP (equipos de protección personal).				
*Dar información oportuna al jefe inmediato cualquier tipo de circunstancia que se presente dentro del puesto de trabajo (materia prima, herramientas, entorno				
*Hacer uso correcto y adecuado de las herramientas de su puesto de trabajo.				
*Ejecución de las 5s (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke).				
4. OBJETIVO				
Llevar a cabo las actividades de manera correcta y coordinada para el alcance de resultados y metas establecidas.				
5. HERRAMIENTAS Y/O MAQUINARIA				
Máquina termofusionadora (suelta)				
Alzas de madera				
Tacos de hierro				
Taladro				
Extensión 120v				
Brocas				
Cuaderno				
Esfero				
Porta papeles				
Juego de llaves exagonal				
Pistola de temperatura				
6. MATERIA PRIMA				
Cinta masking				
Lámina de suelda				
Importante: Objeto y/o accesorio adicional que se encuentre dentro del puesto de trabajo y NO justifique su necesidad el obrero será sancionado.				

Fuente: Elaboración propia.

5.3.6 IMPLEMENTACIÓN EN EL PROCESO DE LIMPIEZA

5.3.6.1 IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA WISE DEL PROCESO DE LIMPIEZA

De la misma manera con la información obtenida se estableció el perfil ocupacional y esquema de trabajo determinando sus actividades como se presenta en la siguiente figura:

Figura 66

Análisis del valor agregado del proceso limpieza

PROCESO: Limpieza							PRODUCTO: Puertas y ventanas en PVC	
No	VAC	VAE	P	E	M	I	A	ACTIVIDAD
1						X		Leer e interpretar diseño
2					X			Trasladar la estructura hacia la mesa de trabajo
3	X	X						Calidad
4							X	Retirar el excedente de material (soldadura) con ayuda de una espátula
5							X	Retirar la rebaba interna y externa con ayuda del formol y martillo de goma
6							X	Retirar la rebaba con ayuda de una cuhilla
7					X			Colocar la estructura en el caballete para el siguiente proceso
COMPOSICIÓN DE ACTIVIDADES								No
VAC	Valor agregado al cliente							1
VAE	Valor agregado la empresa							1
P	Preparación							0
E	Espera							0
M	Movimiento							2
I	Inspección							1
A	Acción							3

Fuente: Elaboración propia.

Figura 67

Perfil ocupacional del proceso de limpieza

PERFIL OCUPACIONAL POR PROCESOS		 TERMOvent <small>VENTANAS TÉRMICAS Y ACÚSTICAS</small>		
1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO				
Nombre del cargo:	Limpieza			
Número de personas:	1			
Área:	Producción			
Cargo del supervisor inmediato:	Ing. Flavio Chillogallo			
2. MISIÓN DEL CARGO				
Realizar una limpieza interna y externa absoluta de cada estructura				
3. ANÁLISIS DEL CARGO				
Alcance de responsabilidades				
*Hacer uso obligatorio de los EPP (equipos de protección personal).				
*Dar información oportuna al jefe inmediato cualquier tipo de circunstancia que se presente dentro del puesto de trabajo (materia prima, herramientas, entorno				
*Hacer uso correcto y adecuado de las herramientas de su puesto de trabajo.				
*Ejecución de las 5s (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke).				
4. OBJETIVO				
Llevar a cabo las actividades de manera correcta y coordinada para el alcance de resultados y metas establecidas.				
5. HERRAMIENTAS Y/O MAQUINARIA				
Formón				
Combo de goma				
Espatula				
Cuchillas				
6. MATERIA PRIMA				
Cinta masking				
Lijas				
Pintura				
Guaípe				
Importante: Objeto y/o accesorio adicional que se encuentre dentro del puesto de trabajo y NO justifique su necesidad el obrero será sancionado.				

Fuente: Elaboración propia.

Para completar esta mejora se vio la importancia de implementar herramientas semimanuales que ayuden en la ejecución de las tareas siendo el proceso más eficiente y productivo, cabe mencionar que anteriormente estas actividades se realizaban en un 100 % manual donde el obrero utilizaba como herramienta principal cuchillas y por ende el riesgo mayor de accidentes como cortes en sus manos.

Figura 68

Implementación de herramientas semimanuales antes y después



Fuente: Empresa Termovent

5.3.7 IMPLEMENTACIÓN EN EL PROCESO DE PINTURA

5.3.7.1 IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA WISE DEL PROCESO DE PINTURA

Con ayuda de la metodología Wise se logró mejorar el área de pintura, distribuyendo de manera adecuada los botes de pintura y colocando un estante para sus herramientas.

Figura 69

Antes y después en el proceso de pintura



Fuente: Empresa Termovent

A continuación, se desarrolló el perfil ocupacional y el esquema de trabajo con la información obtenida como se presenta en la siguiente figura:

Figura 70

Análisis del valor agregado del proceso de pintura

PROCESO: Pintura							PRODUCTO: Puertas y ventanas en PVC	
No	VAC	VAE	P	E	M	I	A	ACTIVIDAD
1						X		Leer e interpretar diseño
2					X			Trasladar la estructura hacia la mesa de trabajo
3	X	X						Calidad
4							X	Limar las cuatro esquinas con ayuda de una lima grano grueso
5							X	Colocar la cinta masking cubriendo el canal de la rebaba
6							X	Lijar el canal de la rebaba con ayuda de la lima grano fino
7							X	Pintar el canal de la rebaba y retirar la cinta masking
8					X			Colocar la estructura en el caballete para el siguiente proceso
COMPOSICIÓN DE ACTIVIDADES								No
VAC	Valor agregado al cliente							1
VAE	Valor agregado la empresa							1
P	Preparación							0
E	Espera							0
M	Movimiento							2
I	Inspección							1
A	Acción							4

Fuente: Elaboración propia.

Figura 71

Perfil de ocupacional del proceso de pintura

PERFIL OCUPACIONAL POR PROCESOS				
1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO				
Nombre del cargo:	Pintura			
Número de personas:	1			
Área:	Producción			
Cargo del supervisor inmediato:	Ing. Flavio Chillogallo			
2. MISIÓN DEL CARGO				
Velar por el aprovisionamiento oportuno de estructuras para el siguiente proceso				
3. ANÁLISIS DEL CARGO				
Alcance de responsabilidades				
*Realizar la correcta preparación de la pintura antes de ser usada				
*Verificar que la pintura este en color y condición óptima antes de su uso				
*Hacer uso obligatorio de los EPP (equipos de protección personal).				
*Dar información oportuna al jefe inmediato cualquier tipo de circunstancia que se presente dentro del puesto de trabajo (materia prima, herramientas, entorno				
*Hacer uso correcto y adecuado de las herramientas de su puesto de trabajo.				
*Ejecución de las 5s (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke).				
4. OBJETIVO				
Garantizar un excelente acabado en pintura de cada estructura				
5. HERRAMIENTAS Y/O MAQUINARIA				
Pincel				
Espatula				
6. MATERIA PRIMA				
Cinta masking				
Pintura				
Importante: Objeto y/o accesorio adicional que se encuentre dentro del puesto de trabajo y NO justifique su necesidad el obrero será sancionado.				

Fuente: Elaboración propia.

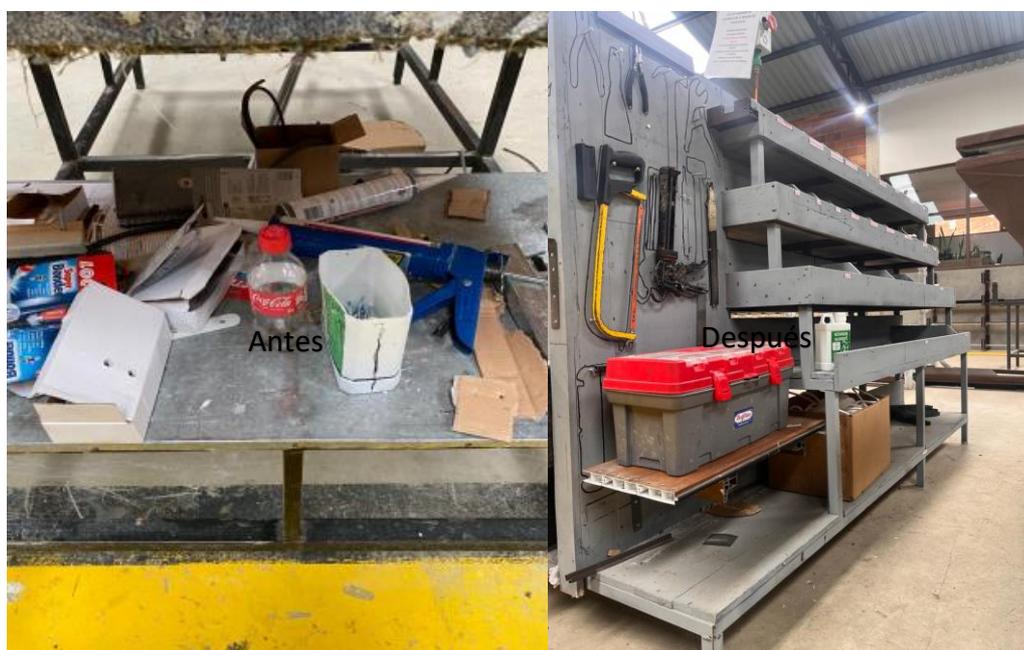
5.3.8 IMPLEMENTACIÓN EN EL PROCESO COLOCACIÓN DE ACCESORIOS

5.3.8.1 IMPLEMENTACIÓN DE LAS 5S DEL PROCESO COLOCACIÓN DE ACCESORIOS

En este proceso se realiza la colocación de todos los accesorios entendiéndose tales como: seguros, cremonas, cilindros, felpa, bisagras, platinas entre otros. Fue indispensable la aplicación de las 5S en este proceso ya que era evidente el cuello de botella que se generaba en este puesto. Se pudo evidenciar el desorden, desorganización, materiales y herramientas por toda el área de trabajo como se puede observar en las imágenes siguientes:

Figura 72

Antes y después de la implementación de 5s en el proceso de colocación de accesorios



Fuente: Empresa Termovent

Para lograr un mejor entorno laboral fue necesario la implantación de las 5S tales como:

1ª S – Clasificación (SEIRI)

Se dio inicio con la clasificación de la materia prima, es decir con la selección de los accesorios clasificando lo necesarios de lo innecesario y de la misma manera separando todos los accesorios por proyecto u obra. Es importante mencionar que no existía una lista de materiales a utilizar por cada obra, y que también no se tenía un lugar adecuado para recibir estos materiales.

2ª S – Organización (SEITON)

Una vez que se realizó la clasificación de accesorios se procedió a la organización, para ello fue importante colocar un estante donde se pueda colocar todos los materiales para cada obra, y de la misma manera la colocación de los accesorios separados de acuerdo con su rotación. Así mismo con cada herramienta de trabajo.

3ª S – Limpieza (SEISO)

Una vez clasificado y organizado se procedió a la limpieza de todos los materiales que no eran útiles o cualquier otro objeto que no pertenezca a esta área de trabajo con el fin mejorar la productividad de cada obrero. Para mantener la limpieza en este proceso se colocó un tacho de basura identificado con su tarjeta.

4ª S – Estandarizar (SEIKETSU)

La estandarización implicó crear directrices y controles visuales para mantener el lugar de trabajo limpio, organizado y ordenado. Por lo cual se implementó las etiquetas en cada estante de herramientas, así como dibujos de cada una de ellas.

Adicional se entregó un formato donde se pueda revisar todas las herramientas de trabajo a utilizar en el día a día como se muestra en la siguiente imagen:

5.3.8.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA WISE DEL PROCESO DE COLOCACIÓN DE ACCESORIOS

De la misma manera se realizó el levantamiento de información en cuanto su esquema de trabajo y perfil ocupacional quedando de la siguiente manera:

Figura 74

Análisis del valor agregado del proceso colocación de accesorios (Hojas corredizas y fijas)

PROCESO: Accesorios 1									PRODUCTO: Puertas y ventanas en PVC
Hojas corredizas y fijas									ACTIVIDAD
No	VAC	VAE	P	E	M	I	A		
1					X			Trasladar la estructura hacia la mesa de trabajo	
2	X	X						Calidad	
3						X		Leer e interpretar diseño	
4							X	Pulir la base de la hoja corrediza para colocar rodamientos	
5							X	Colocar rodamientos hoja corrediza	
6							X	Colocar topes hoja fija	
7							X	Colocar felpa de acuerdo a diseño	
8					X			Colocar la estructura en el caballete para el siguiente proceso	

PROCESO: Accesorios 2									PRODUCTO: Puertas y ventanas en PVC
Hojas corredizas y fijas									ACTIVIDAD
No	VAC	VAE	P	E	M	I	A		
1					X			Trasladar la estructura hacia la mesa de trabajo	
2	X	X						Calidad	
3						X		Leer e interpretar diseño	
4							X	Colocar uñero	
5							X	Colocar cremón	
						X		Revisar funcionamiento cremón	
6					X			Colocar la estructura en el caballete para el siguiente proceso	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 75

Análisis del valor agregado del proceso colocación de accesorios (Hojas y marcos batientes y proyectables)

PROCESO: Accesorios 2								
Hojas y marcos batientes y proyectables								PRODUCTO: Puertas y ventanas en PVC
No	VAC	VAE	P	E	M	I	A	ACTIVIDAD
1					X			Trasladar la estructura hacia la mesa de trabajo
2	X	X						Calidad
3						X		Leer e interpretar diseño
4							X	Colocar bisagras en las hojas
5							X	Cortar la base de la hoja si va sin tropiezo
6							X	Pulir la base de la hoja cortada
7							X	Colocar felpa en la base de la hoja y grapar
8					X			Colocar la estructura en el caballete para el siguiente proceso

PROCESO: Accesorios 2								
Hojas y marcos batientes y proyectables								PRODUCTO: Puertas y ventanas en PVC
No	VAC	VAE	P	E	M	I	A	ACTIVIDAD
1					X			Trasladar la estructura hacia la mesa de trabajo
2	X	X						Calidad
3						X		Leer e interpretar diseño
4							X	Colocar receptor de bisagras en el marco
5							X	Colocar cremón
6							X	Ensamblar hoja batiente o proyectable en el marco
7					X			Colocar la estructura en el caballete para el siguiente proceso

Fuente: Elaboración propia.

Figura 76

Análisis del valor agregado del proceso colocación de accesorios (Hojas y marcos batientes y proyectables)

PROCESO: Accesorios 2								
Hojas mallas JP034 y JP033								PRODUCTO: Puertas y ventanas en PVC
No	VAC	VAE	P	E	M	I	A	ACTIVIDAD
1					X			Trasladar la estructura hacia la mesa de trabajo
2	X	X						Calidad
3						X		Leer e interpretar diseño
4			X					Cortar malla a la medida de la estructura
5							X	Colocar la malla
6							X	Poner brujita
7							X	Poner caucho vinil
8							X	Colocar platinas ángulos (4 ángulo interior)
9							X	Colocar platinas planas (alma de hierro vertical)
10							X	Colocar rodamientos en la base de la hoja
11							X	Colocar felpa de acuerdo a diseño
12							X	Colocar uñero
13					X			Colocar la estructura en el caballete para el siguiente proceso

PROCESO: Accesorios 2								
Hojas mallas JP089								PRODUCTO: Puertas y ventanas en PVC
No	VAC	VAE	P	E	M	I	A	ACTIVIDAD
1					X			Trasladar la estructura hacia la mesa de trabajo
2	X	X						Calidad
3						X		Leer e interpretar diseño
4							X	Colocar rodachines o topes
5			X					Cortar malla a la medida de la estructura
6							X	Colocar la malla
7							X	Poner brujita
8							X	Poner caucho vinil de malla
9							X	Colocar cinta masking todo el perímetro de la malla
10							X	Sellar todo el perímetro de la malla
11							X	Retirar la cinta masking
12							X	Colocar uñero
13					X			Colocar la estructura en el caballete para el siguiente proceso

Fuente: Elaboración propia.

Figura 77

Perfil ocupacional del proceso de colocación de accesorios

PERFIL OCUPACIONAL POR PROCESOS				
1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO				
Nombre del cargo:	Accesorios			
Número de personas:	2			
Área:	Producción			
Cargo del supervisor inmediato:	Ing. Flavio Chillogallo			
2. MISIÓN DEL CARGO				
Garantizar la colocación de cada accesorio en forma y funcionalidad en cada estructura				
3. ANÁLISIS DEL CARGO				
Alcance de responsabilidades				
*Hacer uso obligatorio de los EPP (equipos de protección personal).				
*Dar información oportuna al jefe inmediato cualquier tipo de circunstancia que se presente dentro del puesto de trabajo (materia prima, herramientas, entorno				
*Hacer uso correcto y adecuado de las herramientas de su puesto de trabajo.				
*Ejecución de las 5s (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke).				
4. OBJETIVO				
Llevar a cabo las actividades de manera correcta y coordinada para el alcance de resultados y metas establecidas.				
5. HERRAMIENTAS Y/O MAQUINARIA				
Taladro				
Extensión 120v				
Brocas				
Amoladora				
Espatula				
Pistola de silicom				
Sierra de mano				
Playo de presión				
Playo o alicate				
Remachadora				
Martillo				
6. MATERIA PRIMA				
Tornillos				
Felpa				
Rodamientos				
Topes				
Rodachines				
Rodamientos				
Silicom				
Cinta masking				
Uñeros				
Cremona				
Extensión para cremonas				
Remaches				
Importante: Objeto y/o accesorio adicional que se encuentre dentro del puesto de trabajo y NO justifique su necesidad el obrero será sancionado.				

Fuente: Elaboración propia.

5.3.8.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA POKA YOKE EN EL PROCESO DE COLOCACIÓN DE ACCESORIOS

El propósito de desarrollar esta técnica fue a raíz de la entrega y recepción de materiales, tanto la parte de bodega como el obrero en la línea de producción no se tenía registro de los materiales (accesorios) y por ende la confusión de estas con las diferentes obras ya que todo se mezclaba entre sí.

Para ello se propuso un Checklist de recepción de materiales tanto de bodega que entrega y el obrero que recibe, una vez que el material este en el puesto de trabajo el obrero tendrá la siguiente información:

1. Obra por ingresar (cliente)
2. Tipo de estructura (hoja batiente, proyectable o corrediza)
3. Cantidad de estructuras

Figura 78

Checklist de recepción de materiales

ACCESORIOS PRODUCCIÓN		
1610	PLATINA 3/4"1/8EXT - UNICO	8,00 UD
1610INT	PLATINA 3/4"1/8INT - UNICO	8,00 UD
1610PLANAS	PLATINA 3/4"1/8EXT PLANAS - UNICO	4,00 UD
2390P	WAIPE - UNICO	1,64 UD
26820	CREMONA DE 2100 CORREDIZA SIN CILINDRO -	2,00 UD
3RUE27	RUEDA DOBLE 120KG INCOA PUERTA EUROPEA	8,00 UD

Informe de Materiales		
PEDIDO A0001993 Cliente: ARQ PEDRO ESPINOZA Obra:0024-2995-E ARQ PEDRO ESPINOZA ref 1-2-3		
ALCOHOLMULTP	ALCOHOL MULTIPROPOSITO AL 80% litro DE MEI	0,14 ML
ALZA JP048	ALZA PARA HOJA FIJA EN SISTEMA CORREDIZO	8,00 UD
AMORAL	AMORAL litro DE MEDIDAS : 618,0 - UNICO	0,62 ML
BRUP	BRUJITA SUPER BONDER 34757 - UNICO	1,14 UD
CINT-MASKP	CINTA MASKING 18MM 3/4 - UNICO	66,50 UD
DISOLP	DISOLVENTE litro DE MEDIDAS : 136,0 - UNICO	0,14 ML
FELPAIMPOR	FELPA IMPORTACION - UNICO	70,52 ML

Fuente: Empresa Termovent

Con esta información se controla mejor el proceso, y el obrero tiene una lista clara de los materiales que debe usar en cada obra, así se evita errores y que los materiales falten o en su defecto sobren. Para ello fue importante estandarizar el uso de materiales de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 21

Detalle de materiales

Accesorio	Descripción	Cantidad
Cremona	Hoja (puerta o ventana)	1
Bisagras	Hoja (puerta o ventana)	3
Rodamientos	Hoja (puerta o ventana)	2
Manijas	Hoja (puerta o ventana)	1

Fuente: Elaboración propia.

Con esta información el obrero sabrá la cantidad exacta de accesorios que se debe colocar en cada uno de ellos.

5.3.9 IMPLEMENTACIÓN EN EL PROCESO DE ENCRISTALADO

5.3.9.1 IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA WISE DEL PROCESO DE ENCRISTALADO

Con los datos obtenidos se generó el perfil ocupación y el esquema de trabajo quedando de la siguiente manera:

Figura 79

Análisis del valor agregado del proceso encristalado

PROCESO: Encristalado							PRODUCTO: Puertas y ventanas en PVC	
No	VAC	VAE	P	E	M	I	A	ACTIVIDAD
1						X		Leer e interpretar diseño
2			X					Coordinar aprovisionamiento de vidrio y pisavidrio
3					X			Trasladar la estructura hacia la mesa de trabajo
4	X	X						Calidad
5			X					Cortar caucho vinil
6			X					Colocar alzas plasticas
7				X				Lavar el vidrio de la estructura a encristalar (máquina)
8							X	Trasladar y colocar el vidrio en la estructura
9					X			Trasladar el pisavidrio hacia la mesa de trabajo
10			X					Cortar caucho vinil del pisavidrio
11							X	Colocar el pisavidrio (encristalado)
12							X	Sacar el caucho vinil remordido
13							X	Limpiar estructura completa
14			X					Preparar cartón o papel para el embalaje
15	X	X						Realizar y colocar check list (sello de calidad)
16							X	Embalaje de la estructura
17					X			Trasladar la estructura al área de producto terminado
COMPOSICIÓN DE ACTIVIDADES								No
VAC	Valor agregado al cliente							2
VAE	Valor agregado la empresa							2
P	Preparación							5
E	Espera							1
M	Movimiento							3
I	Inspección							1
A	Acción							5

Fuente: Elaboración propia.

Figura 80

Perfil ocupacional del proceso encristalado

PERFIL OCUPACIONAL POR PROCESOS			
1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO			
Nombre del cargo:	Encristalado		
Número de personas:	3		
Área:	Producción		
Cargo del supervisor inmediato:	Ing. Flavio Chillogallo		
2. MISIÓN DEL CARGO			
Velar que cada estructura y/o adicional cumpla con las especificaciones de diseño y/o hoja de corte.			
3. ANÁLISIS DEL CARGO			
Alcance de responsabilidades			
*Garantizar que toda estructura este completa en terminos de medida y adicionales de acuerdo a diseño			
*Revisar que toda estructura y/o adicional cumpla calidad y su sello respectivo			
*Proveer información eficaz y oportuna de estructuras y/o adicionales listos en producto terminado			
*Hacer uso obligatorio de los EPP (equipos de protección personal).			
*Dar información oportuna al jefe inmediato cualquier tipo de circunstancia que se presente dentro del puesto de trabajo (materia prima, herramientas, entorno laboral, etc.)			
*Hacer uso correcto y adecuado de las herramientas de su puesto de trabajo.			
*Ejecución de las 5s (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke).			
4. OBJETIVO			
Garantizar que toda estructura que se encuentre en producto terminado cumpla con los estandares de calidad y en su totalidad para su instalación sin interrupción			
5. HERRAMIENTAS Y/O MAQUINARIA			
Taladro inalámbrico			
Combo de goma o chipote			
Cuchillas			
Muestra de manija			
Muestra de seguro			
Muestra de uñero			
Flexometro			
Destornillador estrella			
Espatula			
Playo			
Esfero			
Tablero portapapeles			
6. MATERIA PRIMA			
Plastico stretch			
Cinta masking			
Alzas plasticas			
Sellos de calidad			
Muestras de pintura (todos los colores)			
Importante: Objeto y/o accesorio adicional que se encuentre dentro del puesto de trabajo y NO justifique su necesidad el obrero será sancionado.			

Fuente: Elaboración propia.

5.3.9.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA POKA YOKE EN EL PROCESO DE ENCRISTALADO

Para continuar con la mejora en este proceso se vio la necesidad de un Poka Yoke de dimensión informativo, donde el obrero a través del diseño y colocación del sello de calidad pueda asegurar que la estructura cumpla con las especificaciones determinadas en la orden de trabajo. A continuación, se muestra una hoja de diseño a detalle por cada referencia a fabricar.

Figura 81

Hoja de diseño a detalle



Fuente: Empresa Termovent

Cabe mencionar que este puesto es el proceso final de la línea de producción, por tal razón las estructuras deben cumplir las especificaciones, para lo cual se realizó un registro donde se verifica el estado de la estructura, es decir se revisa la funcionalidad, golpes, rayaduras o defectos, una vez terminada la revisión se coloca un sello de calidad y se procede al embalaje de la estructura.

Tabla 22

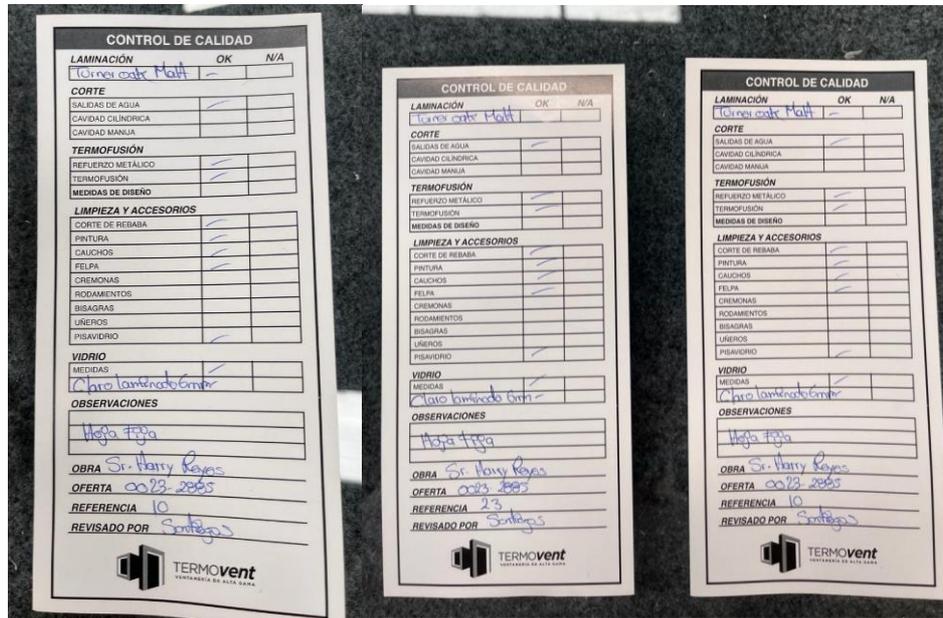
Formato del registro de control de calidad

CONTROL DE CALIDAD		
	OK	N/A
LAMINACIÓN		
CORTE		
SALIDAS DE AGUA		
CAVIDAD CILÍNDRICA		
CAVIDAD MANIJA		
TERMOFUSIÓN		
REFUERZO METÁLICO		
TERMOFUSIÓN		
MEDIDAS DE DISEÑO		
LIMPIEZA Y ACCESORIOS		
CORTE DE REBABA		
PINTURA		
CAUCHOS		
FELPA		
CREMONAS		
RODAMIENTOS		
BISAGRAS		
UÑEROS		
PISAVIDRIO		
VIDRIO		
MEDIDAS		
OBSERVACIONES		
OBRA		
OFERTA		
REFERENCIA		
REVISADO POR		
		

Fuente: Empresa Termovent.

Figura 82

Aplicación de registro de control de calidad



Fuente: Empresa TERMOvent

Como se puede observar fue indispensable un sello de calidad donde se valide todas las especificaciones de acuerdo con el diseño.

5.3.10 IMPLEMENTACIÓN EN EL PROCESO CORTE DE VIDRIO

5.3.10.1 IMPLEMENTACIÓN DE LAS 5S DEL PROCESO CORTE DE VIDRIO

Este es un proceso crítico ya que la materia prima (vidrio) tiene costos altos por lo cual fue importante la aplicación de esta herramienta para encontrar la mejoría en el proceso e inventario de este.

1ª S – Clasificación (SEIRI)

Se realizó la clasificación de vidrio de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 23*Descripción de los tipos de vidrio*

Descripción de los tipos vidrio
Vidrio claro laminado de 6 mm
Vidrio claro laminado de 8 mm
Vidrio monolítico 6 mm
Vidrio monolítico 8 mm
Vidrio deslustrado 6 mm
Vidrio bronce laminado 6 mm

Fuente: Elaboración propia.

Con la clasificación del vidrio, además de liberar espacio en el área se desechó retazos de vidrio que no servían, y los que si se los rótulos de acuerdo a la medida.

2ª S – Organización (SEITON)

Para ello fue importante la adquisición de un dispositivo donde se pueda ir organizando los vidrios de acuerdo con su tipo. Este dispositivo cuenta con 10 espacios para su utilización.

Figura 83

Antes y después en la organización del proceso de corte de vidrio



Fuente: Empresa Termovent

Esta herramienta ayudará que el obrero pueda localizar los tipos de vidrio con mayor facilidad, manteniendo un orden y organización en su área de trabajo.

3ª S – Limpieza (SEISO)

Una vez clasificado y ordenado en esta área el siguiente paso fue la limpieza, para ello se desechó todo los vidrios quebrados y rayados, adicional se designó un espacio específico para los retazos de vidrio que no sirven y están listos ser desechados.

Figura 84*Limpieza del proceso corte de vidrio*

Fuente: Empresa Termovent

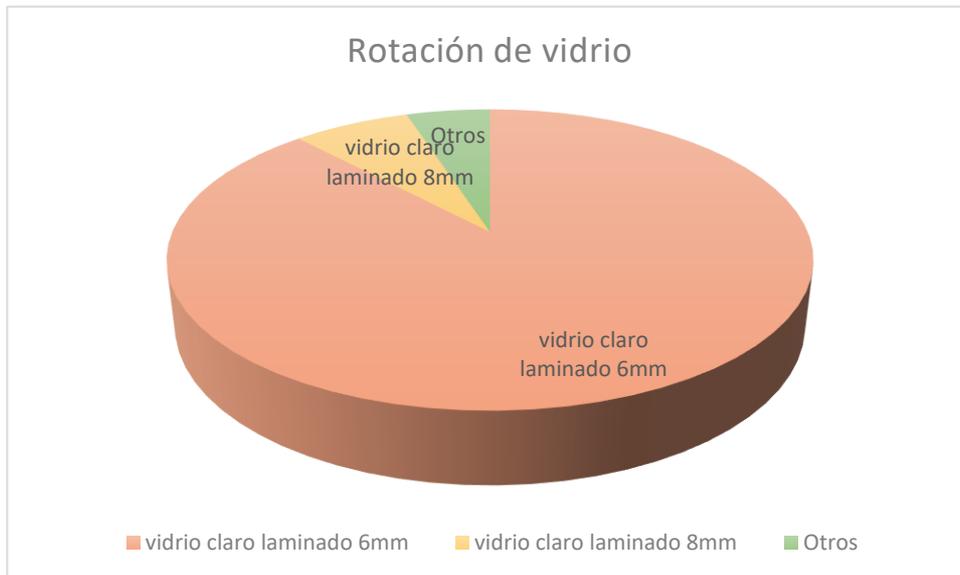
Así se mantiene el entorno de trabajo libre de vidrio que no sirve y con mayor espacio para el obrero y el almacenamiento de vidrio.

4ª S – Estandarizar (SEIKETSU)

Se colocó etiquetas con el propósito de identificar con mayor facilidad el tipo de vidrio, para ello fue importante conocer la rotación de vidrio.

Figura 85

Rotación de vidrio



Fuente: Elaboración propia.

Bajo esta información se colocó a los vidrios de mayor rotación a una distancia corta de la mesa de trabajo con la finalidad de aumentar la productividad del obrero. Quedando de la siguiente manera:

Figura 86

Etiquetado de vidrio (retazos) de acuerdo con medidas



Fuente: Empresa Termovent

De esta manera el obrero puede identificar por medidas el vidrio, así evitamos tiempos mudas en busca retazos de vidrio que no aportan a la producción.

5ª S – Seguir mejorando (SHITSUKE)

La disciplina es fundamental para llevar a cabo todo lo implementado anteriormente, por ello es indispensable llevar auditorias en cada estación de trabajo para verificar el cumplimiento de los principios de cada S con el propósito de que a mediano y largo plazo se vuelva parte de una cultura laboral. Ver anexo 1

5.3.10.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA WISE DEL PROCESO CORTE DE VIDRIO

Igualmente se realizó el levantamiento de información determinando el esquema de trabajo para este puesto y el perfil ocupacional como se muestra en la siguiente figura:

Figura 87

Análisis del valor agregado del proceso corte de vidrio

PROCESO: Corte de vidrio						PRODUCTO: Puertas y ventanas en PVC		
No	VAC	VAE	P	E	M	I	A	ACTIVIDAD
1						X		Leer e interpretar diseño
2					X			Dirigirse a los caballetes hasta las estructuras
3			X					Tomar medidas de cada estructura
4					X			Dirigirse a la mesa de trabajo
5		X						Realizar optimización de corte en plancha de vidrio
6			X					Colocar placha de vidrio en la mesa de trabajo
7	X	X						Calidad
8			X					Señalar medidas de acuerdo a la optimización
9							X	Cortar vidrio
10					X			Colocar vidrio cortado en los caballetes para el siguiente proceso
11					X			Retirar retazos de la mesa de trabajo
12		X						Realizar check list por referencia cortada
COMPOSICIÓN DE ACTIVIDADES								No
VAC	Valor agregado al cliente							1
VAE	Valor agregado la empresa							3
P	Preparación							3
E	Espera							0
M	Movimiento							4
I	Inspección							1
A	Acción							1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 88

Perfil ocupaciones del proceso corte de vidrio

PERFIL OCUPACIONAL POR PROCESOS				
1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO				
Nombre del cargo:	Vidrio			
Número de personas:	1			
Área:	Producción			
Cargo del supervisor inmediato:	Ing. Flavio Chillogallo			
2. MISIÓN DEL CARGO				
Velar por el aprovisionamiento oportuno de vidrio cortado para el siguiente proceso				
3. ANÁLISIS DEL CARGO				
Alcance de responsabilidades				
Velar por la optimización en corte de vidrio de acuerdo a medidas				
Garantizar que el vidrio cortado cumpla en su calidad y medidas				
*Hacer uso obligatorio de los EPP (equipos de protección personal).				
*Dar información oportuna al jefe inmediato cualquier tipo de circunstancia que se presente dentro del puesto de trabajo (materia prima, herramientas, entorno laboral, etc.)				
*Hacer uso correcto y adecuado de las herramientas de su puesto de trabajo.				
*Ejecución de las 5s (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke).				
4. OBJETIVO				
Llevar a cabo las actividades de manera correcta y coordinada para el alcance de resultados y metas establecidas.				
5. HERRAMIENTAS Y/O MAQUINARIA				
Lápiz para cortar vidrio				
Ventosas				
Regla para vidrio				
Escuadra para vidrio				
Playo				
Pulidora				
6. MATERIA PRIMA				
Alcohol industrial				
Lija gramo fino				
Importante: Objeto y/o accesorio adicional que se encuentre dentro del puesto de trabajo y NO justifique su necesidad el obrero será sancionado.				

Fuente: Elaboración propia.

5.3.11 IMPLEMENTACIÓN EN EL PROCESO DE COLOCACIÓN DE VIDRIO- CÁMARAS

5.3.11.1 IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA WISE DEL PROCESO DE COLOCACIÓN DE VIDRIO- CÁMARAS

Se realizó el levantamiento de información determinando el esquema de trabajo de este puesto y el perfil ocupacional del obrero como se muestra en la siguiente figura:

Figura 89

Análisis del valor agregado del proceso de colocación de vidrio- cámara

PROCESO: Vidrio cámara							PRODUCTO: Puertas y ventanas en PVC	
No	VAC	VAE	P	E	M	I	A	ACTIVIDAD
1						X		Leer e interpretar diseño
2			X					Encender el horno
3				X				Esperar un hora aproximadamente (temperatura 175 - 250)
4			X					Preparar espaciador a utilizar
5					X			Trasladar vidrio (base) cortado a la máquina de lavado
6	X	X						Calidad
7							X	Secar el vidrio (fijos gotas de agua)
8							X	Colocar espaciador en toda el área
9					X			Colocar vidrio base en utensillo para colocar el vidrio tapa
10					X			Trasladar vidrio (tapa) cortado a la máquina de lavado
11	X	X						Calidad
12							X	Secar el vidrio (fijos gotas de agua)
13					X			Trasladar vidrio (tapa) cortado hacia el utensillo para unir al vidrio base
14					X			Trasladar vidrio cámara hacia la mesa de trabajo
15							X	Sellar vidrio cámara con silicom de acuerdo a la ficha técnica
16							X	Escribir en el vidrio cámara la referencia y nombre cliente
17						X		Colocar vidrio cámara en los caballetes para el secado repectivo
18				X				Esperar el secado del vidrio cámara de acuerdo a la ficha técnica
19		X						Realizar check list de referencias listas
20		X						Anotar los metros lineales de espaciador utilizados en cada referencia
COMPOSICIÓN DE ACTIVIDADES								No
VAC	Valor agregado al cliente							2
VAE	Valor agregado la empresa							4
P	Preparación							2
E	Espera							2
M	Movimiento							6
I	Inspección							1
A	Acción							5

Fuente: Elaboración propia.

Figura 90

Perfil ocupacional del proceso de colocación de vidrio- cámara

PERFIL OCUPACIONAL POR PROCESOS		 TERMOvent <small>VENTANAS TÉRMICAS Y ACÚSTICAS</small>	
1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO			
Nombre del cargo:	Vidrio cámara		
Número de personas:	2		
Área:	Producción		
Cargo del supervisor inmediato:	Ing. Flavio Chillogallo		
2. MISIÓN DEL CARGO			
Garantizar que el vidrio cámara cumpla su función de hermetización por lo cual el sellado debe estar de acuerdo a la ficha técnica			
3. ANÁLISIS DEL CARGO			
Alcance de responsabilidades			
*Velar por la optimización del espaciador y uso correcto			
*Cumplir con las especificaciones determinadas en la hoja de diseño			
*Hacer uso obligatorio de los EPP (equipos de protección personal).			
*Dar información oportuna al jefe inmediato cualquier tipo de circunstancia que se presente dentro del puesto de trabajo (materia prima, herramientas, entorno laboral, etc.)			
*Hacer uso correcto y adecuado de las herramientas de su puesto de trabajo.			
*Ejecución de las 5s (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke).			
4. OBJETIVO			
Llevar a cabo las actividades de manera correcta y coordinada para el alcance de resultados y metas establecidas.			
5. HERRAMIENTAS Y/O MAQUINARIA			
Utensillo para colocar el espaciador			
Flexometro			
Cuchillas			
Lustre fino			
Espatula			
Pistola para silicom			
Cuaderno			
Esfero			
Portapapeles			
6. MATERIA PRIMA			
Silicom			
Papel Wypall I-10			
Espaciador			
Cinta masking			
Importante: Objeto y/o accesorio adicional que se encuentre dentro del puesto de trabajo y NO justifique su necesidad el obrero será sancionado.			

Fuente: Elaboración propia.

5.3.12 IMPLEMENTACIÓN EN EL PROCESO CORTE DE PISAVIDRIO

5.3.12.1 IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA WISE DEL PROCESO CORTE DE PISAVIDRIO

De la misma manera se procedió al levantamiento de información en este puesto determinando el esquema de trabajo y el perfil ocupacional como se muestra en la siguiente figura:

Figura 91

Análisis del valor agregado del proceso de corte de pisavidrio

PROCESO: Pisavidrio								PRODUCTO: Puertas y ventanas en PVC
No	VAC	VAE	P	E	M	I	A	ACTIVIDAD
1						X		Leer e interpretar diseño
2					X			Dirigirse a los caballetes hasta las estructuras
3			X					Tomar medidas de cada estructura
4					X			Dirigirse a la mesa de trabajo
5					X			Traladar el prisavidrio hacia la mesa de trabajo
6	X	X						Calidad
7			X					Colocar el pisavidrio en la máquina a cortar
8			X					Realizar medida de corte
9							X	Cortar pisavidrio
10						X		Verificar corte
11					X			Colocar pisavidrio cortado en la mesa de trabajo
12							X	Colocar caucho vinil
13							X	Juntar pisavidrios por referencias
14					X			Colocar pisavidrios en los caballetes
COMPOSICIÓN DE ACTIVIDADES								No
VAC	Valor agregado al cliente							1
VAE	Valor agregado la empresa							1
P	Preparación							3
E	Espera							0
M	Movimiento							5
I	Inspección							2
A	Acción							3

Fuente: Elaboración propia.

Figura 92

Perfil ocupacional del proceso de corte de pisavidrio

PERFIL OCUPACIONAL POR PROCESOS		 TERMOvent <small>VENTANAS TÉRMICAS Y ACÚSTICAS</small>		
1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO				
Nombre del cargo:	Pisavidrio			
Número de personas:	1			
Área:	Producción			
Cargo del supervisor inmediato:	Ing. Flavio Chillogallo			
2. MISIÓN DEL CARGO				
Velar por el aprovisionamiento oportuno de estructuras para el siguiente proceso				
3. ANÁLISIS DEL CARGO				
Alcance de responsabilidades				
*Hacer uso obligatorio de los EPP (equipos de protección personal).				
*Dar información oportuna al jefe inmediato cualquier tipo de circunstancia que se presente dentro del puesto de trabajo (materia prima, herramientas, entorno				
*Hacer uso correcto y adecuado de las herramientas de su puesto de trabajo.				
*Ejecución de las 5s (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke).				
4. OBJETIVO				
Garantizar que el pisavidrio cortado cumpla con las medidas exactas de acuerdo a cada estructura				
5. HERRAMIENTAS Y/O MAQUINARIA				
Cuchillas				
Flexometro				
Cuderno				
Esfero				
Portapapeles				
Resaltador				
6. MATERIA PRIMA				
Cinta masking				
Cuucho vinil				
Importante: Objeto y/o accesorio adicional que se encuentre dentro del puesto de trabajo y NO justifique su necesidad el obrero será sancionado.				

Fuente: Elaboración propia.

5.4 EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD

Tabla 24

Informe de ventas de producción mensual del año 2022

INFORME DE VENTAS MENSUAL	
MES	Producción m²
JUNIO	945,44 m ²
JULIO	918,41 m ²
AGOSTO	802,47 m ²
SEPTIEMBRE	1011,48 m ²
OCTUBRE	1073,85 m ²
NOVIEMBRE	1149,34 m ²
DICIEMBRE	513,54 m ²
TOTAL	6.414,53 m²

Fuente: Obtenida del Departamento de ventas de la empresa Termovent.

Tabla 25

Informe de producción del año 2022

PRODUCCIÓN		
MES	m²	ml
ENERO	701,01	4,7
FEBRERO	642,66	31,8
MARZO	301	70,09
ABRIL	728,22	45,17
MAYO	231,83	379,45
JUNIO	460,44	247,67
JULIO	823,41	12
AGOSTO	795,54	16,75
SEPTIEMBRE	796,01	1234,74
OCTUBRE	752,30	92,55
NOVIEMBRE	720,49	1348,65
DICIEMBRE	680,06	9,47
TOTAL	7.632,97	3.493,04

Fuente: Datos obtenido del Departamento de producción de la empresa Termovent.

Como se puede observar en las tablas de informe de ventas y la tabla de producción para el año 2022 las ventas son superiores a la producción.

Es importante mencionar que la empresa en este año 2022 en el mes de septiembre a diciembre laboró con dos turnos, en un horario matutino con 25 personas y en un horario nocturno con 10 personas. Sin embargo, no logró alcanzar el objetivo y por ende verse reflejado con la insatisfacción del cliente y la mala imagen de compromiso como empresa.

A continuación, se presenta datos de ventas del año 2023 proporcionado por el departamento de ventas.

Tabla 26

Informe de ventas de producción mensual del año 2023

INFORME DE VENTAS MENSUAL	
MES	Producción m²
ENERO	760,02 m ²
FEBERO	553,49 m ²
MARZO	1177,25 m ²
ABRIL	670,31 m ²
MAYO	937,29m ²
JUNIO	613,32 m ²
JULIO	489,81 m ²
AGOSTO	520,92 m ²
SEPTIEMBRE	561,74 m ²
OCTUBRE	443,86 m ²
NOVIEMBRE	258,56 m ²
DICIEMBRE	445,74 m ²
TOTAL	7.432,32 m²

Fuente: Obtenida del Departamento de ventas de la empresa Termovent.

De la misma manera se presenta datos de producción para el año 2023

Tabla 27

Informe de producción del año 2023

PRODUCCIÓN		
MES	m²	ml
ENERO	805,63	93,81
FEBRERO	609,46	446,60
MARZO	837,75	20,70
ABRIL	786,24	212,03
MAYO	642,26	58,88
JUNIO	562,53	35,48
JULIO	520,52	40,89
AGOSTO	570,06	0
SEPTIEMBRE	481,11	49,15
OCTUBRE	405,94	56,78
NOVIEMBRE	226,04	5.23
DICIEMBRE	305,52	47,89
TOTAL	6753.06	1.062.21

Fuente: Datos obtenido del Departamento de producción de la empresa Termovent.

Una vez implementado las herramientas Lean y metodología Wise se aprecia la mejoría de la producción medida en metros cuadrados comparativo del año 2022 con respecto al año 2023.

Para el año 2022 en el mes de junio a diciembre se tuvo una venta de 6.414,53 m² frente a una producción en un mismo periodo de 5.028,25 m² como se detalla a continuación:

Tabla 28

Producción en el año 2022 y 2023

AÑO	VENTAS m²	%	PRODUCCIÓN m²	%
2022	6.414,53	100	5.028,25	78.39
2023	3.333,95	100	3.071,72	92.13

Fuente: Empresa Termovent.

Es importante mencionar que en el año 2023 se laboró solo en un solo turno matutino con 22 personas en planta. Para lo cual se calculó la productividad de la siguiente manera:

$$PRODUCTIVIDAD = \frac{\text{PRODUCCIÓN TOTAL M2}}{\text{NÚMERO DE OBREROS}}$$

Tabla 29

Productividad por año

AÑO	# OBREROS	PRODUCTIVIDAD POR NÚMERO DE OBREROS (m2)
2022	35	143.66
2023	22	139.62

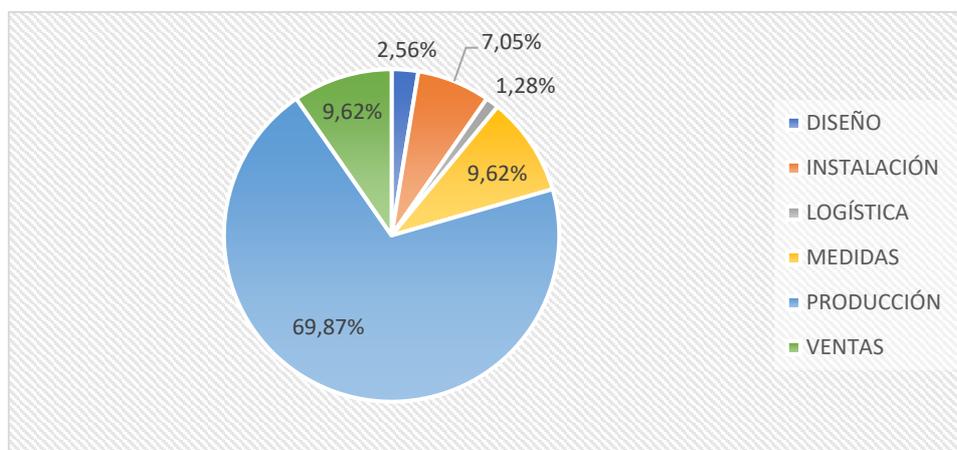
Fuente: Empresa Termovent.

Los resultados obtenidos nos demuestran que, a pesar de reducir el número de empleados, la productividad obtenida en el año 2023 es aceptable y casi semejante a la del año 2022, esto quiere decir que con un número menor de empleados e implementando las herramientas Lean y metodología Wise se logró ser más eficientes y por consiguiente cumplir de mejor manera a los clientes.

Adicional para poder evidenciar otros factores de productividad en la empresa, se tomaron los datos de reprocesos durante 6 meses, considerando los meses desde junio a diciembre que fue el periodo de implementación de las herramientas de Lean Manufacturing y metodología Wise. A continuación, se presentan los hallazgos del año 2022 en comparación con el año 2023.

Figura 93

Porcentaje de reprocesos por departamento del año 2022



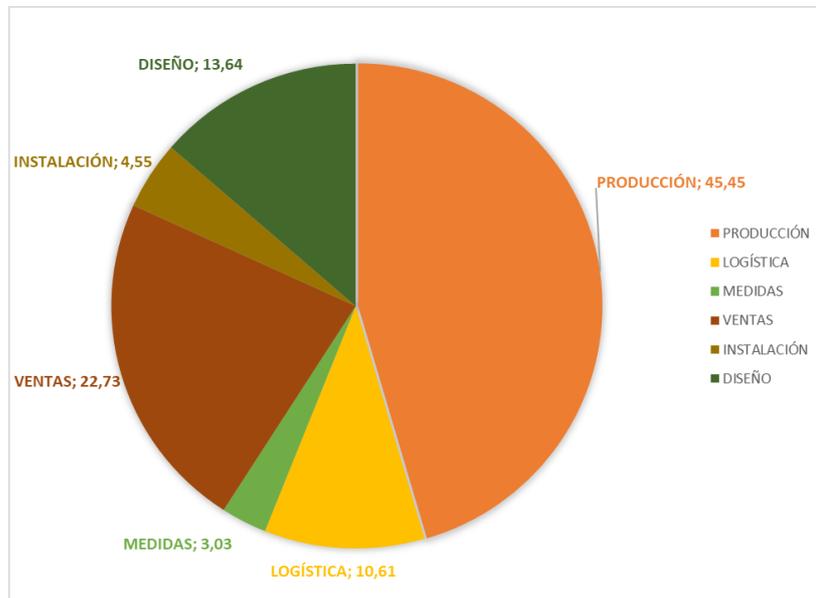
Fuente: Empresa Termovent

En la figura 93, se destaca la mayor presencia de reprocesos en un periodo de 7 meses, en el departamento de Producción con un 69,87% lo que sugiere que esta área experimenta una cantidad considerable de problemas y retrabajos en sus procesos, y en menor proporción los departamentos de Ventas y Medidas que presentan el 9,62% equitativamente. Por otro lado, los departamentos de Logística y Diseño tienen los porcentajes de reproceso más bajos, lo que indica una buena gestión en esas áreas.}

A continuación, se presenta los datos obtenidos en el año 2023 en el periodo de junio a diciembre.

Figura 94

Porcentaje de reprocesos por departamento del año 2023

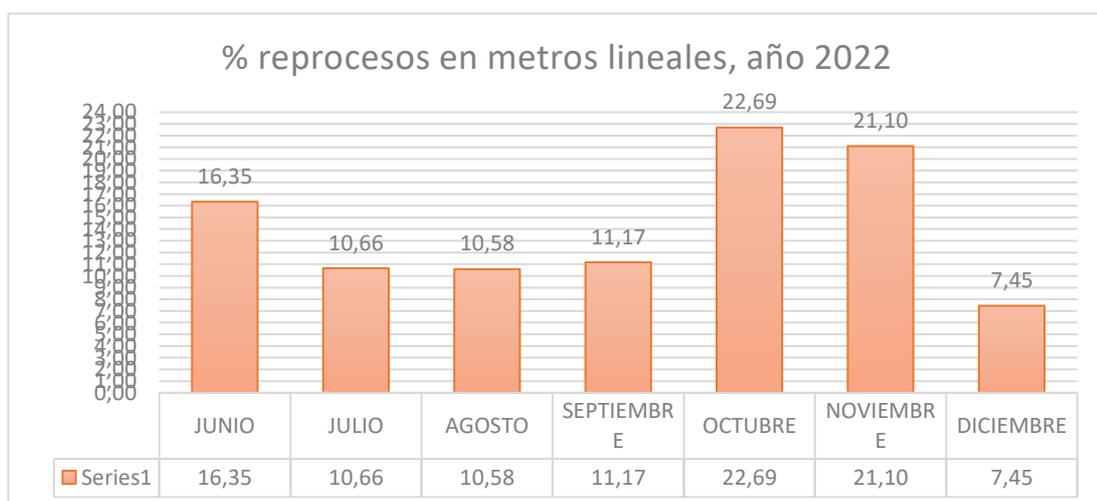


Fuente: Empresa Termovent

En la figura 94 se puede ver que en el departamento de producción se redujo el número de reprocesos de un 69,87% a 45,45% por lo cual se evidencia que la implementación de las herramientas Lean y metodología Wise ayudaron a mejorar considerablemente la productividad y por ende la optimización de recursos.

Figura 95

Porcentaje de reprocesos por metros lineales por mes



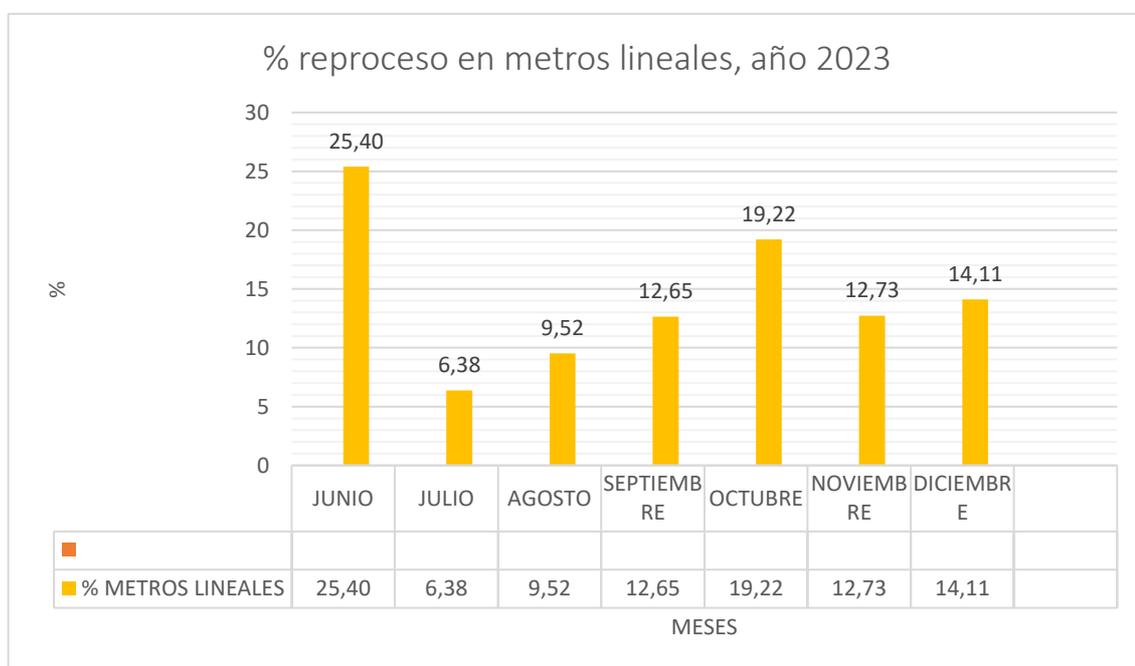
Fuente: Información obtenida de la empresa Termovent

La figura 95 exhibe la cantidad de metros lineales reprocesados en diferentes meses. En octubre se tuvo el mayor porcentaje de reprocesos, 22.69% en metros lineales, seguido de noviembre con un 21.10% .

De la misma manera para evidenciar la efectividad de las herramientas Lean y metodología Wise se muestra los resultados del año 2023 de los meses junio a diciembre.

Figura 96

Porcentaje de reprocesos por metros lineales por mes

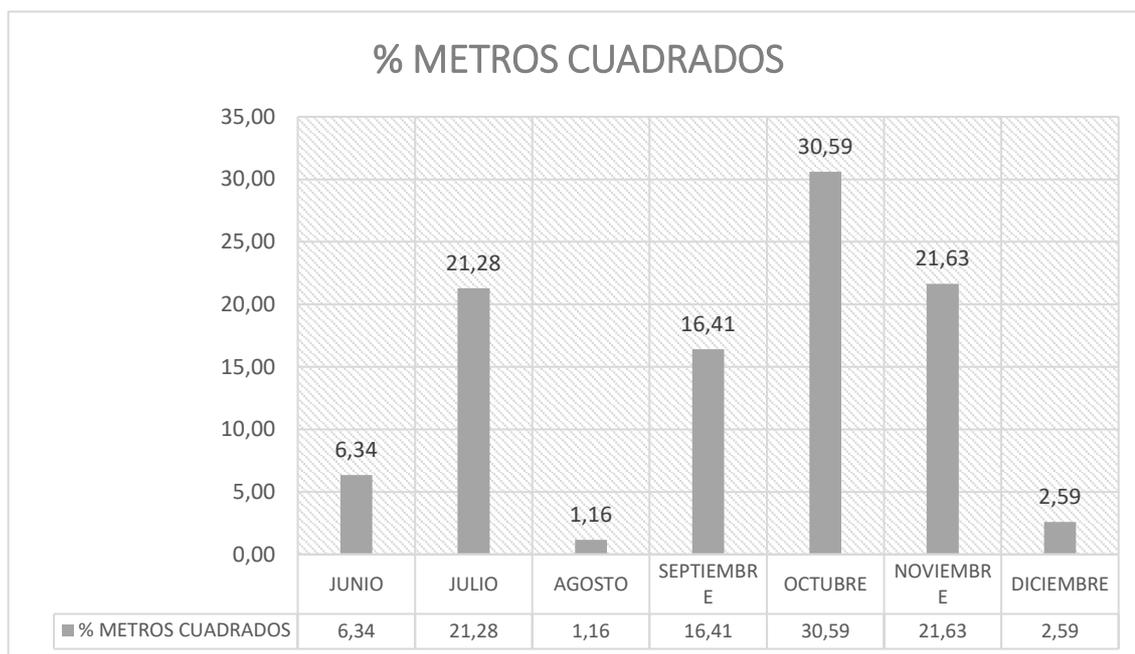


Fuente: Empresa Termovent

Como puede se muestra en la figura 96, el notable descenso de los reprocesos en metros lineales debido a la implementación de herramientas Lean y metodología Wise en las diferentes etapas del proceso de la línea de producción.

Figura 97

Porcentaje de reprocesos en metros cuadrados por mes, año 2023

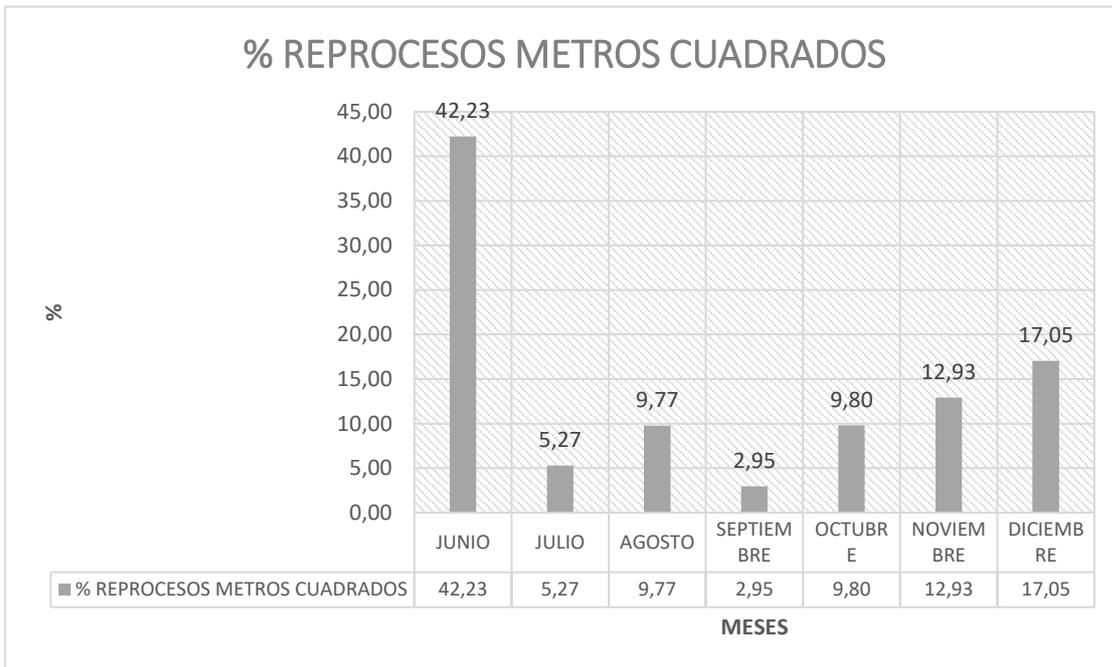


Fuente: Información obtenida de la empresa Termovent

Por otro lado, en la figura 97 se muestra los reprocesos en metros cuadrados de cada mes. De los cuales, el mes de octubre presentó el porcentaje más alto de reproceso con un 30.59%, indicando un mes con desafíos significativos en la calidad de la producción. Agosto y diciembre registraron tasas más bajas, con un 1.16% y un 2.59% respectivamente, lo que podría sugerir una mejora en la calidad del proceso de producción en esos meses. Julio y noviembre también mostraron tasas de reproceso significativas, con un 21.28% y un 21.63% respectivamente.

Figura 98

Porcentaje de reprocesos en metros cuadrados por mes, año 2023

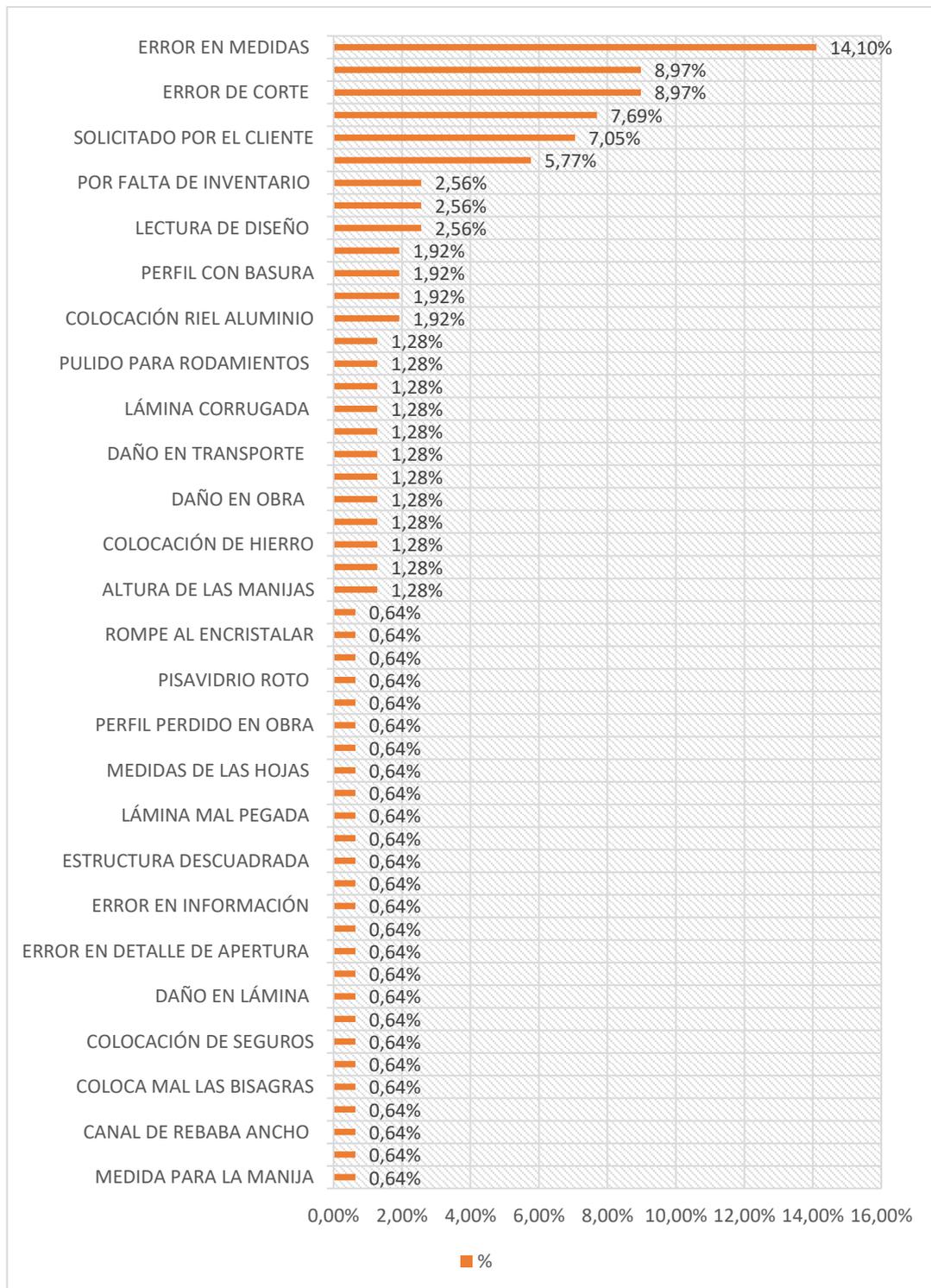


Fuente: Información obtenida de la empresa Termovent

En un mismo periodo para el año 2023 se puede evidenciar la mejoría en el tema de los reprocesos en metros cuadrados una baja significativa por la implementación de las herramientas Lean y metodología Wise, lo que significa mayor eficiencia en la línea de producción.

Figura 99

Reproceso del daño más común en la línea de producción

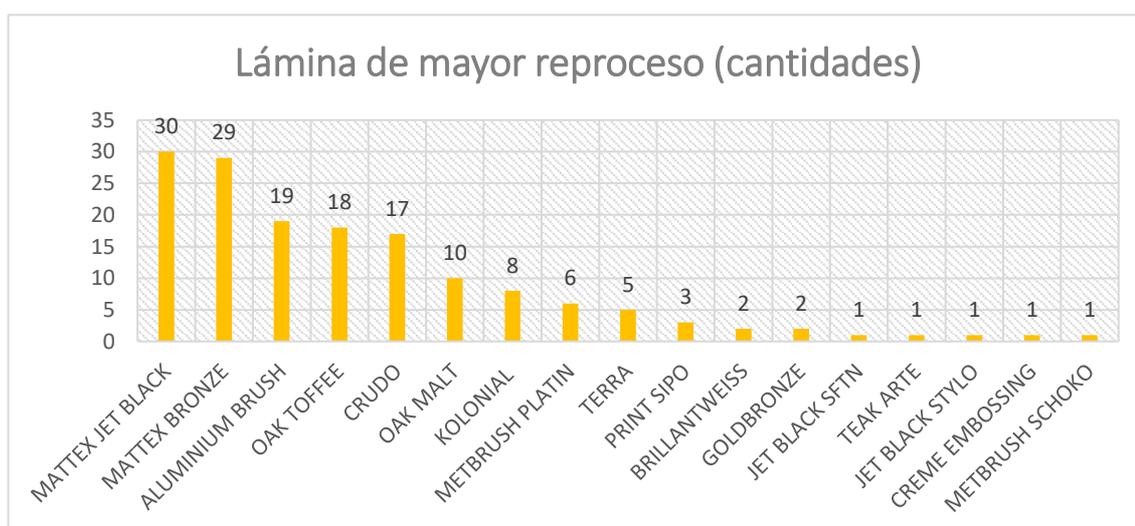


Fuente: Información obtenida de la empresa Termovent

Por otro lado, se registró la frecuencia de diferentes tipos de defectos o problemas que han dado lugar a reprocesos en el proceso de producción de la empresa Termovent como se muestra en la figura 99. Cada tipo de defecto se presenta con su respectivo porcentaje del total de reprocesos. Se observa que muchos de los defectos tienen una frecuencia baja, con un 0.64% cada uno, lo que indica que son problemas poco comunes, pero aun así importantes de abordar. Sin embargo, hay otros defectos que son más frecuentes y tienen un impacto significativo en los reprocesos, como lo es el error en medidas que tiene un 14.10% del total de reprocesos, seguido por el error en detalles del perfil con un 8.97%.

Figura 100

Lámina que tiene mayor reproceso en la línea de producción



Fuente: Información obtenida de la empresa Termovent

Finalmente, se puede observar en la figura 100, que la lámina que ocasiona mayor cantidad de problemas es la lámina “MATTEX JET BLACK” y la “MATTEX BRONZE” que son las que más se usan para las producciones. Por otro lado, algunas láminas como “BRILLANTWEISS” y “GOLDBRONZE” tienen solo 2 reprocesos cada una, mientras que otras como “JET BLACK SFTN”, “TEAK ARTE”, “JET BLACK STYLO”, “CREME EMBOSING” y “METBRUSH SCHOKO” tienen solo 1 reproceso cada una. Estos datos sugieren que ciertos tipos de láminas están más propensos a problemas o defectos que requieren reprocesos, en los que puede considerarse una de las causas a la medida de la lámina o desperfectos por transporte.

5.5 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN

Tabla 30

Costos de la implementación en el proceso de corte de perfil crudo

Proceso: Corte de perfil crudo			
Lista de materiales		USD	
Hojas de papel bond		1,22	
Tinta Epson 504		4,5	
Esfero		0,35	
Emplasticado		28,3	
Mano de obra		USD	Tiempo horas
1		650	34
			131,54
2		450	32
			85,714
3		450	32
			85,714
Mano de obra capacitación		USD	Tiempo horas
Ingeniero de producción		250	10
			250
Jefe inmediato		800	24
			114,28
Máquina y/o herramientas		USD	Estado
Flexómetro		4,25	Nuevo
Portapapeles		1,14	Nuevo
Implementos EPP		USD	Estado
Orejeras		3,8	Nuevo
Gafas transparentes		0,8	Nuevo

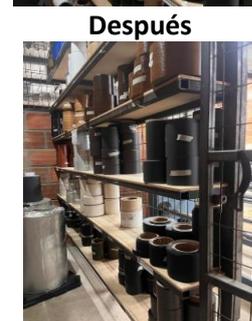


Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31

Costos de la implementación en el proceso de corte de lámina

Proceso: Corte de lámina			
Lista de materiales		USD	
Hojas de papel bond		0,65	
Tinta Epson 504		4,5	
Esfero		0,35	
Emplasticado		28,3	
Mano de obra		USD	Tiempo horas
1		550	4
			13,095
Mano de obra capacitación		USD	Tiempo horas
Jefe inmediato		800	1
			4,7619
Máquina y/o herramientas		USD	Estado
Calibrador o pie de rey		16	Nuevo



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32

Costos de la implementación en el proceso de foliado

Proceso: Foliado			
Lista de materiales	USD		
Hojas de papel bond	0,04		
Tinta Epson 504	4,5		
Esfero	0,35		
Emplasticado	0,45		
Mano de obra	USD	Tiempo horas	
1	550	0,5	1,64
Mano de obra capacitación	USD	Tiempo horas	
Jefe inmediato	800	1	4,76
Máquina y/o herramientas	USD	Estado	
Juego de llaves hexagonales	0,85	Nuevo	
Implementos EPP			
Mascarilla industrial	33	Nuevo	

Antes



Después



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33

Costos de la implementación en el proceso de perfil foliado

Proceso: Perfil foliado			
Lista de materiales	USD		
Hojas de papel bond	0,04		
Tinta Epson 504	4,5		
Esfero	0,35		
Emplasticado	0,45		
Mano de obra	USD	Tiempo horas	
1	550	0,5	1,64
Mano de obra capacitación	USD	Tiempo horas	
Jefe inmediato	800	1	4,76
Máquina y/o herramientas	USD	Estado	
N/A			
Implementos EPP			
Gafas transparentes	1,6	Nuevo	

Antes



Después



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34

Costos de la implementación en el proceso de colocación refuerzo de hierro

Proceso: Colocación refuerzo de hierro			
Lista de materiales	USD		
Hojas de papel bond	0,04		
Tinta Epson 504	4,5		
Esfero	0,35		
Emplasticado	0,45		
Mano de obra	USD	Tiempo horas	
1	500	0,5	1,49
Mano de obra capacitación	USD	Tiempo horas	
Jefe inmediato	800	1	4,76
Máquina y/o herramientas	USD	Estado	
N/A			
Implementos EPP			
N/A			

Antes



Después



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35

Costos de la implementación en el proceso de termofusión

Proceso: Termofusión			
Lista de materiales	USD		
Hojas de papel bond	0,04		
Tinta Epson 504	4,5		
Esfero	0,35		
Emplasticado	0,45		
Mano de obra	USD	Tiempo horas	
1	600	0,5	1,79
Mano de obra capacitación	USD	Tiempo horas	
Jefe inmediato	800	1	4,76
Máquina y/o herramientas	USD	Estado	
N/A			
Implementos EPP			
N/A			



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36

Costos de la implementación en el proceso de limpieza

Proceso: Limpieza			
Lista de materiales	USD		
Hojas de papel bond	0,04		
Tinta Epson 504	4,5		
Esfero	0,35		
Emplasticado	0,45		
Mano de obra	USD	Tiempo horas	
1	500	0,5	1,49
Mano de obra capacitación	USD	Tiempo horas	
Jefe inmediato	800	1	4,76
Máquina y/o herramientas	USD	Estado	
Combo de goma	3,8	Nuevo	
Espátula	5,6	Nuevo	
Implementos EPP			
N/A			



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37

Costos de la implementación en el proceso de pintura

Proceso: Pintura			
Lista de materiales	USD		
Hojas de papel bond	0,9		
Tinta Epson 504	4,5		
Esfero	0,35		
Emplasticado	0,45		
Mano de obra	USD	Tiempo horas	
1	500	0,5	1,49
Mano de obra capacitación	USD	Tiempo horas	
Jefe inmediato	800	1	4,76
Máquina y/o herramientas	USD	Estado	
Utilitario	125	Nuevo	
Envases para pintura	10,5	Nuevo	
Implementos EPP			
N/A			

Antes



Después



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38

Costos de la implementación en el proceso de accesorios

Proceso: Accesorios			
Lista de materiales	USD		
Hojas de papel bond	1,55		
Tinta Epson 504	4,5		
Esfero	0,35		
Emplasticado	12,5		
Mano de obra	USD	Tiempo horas	
1	650	2	7,74
Mano de obra capacitación	USD	Tiempo horas	
Jefe inmediato	800	1	4,76
Máquina y/o herramientas	USD	Estado	
Utilitario	480	Nuevo	
Implementos EPP			
N/A			

Antes



Después



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39

Costos de la implementación en el proceso de encristalado

Proceso: Encristalado			
Lista de materiales	USD		
N/A			
Mano de obra	USD	Tiempo horas	
N/A			
Mano de obra capacitación	USD	Tiempo horas	
Jefe inmediato	800	1	4,76
Máquina y/o herramientas	USD	Estado	
N/A			
Implementos EPP			
Cinturón o bajas	25,5		



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40

Costos de la implementación en el proceso de vidrio

Proceso: Vidrio			
Lista de materiales	USD		
Hojas de papel bond	1,55		
Tinta Epson 504	4,5		
Esfero	0,35		
Emplasticado	12,5		
Mano de obra	USD	Tiempo horas	
1	650	1	3,87
Mano de obra capacitación	USD	Tiempo horas	
Jefe inmediato	800	1	4,76
Máquina y/o herramientas	USD	Estado	
Clasificador de vidrio	7000	Nuevo	
Ventosas	29	Nuevo	
Implementos EPP			
Cascos	15,2		
Cinturón o bajas	34		

Antes



Después



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41

Costos de la implementación en el proceso de cámaras

Proceso: Cámaras			
Lista de materiales	USD		
N/A			
Mano de obra	USD	Tiempo horas	
N/A			
Mano de obra capacitación	USD	Tiempo horas	
Jefe inmediato	800	1	4,76
Máquina y/o herramientas	USD	Estado	
N/A			
Implementos EPP			
Cinturón o bajas	34		



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42

Costos de la implementación en el proceso de pisavidrio

Proceso: Pisavidrio			
Lista de materiales	USD		
N/A			
Mano de obra	USD	Tiempo horas	
N/A			
Mano de obra capacitación	USD	Tiempo horas	
Jefe inmediato	800	1	4,76
Máquina y/o herramientas	USD	Estado	
N/A			
Implementos EPP			
Gafas	0,8		



Fuente: Elaboración propia.

Los costos de implementación son fundamentales de considerar dentro de una organización, dado que posibilita mejorar la eficiencia operativa, el uso de recursos, lo que a largo plazo reduce los costos operativos. Además, al elevar la calidad de productos o servicios, se incrementa la satisfacción del cliente y la fidelidad, lo que se traduce en mayores ingresos y ganancias. La innovación y la sostenibilidad mejoran la imagen de la empresa y atraen a clientes y socios comprometidos con la responsabilidad social. A pesar de la inversión inicial significativa como se ha evidenciado en las tablas 36 a 48 para los procesos de producción, la rentabilidad a largo plazo aumenta a medida que los beneficios se materializan como se lo ha demostrado en el análisis de productividad, en donde se denota una reducción de los reprocesos.

6. CONCLUSIONES

Aplicar herramientas Lean Manufacturing, y WISE para mejorar la productividad en la fabricación de puertas y ventanas en PVC fueron esenciales puesto que además de lograr un mejoramiento de la productividad se logró identificar procesos en donde se pueden dar seguimiento para eliminar aún más los desperdicios y fomentar la mejora continua, aumentar la eficiencia y calidad, y crear operaciones flexibles, reduciendo costos, algo importante en la empresa es el haber elevado la moral del personal y sobre todo el nivel de satisfacción del cliente reduciendo los tiempos de entrega de la obra en un promedio de 45 días, a cumplir con el tiempo establecido dentro del contrato que son 30 días.

Diagnosticar el proceso actual de fabricación de puertas y ventanas en PVC, se alcanzó mediante la determinación de las actividades críticas dentro del proceso productivo, en los que se pudo observar y destacar la falta de orden y limpieza en las áreas de trabajo, falta de señalética, desperdicios, sobrecarga de tareas y falta de herramientas adecuadas, ausencia de instructivos, entre otros, identificados como factores claves para el desarrollo de este trabajo. Se desarrolló una clasificación de los desperdicios hallados, en este punto se vio conveniente aplicar la metodología WISE como herramienta adicional a las herramientas Lean para el logro de los siguientes objetivos.

El segundo objetivo específico se logró mediante la elaboración previa de un plan de mejora basado en herramientas Lean Manufacturing, donde la correcta selección de herramientas bajo los criterios analizados de frecuencia de selección, impacto y dificultad de implementación, posibilitaron elegir las más adecuadas para su ejecución en la empresa, adicionalmente se aplicó la metodología WISE por su gran impacto como parte del plan de mejora, ayudando a mejorar los procesos en la planta de producción, generándose así grandes resultados en el nuevo índice de productividad.

El tercer objetivo específico fue implementar el plan de mejora, se logró lo propuesto que era disminuir los reprocesos de un 69.87% en el año 2022 a 4.45% en el año 2023, y aumentar la productividad en la planta de producción con la ayuda de las herramientas

Lean y la metodología Wise que tuvieron un impacto positivo en los procesos, como en el personal de la planta y de igual manera tuvieron la acogida esperada por parte de la directiva, donde se evidencio la reducción de reprocesos en los meses de implementación, así como los costos que formaron parte en la ejecución de las herramientas, también se incrementó la productividad de 78.39% en el año 2022 a 92.13% en el año 2023.

Finalmente, se recomienda realizar un análisis de causas para determinar la raíz del problema como herramienta de estudio en la organización. Además, se debería realizar un control estricto de control de calidad al momento que la lámina llega a planta y realizar estas observaciones al proveedor, ya que puede ser que la medida de la lámina varia o está llegando con daños debido al transporte.

REFERENCIAS

- Al Ayyubi, M. C., Mahmudah, H., Saleh, A., & Rizki Rachmadi, R. (2020). Implementation of Poka-Yoke System to Prevent Human Error in Material Preparation for Industry. *Proceedings - 2020 International Seminar on Intelligent Technology and Its Application: Humanification of Reliable Intelligent Systems, ISITIA 2020*, 273-278. <https://doi.org/10.1109/ISITIA49792.2020.9163707>
- Ali, R. M., & Deif, A. M. (2014). Dynamic Lean Assessment for Takt Time Implementation. *Procedia CIRP*, 17, 577-581. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2014.01.128>
- Amrina, U., & Zagloel, T. Y. M. (2019). The Harmonious Strategy of Lean and Green Production: 6th IEEE International Conference on Industrial Engineering and Applications, ICIEA 2019. *2019 IEEE 6th International Conference on Industrial Engineering and Applications, ICIEA 2019*, 187-192. <https://doi.org/10.1109/IEA.2019.8714768>
- Arteaga Sarmiento, W. J., Villamil Sandoval, D. C., & González, A. (2019). Caracterización de los procesos productivos de las pymes textiles de Cundinamarca. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 11(2), 60-77. <https://doi.org/10.22335/RLCT.V11I2.839>
- Atanacio, J., & Zea, G. (2022). *Aplicación de herramientas Lean Manufacturing para la mejora de la productividad en el área de almacén de la empresa LA CALERA 2021* [Tesis de Posgrado, Universidad César Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/98856/Atanacio_SJM-Zea_GGM%20-%20SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Atieh, A. M., Kaylani, H., Almuhtady, A., & Al-Tamimi, O. (2015). A value stream mapping and simulation hybrid approach: Application to glass industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 84(5), 1573-1586. <https://doi.org/10.1007/S00170-015-7805-8>
- Badillo Carrasco, K., & Cetre Nolivos, K. (2018). Uso de la metodología “Justo a tiempo” en las empresas de servicios. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, septiembre.
- Bellido, Y., La Rosa, A., Torres, C., Quispe, G., & Raymundo, C. (2018). Modelo de

Optimización de Desperdicios Basado en Lean Manufacturing para incrementar la productividad en Micro y Pequeñas Empresas del Rubro Textil. *Memorias de la Octava Conferencia Iberoamericana de Complejidad, Informática y Cibernética (CICIC 2018)*.

- Bello Parra, D., Murrieta Domínguez, F., & Cortes Herrera, C. A. (2020). Análisis de tiempos y movimientos en el proceso de producción de vapor de una empresa generadora de energías limpias. *Ciencia Administrativa*, 2, 1.
- Brioso, X., Murguía, D., & Urbina, A. (2017). Teaching Takt-Time, Flowline, and Point-to-point Precedence Relations: A Peruvian Case Study. *Procedia Engineering*, 196, 666-673. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2017.08.056>
- Chase, R., Jacobs, F., Aquilano, N., Matus, R., Benítez, M., & Muñoz, H. (2009). *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros*. México: McGraw-Hill.
- Che Ani, M., Kamaruddin, S., & Abdul Azid, I. (2018). Analysis of the effective production Kanban size with triggering system for achieving just-in-time (JIT) production. *Proceedings - 2018 4th International Conference on Control, Automation and Robotics, ICCAR 2018*, 316-320. <https://doi.org/10.1109/ICCAR.2018.8384692>
- Chouiraf, F., & Chafi, A. (2018a). Adaptation of the Value Stream Mapping (VSM) for the Moroccan Artisanal Enterprise. *Colloquium in Information Science and Technology, CIST, 2018-October*, 124-129. <https://doi.org/10.1109/CIST.2018.8596624>
- Chouiraf, F., & Chafi, A. (2018b). Lean manufacturing for handicraft production: A new production system to enhance productivity and competitiveness of craft enterprise. *2018 4th International Conference on Optimization and Applications (ICOA)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICOA.2018.8370562>
- Coetzee, R., Van Dyk, L., & Van der Merwe, K. R. (2019). Towards addressing respect for people during lean implementation. *International Journal of Lean Six Sigma*, 10(3), 830-854. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-07-2017-0081/FULL/XML>
- Dalton, J. (2019). Gemba Kaizen. *Great Big Agile: An OS for Agile Leaders*, 175-176. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-4206-3>
- De la Cruz Arcela, F. K., Martínez Castillo, J. S., Altamirano Flores, E., & Álvarez Merino, J. C. (2019). Application of Lean Manufacturing Tools to Reduce Downtime in a

- Small Metalworking Facility. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 551-555.
<https://doi.org/10.1109/IEEM44572.2019.8978711>
- De Oliveira, R. I., Oliveira Sousa, S., & Celso de Campos, F. (2019). Lean manufacturing implementation: Bibliometric analysis 2007–2018. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 101(1-4), 979-988.
<https://doi.org/10.1007/S00170-018-2965-Y/METRICS>
- De-La-Cruz-Arcela, F. K., Martinez-Castillo, J. S., Altamirano-Flores, E., & Alvarez-Merino, J. C. (2019). Application of Lean Manufacturing Tools to Reduce Downtime in a Small Metalworking Facility. *2019 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 551-555.
<https://doi.org/10.1109/IEEM44572.2019.8978711>
- Diaz Gamez, Z. V., Castillo Silva, K. N., & Vilcarino Zelada, E. N. (2020). Aplicación del Método Kaizen para incrementar la productividad en una empresa pesquera. *INGnosis Revista de Investigación Científica*, 6(2), 13-27.
<https://doi.org/10.18050/ingnosis.v6i2.2076>
- El Kihel, Y., Amrani, A., Ducq, Y., & Amegouz, D. (2019). Implementation of Lean through VSM modeling on the distribution chain: Automotive case. *International Colloquium on Logistics and Supply Chain Management, LOGISTIQUA 2019*.
<https://doi.org/10.1109/LOGISTIQUA.2019.8907282>
- Faisal, A. M. (2018). Predictive Simulation Modeling and Analytics of Value Stream Mapping for the Implementation of Lean Manufacturing: A Case Study of Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs). *Proceedings of the 2nd International Conference on Intelligent Computing and Control Systems, ICICCS 2018*, 582-585.
<https://doi.org/10.1109/ICCONS.2018.8663052>
- Feldmeth, M., & Müller, E. (2019). Influences Between Design Characteristics of Lean Manufacturing Systems and Implications for the Design Process. *Procedia Manufacturing*, 39, 556-564. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2020.01.418>
- Feng, Y., & Murata, K. (2020). Exploring Characteristic of Visual Management as Lean Toolbox in Construction Worksite of Apartment House. *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/3429789.3429802>
- Fernandes, J. P. R., Godina, R., & Matias, J. C. O. (2019). Evaluating the impact of 5S

- implementation on occupational safety in an automotive industrial unit. *Springer Proceedings in Mathematics and Statistics*, 281, 139-148. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14973-4_13/COVER
- Gómez Rojas, R. (2021). *Implantación de la metodología Lean con el modelo de acreditación catalán y su aplicación en el sector sanitario*. Tesis Doctoral, Universidad Central de Cataluña.
- Goshime, Y., Kitaw, D., & Jilcha, K. (2019). Lean manufacturing as a vehicle for improving productivity and customer satisfaction: A literature review on metals and engineering industries. *International Journal of Lean Six Sigma*, 10(2), 691-714. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-06-2017-0063/FULL/XML>
- Gutiérrez Pulido, H. (2010). *Calidad Total y Productividad*. T e McGraw-Hill.
- Hernandez Matias, J. C., Ocampo, J. R., Hidalgo, A., & Vizan, A. (2020). Lean manufacturing and operational performance: Interrelationships between human-related lean practices. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(2), 217-235. <https://doi.org/10.1108/JMTM-04-2019-0140/FULL/XML>
- Hinojosa, C., & Cabrera, R. (2022). Impacto del Lean Manufacturing en la Productividad de las Microempresas de Guayaquil. *E-IDEA Journal of Engineering Science*, 4(9), 1/13. <https://doi.org/doi.org/10.53734/esci.vol4.id223>
- ISO 9000. (2015). *Sistemas de Gestión de la Calidad—Fundamentos y Vocabulario (Issue 571)*. Instituto de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).
- Jaiswal, P., Singh, A., Misra, S. C., & Kumar, A. (2021). Barriers in implementing lean manufacturing in Indian SMEs: A multi-criteria decision-making approach. *Journal of Modelling in Management*, 16(1), 339-356. <https://doi.org/10.1108/JM2-12-2019-0276/FULL/XML>
- Jewalikar, A. D., & Shelke, A. (2017). Lean Integrated Management Systems in MSME Reasons, Advantages and Barriers on Implementation. *Materials Today: Proceedings*, 4(2), 1037-1044. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2017.01.117>
- Juez, J. (2020). *Productividad extrema. Como ser más eficiente, producir más y mejor*.
- Kholopane, P., & Sobiyi, K. (2018). In lean manufacturing, if the customer is a king, then the frontline worker is a «knight»: A case study. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2017-Decem*, 603-607.

- <https://doi.org/10.1109/IEEM.2017.8289962>
- Lazarevic, M., Mandic, J., Sremcevic, N., Vukelic, D., & Debevec, M. (2019). A Systematic Literature Review of Poka-Yoke and Novel Approach to Theoretical Aspects. *Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering*. <https://doi.org/10.5545/sv-jme.2019.6056>
- Li, C. H., & Lau, H. K. (2018). Application of lean manufacturing in product safety. *ISPCE-CN 2018 - IEEE International Symposium on Product Compliance Engineering - Asia*. <https://doi.org/10.1109/ISPCE-CN.2018.8805764>
- Liu, Q., & Yang, H. (2017). Lean implementation through value stream mapping: A case study of a footwear manufacturer. *Proceedings of the 29th Chinese Control and Decision Conference, CCDC 2017*, 3390-3395. <https://doi.org/10.1109/CCDC.2017.7979092>
- Lluglla Tubón, S. R. (2021). *Manufactura esbelta para la optimización de la productividad en la línea de ensamble de puertas de refrigeración* [masterThesis, Tesis de Posgrado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/33295>
- López García, M., Cabrera Reynoso, S., & Corral Ramírez, C. (2020). La manufactura esbelta como herramienta de gestión en la industria de componentes plásticos. *Global Conference on Business and Finance Proceedings*, 15(2).
- Lotero Villada, A. M. (2014). *Implementacion de la metodología WISE, en algunas unidades productivas asociadas a los Cedezos de la ciudad de Medellín* [Tesis de Posgrado, Universidad Pontificia Bolivariana]. <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/2295/Implementacion%20de%20la%20metodolog%C3%ADa%20WISE%2C%20en%20algunas%20unidades%20productivas%20asociadas%20a%20los%20CEDEZO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ma, Y., Zhou, H., He, H., Jiao, G., & Wei, S. (2019). A Digital Twin-Based Approach for Quality Control and Optimization of Complex Product Assembly. *Proceedings - International Conference on Artificial Intelligence and Advanced Manufacturing, AIAM 2019*, 762-767. <https://doi.org/10.1109/AIAM48774.2019.00157>
- Marulanda, G., & González Gaitán, H. (2018). Objetivos y decisiones estratégicas operacionales como apoyo al Lean Manufacturing. *Dimensión Empresarial*,

- 16(1). <https://doi.org/10.15665/dem.v16i1.1233>
- Maware, C., & Adetunji, O. (2019). Lean manufacturing implementation in Zimbabwean industries: Impact on operational performance. *International Journal of Engineering Business Management*, 11, 1847979019859790. <https://doi.org/10.1177/1847979019859790>
- Maware, C., Okwu, M. O., & Adetunji, O. (2022). A systematic literature review of lean manufacturing implementation in manufacturing-based sectors of the developing and developed countries. *International Journal of Lean Six Sigma*, 13(3), 521-556. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-12-2020-0223/FULL/XML>
- Mayorga Abril, C., Mantilla, L., Ruiz Guajala, M., & Moyolema Moyolema, M. (2015). Procesos de producción y productividad en la industria de calzado ecuatoriana: Caso empresa Mabeliz. *Revista ECA Sinergia*, 7(6), 88.
- Medina Arboleda, E. (2020). *Diagnóstico y propuesta de mejoramiento de los procesos de producción para la micro empresa de la industria de productos plásticos Caso: Plastelec*. Tesis de Posgrado, Universidad Andina Simón Bolívar.
- Medina, E. (2022). Gestión por proceso basado en el método Kaizen para la toma de decisiones a nivel gerencial en las instituciones. *Revista Científica GERENS*, 10, 1-23.
- Muñoz Guevara, J. A., Zapata Urquijo, C. A., & Medina Varela, P. D. (2022). Lean Manufacturing: Modelos y herramientas. En *Colección de Textos Académicos Facultad Ciencias Empresariales*. Editorial Universidad Tecnológica de Pereira Pereira, Colombia. <https://doi.org/10.22517/9789587226362>
- Murillo Miranda, R. (2021). *Método Kaizen para optimizar la calidad del servicio postventa en una cadena de bienes durables, ciudad de Piura 2020*. Tesis de Posgrado, Universidad César Vallejo.
- Nurheman, K. A., & Octavia, T. (2019). Creating Value Stream Mapping for Process Improvement on Human Resource Function: An Industrial Case Study. *TIMES-ICON 2018 - 3rd Technology Innovation Management and Engineering Science International Conference*. <https://doi.org/10.1109/TIMES-ICON.2018.8621673>
- Pagliosa, M., Tortorella, G., & Espindola Ferreira, J. C. (2021). Industry 4.0 and Lean Manufacturing: A systematic literature review and future research directions. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32(3), 543-569.

- <https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2018-0446/FULL/XML>
- Palange, A., & Dhattrak, P. (2021). Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing. *Materials Today: Proceedings*, 46, 729-736. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2020.12.193>
- Perera, H. A. D. (2016). Productivity improvement through lean tools in a Sri Lankan small and medium enterprise: A case study. *2016 Manufacturing & Industrial Engineering Symposium (MIES)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/MIES.2016.7779988>
- Polancich, S., Clinics, B. P.-N., & 2019, U. (2019). The application of the Toyota Production System LEAN 5S methodology in the operating room setting. *Nursing the Clinics*, 54(1), 53-79. <https://doi.org/10.1016/j.cnur.2018.10.008>
- Punna Rao, G. V., Nallusamy, S., Chakraborty, P. S., & Muralikrishna, S. (2020). Study on Productivity Improvement in Medium Scale Manufacturing Industry by Execution of Lean Tools. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 48(1), 193-207. <https://doi.org/10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/JERA.48.193>
- Qi, Y., Mao, Z., Zhang, M., & Guo, H. (2020). Manufacturing practices and servitization: The role of mass customization and product innovation capabilities. *International Journal of Production Economics*, 228(February), 107747. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107747>
- Readman, J., & Bessant, J. (2007). What challenges lie ahead for improvement programmes in the UK? Lessons from the CINet Continuous Improvement Survey 2003. *International Journal of Technology Management*, 37(3-4), 290-305. <https://doi.org/10.1504/IJTM.2007.012264>
- Ribeiro, P., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., Pereira, M. T., & Santos, G. (2019). The impact of the application of lean tools for improvement of process in a plastic company: A case study. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 765-775. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.104>
- Rodríguez Fernández, Y., Abreu Ledón, R., & Franz, M. (2019). Mapeo del Flujo de Valor para el análisis de sostenibilidad en cadenas de suministro agro-alimentarias. *Ingeniería Industrial*, 40(3).
- Schonberger, R. J. (2019). The disintegration of lean manufacturing and lean management. *Business Horizons*, 62(3), 359-371.

- <https://doi.org/10.1016/J.BUSHOR.2019.01.004>
- Schumacher, S., Bildstein, A., & Bauernhansl, T. (2020). The Impact of the Digital Transformation on Lean Production Systems. *Procedia CIRP*, 93, 783-788. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2020.03.066>
- Singh, S., Dixit, S., Sahai, S., Sao, A., Kalonia, Y., & Subramanya Kumar, R. (2018). Key benefits of adopting lean manufacturing principles in Indian construction industry. *MATEC Web of Conferences*, 172. <https://doi.org/10.1051/MATECCONF/201817205002>
- Sivaraman, P., Nithyanandhan, T., Lakshminarasimhan, S., Manikandan, S., & Saifudheen, M. (2020). Productivity enhancement in engine assembly using lean tools and techniques. *Materials Today: Proceedings*, 33, 201-207. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2020.04.010>
- Sócola López, A. H., Medina Marchena, A., & Olaya Guerrero, L. M. (2020). Las 5S, herramienta innovadora para mejorar la productividad. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(3), 41-47.
- Suárez Barraza, M. F. (2020). Implementación del “Kaizen-Innovación de Procesos-Jidoka” para hacer frente al COVID-19: Un caso de estudio en un hospital público. *Ingeniería Industrial*, 039, 75-96. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2020.n039.4916>
- Tapia Coronado, J., Escobedo Portillo, T., Barrón López, E., Martínez Moreno, G., & Estebané Ortega, V. (2017). Marco de Referencia de la Aplicación de Manufactura Esbelta en la Industria. *Ciencia & trabajo*, 19(60), 171-178. <https://doi.org/10.4067/S0718-24492017000300171>
- Tavera Rosas, H. A. (2019). *Lean manufacturing para mejorar la productividad en el área de Packing del almacén Monsefú de Unión Ychicawa S.A. Cercado de Lima, 2019*. Tesis de Posgrado, Universidad César Vallejo.
- Tong, X., Sun, L., & Guan, T. (2017). Discussion on the optimization of assembly process for urban rail vehicle based on the lean intelligent manufacturing model. *2017 Chinese Automation Congress (CAC)*, 1081-1084. <https://doi.org/10.1109/CAC.2017.8242926>
- Vargas Crisóstomo, E. (2022). *Aplicación del Lean Manufacturing para la mejora de la productividad en el proceso de producción de adhesivos acuosos en una empresa*

manufacturera [Tesis de Posgrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
http://38.43.142.130/bitstream/handle/20.500.12672/18170/Vargas_ce.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Vargas Hernández, J., Muratalla Bautistia, G., & Jiménez Castillo, M. (2016). Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción? *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, 5(17), 153-174.

Venkat Jayanth, B., Prathap, P., Sivaraman, P., Yogesh, S., & Madhu, S. (2020). Implementation of lean manufacturing in electronics industry. *Materials Today: Proceedings*, 33, 23-28. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2020.02.718>

ANEXOS

Anexo 1

Formato de revisión de puestos de trabajo

FECHA:						
RESPONSABLE DEL ÁREA:						
CRITERIO DE EVALUACIÓN	PROCESOS					
0: No ejecutado 1: Ejecutado en escasa parte del área 2: Ejecutado en alguna parte del área 3: Ejecutado en la mayor parte del área, necesita mejorar. 4: Casi mejores prácticas 5: Mejor práctica	Corte de perfil crudo	Foliado de perfiles	Corte de hierro	Colocación de accesorios	Corte de vidrio	Encristalado
SEIRI (Separar innecesarios)						
Los equipos y materiales ¿están operativos y en buen estado?						
Las mesas de operación, estantes, máquinas y equipos ¿están exentos de elementos ajenos al proceso o de otra área?						
PUNTAJE (MAX) 20 PUNTOS						

FECHA:						
RESPONSABLE DEL ÁREA:						
CRITERIO DE EVALUACIÓN	PROCESOS					
0: No ejecutado 1: Ejecutado en escasa parte del área 2: Ejecutado en alguna parte del área 3: Ejecutado en la mayor parte del área, necesita mejorar. 4: Casi mejores prácticas 5: Mejor práctica	Corte de perfil crudo	Foliado de perfiles	Corte de hierro	Colocación de accesorios	Corte de vidrio	Encristalado
SEITON (Ordenar necesarios)						
¿Trabajos incompletos o por terminar se encuentran separados y claramente identificados?						
¿Las superficies de trabajo, stocks y equipos se encuentran claramente organizados?						
¿Es concreto el lugar de los aparatos, hay sectorizaciones? ¿Son notorios los pasos peatonales?						

¿Están organizados los materiales e información metodológica? ¿Están correctamente organizados los elementos de limpieza?						
PUNTAJE (MAX) 20 PUNTOS						

FECHA:						
RESPONSABLE DEL ÁREA:						
CRITERIO DE EVALUACIÓN	PROCESOS					
0: No ejecutado 1: Ejecutado en escasa parte del área 2: Ejecutado en alguna parte del área 3: Ejecutado en la mayor parte del área, necesita mejorar. 4: Casi mejores prácticas 5: Mejor práctica	Corte de perfil crudo	Foliado de perfiles	Corte de hierro	Colocación de accesorios	Corte de vidrio	Encristalado
SEISO (Limpieza)						
¿Están aseados los estantes, materiales, mesas de operación, aparatos y dispositivos?						
¿En qué nivel de limpieza se encuentran los sitios habituales? ¿Se cuenta con dispositivos para depositar los desechos, están ubicados de forma adecuada?						
¿Las paredes, ventanas, puertas y pisos están limpios y en buen estado?						
¿Existe una rutina de limpieza?						
PUNTAJE (MAX) 20 PUNTOS						

FECHA:						
RESPONSABLE DEL ÁREA:						
CRITERIO DE EVALUACIÓN	PROCESOS					
0: No ejecutado 1: Ejecutado en escasa parte del área 2: Ejecutado en alguna parte del área 3: Ejecutado en la mayor parte del área, necesita mejorar. 4: Casi mejores prácticas 5: Mejor práctica	Corte de perfil crudo	Foliado de perfiles	Corte de hierro	Colocación de accesorios	Corte de vidrio	Encristalado
SEIKETSU (Estandarización)						
¿Se cumple con las 3 S anteriores? ¿Se tiene un tablero de planeación de 5S? ¿Se le da seguimiento?						
¿Existen técnicas o modelos para sostener un espacio de trabajo organizado y limpio? ¿Están designados						

los encargados de conservar y mejorar la limpieza y el orden del área?						
¿Las acciones de mejora están formalizadas y comunicadas?						
¿Se utiliza el control visual como herramienta?						
PUNTAJE (MAX) 20 PUNTOS						

FECHA:						
RESPONSABLE DEL ÁREA:						
CRITERIO DE EVALUACIÓN	PROCESOS					
0: No ejecutado 1: Ejecutado en escasa parte del área 2: Ejecutado en alguna parte del área 3: Ejecutado en la mayor parte del área, necesita mejorar. 4: Casi mejores prácticas 5: Mejor práctica	Corte de perfil crudo	Foliado de perfiles	Corte de hierro	Colocación de accesorios	Corte de vidrio	Encristalado
SHITSUKE (Disciplina)						
¿Los colaboradores están capacitados en 5S y cumplen las reglas y requerimientos de la planta? ¿Utilizan los EPP adecuados?						
¿Se conforman grupos de trabajo para implementar mejoras? ¿Los colaboradores conservan su área sin la exigencia de un supervisor? ¿Los documentos del área están actualizados?						
¿Qué percepción tiene la dirección sobre las áreas de trabajo?						
¿Se realiza la programación de la implementación de 5S? ¿Los indicadores son beneficiosos en el tiempo?						
PUNTAJE (MAX) 20 PUNTOS						

Anexo 2

Capacitación empleados línea de producción empresa Termovent.



Imagen de socialización y explicación de las herramientas Lean.







Anexo 3

Productos EMPRESA TERMOVENT.





Anexo 4

Puntaje antes de la implementación de la metodología 5s.

CRITERIO DE EVALUACIÓN	PROCESOS					
	Corte de perfil crudo	Foliado de perfiles	Corte de hierro	Colocación de accesorios	Corte de vidrio	Encristalado
0: No ejecutado 1: Ejecutado en escasa parte del área 2: Ejecutado en alguna parte del área 3: Ejecutado en la mayor parte del área, necesita mejorar. 4: Casi mejores prácticas 5: Mejor práctica						
SHITSUKE (Disciplina)						
¿Los colaboradores están capacitados en 5S y cumplen las reglas y requerimientos de la planta? ¿Utilizan los EPP adecuados?	1	1	2	2	1	2
¿Se conforman grupos de trabajo para implementar mejoras? ¿Los colaboradores conservan su área sin la exigencia de un supervisor? ¿Los documentos del área están actualizados?	4	3	3	3	1	2
¿Qué percepción tiene la dirección sobre las áreas de trabajo?	4	3	2	4	2	3
¿Se realiza la programación de la implementación de 5S? ¿Los indicadores son beneficiosos en el tiempo?	3	2	1	2	3	3
PUNTAJE (MAX) 20 PUNTOS	12/20	9/20	8/20	11/20	7/20	10/20

Anexo 5

Puntaje después de la implementación de la metodología 5s.

FECHA: 20-12-23		RESPONSABLE DEL ÁREA: Ing. Luis Challeguillos					
CRITERIO DE EVALUACIÓN	PROCESOS						
	Corte de perfil crudo	Foliado de perfiles	Corte de hierro	Colocación de accesorios	Corte de vidrio	Encristalado	
0: No ejecutado 1: Ejecutado en escasa parte del área 2: Ejecutado en alguna parte del área 3: Ejecutado en la mayor parte del área, necesita mejorar. 4: Casi mejores prácticas 5: Mejor práctica							
SHITSUKE (Disciplina)							
¿Los colaboradores están capacitados en 5S y cumplen las reglas y requerimientos de la planta? ¿Utilizan los EPP adecuados?	5	4	4	5	4	5	
¿Se conforman grupos de trabajo para implementar mejoras? ¿Los colaboradores conservan su área sin la exigencia de un supervisor? ¿Los documentos del área están actualizados?	4	4	3	3	3	5	
¿Qué percepción tiene la dirección sobre las áreas de trabajo?	5	4	4	4	4	4	
¿Se realiza la programación de la implementación de 5S? ¿Los indicadores son beneficiosos en el tiempo?	4	4	4	3	5	5	
PUNTAJE (MAX) 20 PUNTOS	18/20	16/20	15/20	15/20	17/20	19/20	