

# Universidad Católica de Santa María

## Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

### Escuela Profesional de Ingeniería Industrial



## MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TUBERÍAS DE PVC, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN MANUFACTURING EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA, AREQUIPA 2020

Tesis presentada por el  
bachiller:

**Velarde Luna Carla  
Stefhany**

Para obtener el Título  
Profesional de:

Ingeniero Industrial

Asesor:

**Mg. Rodríguez Salazar  
Oswaldo**

**Arequipa – Perú  
2023**

UCSM-ERP

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

**INGENIERIA INDUSTRIAL**

**TITULACIÓN CON TESIS**

**DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR**

Arequipa, 29 de Noviembre del 2022

**Dictamen: 008748-C-EPII-2022**

Visto el borrador del expediente 008748, presentado por:

**2010224302 - VELARDE LUNA CARLA STEFHANY**

Titulado:

**MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TUBERÍAS DE PVC,  
MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN MANUFACTURING EN UNA EMPRESA  
MANUFACTURERA, AREQUIPA 2020.**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO**

**1842 - PACHECO OVIEDO ABRAHAM ARTURO  
DICTAMINADOR**



**1987 - VALDIVIA PORTUGAL CESAR  
DICTAMINADOR**



**2504 - RIVERA CHAVEZ MARIA EUGENIA  
DICTAMINADOR**



### ***Dedicatoria***

*Le dedico el resultado de este trabajo a toda mi familia. Principalmente, a mis padres que me apoyaron y contuvieron en los momentos malos y en los menos malos. Gracias por enseñarme a afrontar las dificultades con valentía y perseverancia. Me han enseñado a ser la persona que soy hoy, mis principios, mis valores, mi perseverancia y mi empeño. Todo esto con una enorme dosis de amor y sin pedir nada a cambio.*

*También quiero dedicarle este trabajo a aquellos líderes con los que compartí en mi centro laboral y siempre me enseñaron con paciencia todo aquello que solo se aprende con experiencia y exigencia; en especial a Joselito Timana, Jorge Chavez y James Ocampo que confiaron en mi capacidad y desempeño para lograr mis objetivos trazados.*

**CARLA STEFHANY VELARDE LUNA**

***Agradecimiento.***

*El principal agradecimiento es hacía Dios, por las pruebas que puso en mi camino me hizo una persona fuerte, luchadora y con deseos de superación.*

*A mi madre que me formo con buenos valores, sentimientos y hábitos, ella fue mi apoyo incondicional en las situaciones difíciles que nos tocó vivir, fue mi empuje para terminar mis proyectos de vida y mi mayor motivación para lograr mis metas.*

*A mi padre que desde el cielo me protege y me guía y aunque no esté presente en estos momentos sé que se siente orgulloso de mi, con el aprendí a ver la vida de una forma diferente y a sacar el coraje que se necesita para afrontar las dificultades de la vida cotidiana.*

*A toda mi familia y amigos que estuvieron a mi lado en los buenos y malos momentos, fueron un gran apoyo.*

**CARLA STEFHANY VELARDE LUNA**

## RESUMEN

El estudio que lleva por nombre, mejora de la productividad de la línea de producción de tuberías de PVC, mediante la aplicación de la filosofía Lean Manufacturing en una empresa manufacturera, Arequipa 2020, donde se ha identificado la problemática en la planta de producción como la falta de automatización en el proceso de acampanado, el desorden y poca disciplina de limpieza, los inventarios en proceso después del proceso de acampanado y el producto que va a ingresar al almacén de producto terminado, demoras en el cambio de formato de extrusión lo que conlleva a una baja productividad, debido a ello el estudio se ha planteado como objetivo principal mejorar la productividad en la planta de extrusión mediante la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing.

Para poder dar solución a la problemática identificada se ha planteado las herramientas de Lean Manufacturing como el VSM, las 9S's, Poka yoke, el SMED y por último el Kaizen, mejorando el Lead Time del proceso productivo y por ende la productividad, incrementados de 107,57 kg/h.h. a 139,38 kg/h.h. presentando un incremento de 29,57% mejorando el tiempo de producción y reduciendo los recursos de mano de obra, también se realiza la evaluación económica con indicadores positivos con un VAN de 1.588.777,94 soles y un B/C de 1,68.

**Palabras claves:** Productividad, Lean Manufacturing, Mejora continua, extrusión

## ABSTRACT

The study that bears the name, improvement of the productivity of the PVC pipe production line, through the application of the Lean Manufacturing philosophy in a manufacturing company, Arequipa 2020, where the problem in the production plant has been identified as the lack of automation of manual belling machine, disorder and little cleaning discipline, inventories in process after the belling process and the product that is going to enter the finished product warehouse, delays in changing the extrusion format which leads to low productivity, due to this the study has set itself the main objective of improving productivity in the extrusion plant through the application of Lean Manufacturing tools.

In order to solve the identified problem, Lean Manufacturing tools have been proposed, such as VSM, 9S's, Poka yoke, SMED and finally Kaizen, improving the Lead Time of the production process and therefore productivity, increased. of 107.57 kg/h.h. at 139.38 kg/h.h. presenting an increase of 29.57%, improving production time and reducing labor resources, the economic evaluation is also carried out with positive indicators with a NPV of 1,588,777.94 soles and a B/C of 1.68

Keywords: Productivity, Lean Manufacturing, Continuous improvement, extrusion

## ÍNDICE

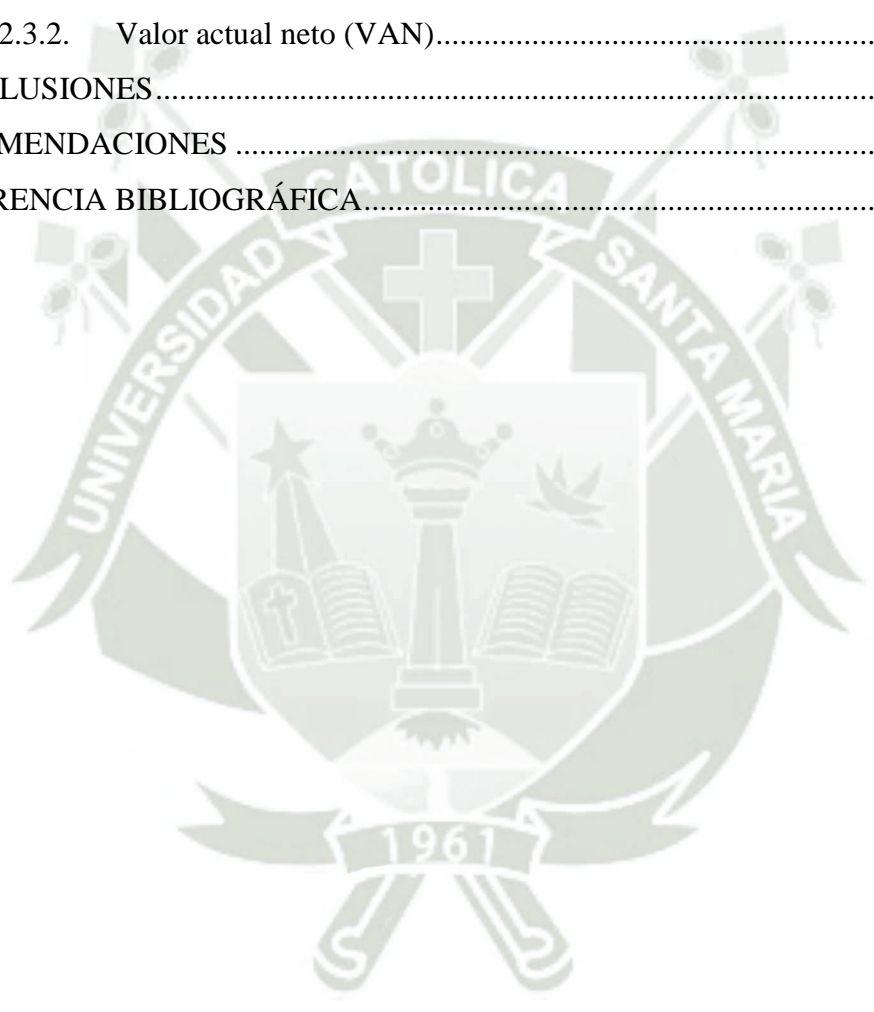
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento. ....	iii
RESUMEN .....	iv
ABSTRACT .....	v
ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xv
INTRODUCCIÓN.....	16
CAPITULO I:.....	17
1. GENERALIDADES.....	17
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
1.1.1. Planteamiento del problema.....	17
1.1.2. Descripción del problema.....	17
1.1.2.1. Tipo de investigación.....	18
1.1.3. Campo, área y línea.....	18
1.1.4. Interrogantes básicas .....	19
1.2. OBJETIVOS.....	19
1.2.1. Objetivo general .....	19
1.2.2. Objetivos específicos.....	19
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	19
1.3.1. Justificación operativa.....	20
1.3.2. Justificación económica .....	20
1.3.3. Justificación social .....	20
1.4. VARIABLES E INDICADORES .....	21
1.5. HIPÓTESIS .....	22
1.6. ALCANCES .....	22
1.7. PLANTEAMIENTO OPERACIONAL .....	23
1.7.1. Técnicas e instrumentos de investigación .....	23
1.7.2.1. Técnicas .....	23
1.7.2.2. Instrumentos.....	23
1.7.2. Campo de verificación .....	23

1.7.3.	Contacto con la zona de estudio .....	24
1.7.4.	Toma de datos .....	24
1.7.5.	Análisis y procesamiento de datos .....	24
1.8.	COBERTURA DEL ESTUDIO .....	24
1.8.1.	Ubicación espacial.....	24
1.8.2.	Ubicación temporal .....	24
CAPITULO II:.....		25
2.	MARCO TEÓRICO .....	25
2.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	25
2.2.	CONCEPTOS BÁSICOS .....	27
2.3.	LEAN MANUFACTURING .....	36
2.3.1.	Definición.....	36
2.3.2.	Value Stream Mapping (VSM) .....	36
2.3.3.	Filosofía de las 9's.....	37
2.3.4.	La técnica SMED (single minute Exchange of die).....	39
2.3.5.	Poka yoke .....	39
2.4.	PRODUCTIVIDAD .....	40
CAPITULO III: .....		41
3.	DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....	41
3.1.	COBERTURA Y LOCALIZACIÓN .....	41
3.2.	ANTECEDENTES Y CONDICIONES ACTUALES .....	41
3.3.	SECTOR Y ACTIVIDAD ECONÓMICA .....	42
3.4.	CULTURA ORGANIZACIONAL .....	42
3.4.1.	Misión.....	42
3.4.2.	Visión .....	43
3.4.3.	Valores empresariales .....	43
3.5.	ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL .....	43
3.6.	PRINCIPALES PRODUCTOS Y SERVICIOS. ....	45
3.6.1.	Soluciones para edificaciones .....	45
3.6.2.	Soluciones para infraestructura .....	50
3.6.3.	Soluciones para agro y riego .....	52
3.6.4.	Soluciones para minería .....	53
3.6.5.	Soluciones para industria .....	55
3.7.	PROCESO DE PRODUCCIÓN .....	56

3.7.1. Diagrama de operaciones de proceso (DOP) .....	64
3.8. DISTRIBUCIÓN DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN .....	65
CAPITULO IV: .....	67
4. ANÁLISIS SITUACIONAL .....	67
4.1. MAPA DE PROCESOS .....	67
4.2. ANÁLISIS DEL PROCESO PRODUCTIVO .....	70
4.3. ANÁLISIS AMOFHIT .....	75
4.4. ANÁLISIS DE LAS 6M'S .....	78
4.5. ANÁLISIS DE ISHIKAWA .....	80
4.6. ANÁLISIS DE PARETO .....	82
CAPITULO V: .....	85
5. PROPUESTA DE MEJORA .....	85
5.1. METODOLOGÍA DE LEVANTAMIENTO DE DATOS .....	85
5.1.1. Determinación de datos .....	85
5.1.2. Metodología de recolección de datos .....	86
5.2. PROPUESTA HERRAMIENTAS A UTILIZAR.....	88
5.3. APLICACIÓN DEL VALUE STREAM MAPPING DE LA PLANTA DE EXTRUSIÓN (VSM) .....	89
5.3.1. Selección de una tubería.....	89
5.3.2. VSM del proceso de producción de tubería de alcantarillado.....	90
5.4. APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA POKA YOKE EN LA ZONA DE PRODUCTO TERMINADO.....	93
5.4.1. Objetivo.....	93
5.4.2. Alcance.....	93
5.4.3. Método actual.....	93
5.4.4. Método propuesto.....	98
5.4.5. Interpretación .....	103
5.5. IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTA 9S's.....	104
5.5.1. Objetivo.....	104
5.5.2. Alcance.....	104
5.5.3. Roles y responsabilidades .....	104
5.5.4. Fase de preparación.....	106
5.5.5. Secuencia de la implementación de las 9S's.....	109
5.5.5.1. SEIRI: Separar (Mantener lo necesario).....	109

5.5.5.2.	SEITON: Organización .....	116
5.5.5.3.	SEISO: Limpieza (Mantenga todo limpio).....	119
5.5.5.4.	SEIKETSU: Bienestar personal.....	121
5.5.5.5.	SHITSUKE: Disciplina .....	123
5.5.5.6.	SHIKARI: Constancia .....	124
5.5.5.7.	SHITSUKOKU: Compromiso.....	125
5.5.5.8.	SEISHOO: Coordinación .....	125
5.5.5.9.	SEIDO: Estandarización (Siga los procedimientos).....	126
5.5.5.10.	Fase de evaluación.....	126
5.6.	APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA KAIZEN EN EL PROCESO DE ACAMPANADO .....	127
5.6.1.	Objetivo.....	127
5.6.2.	Alcance.....	127
5.6.3.	Método actual.....	127
5.6.4.	Método propuesto.....	130
5.7.	APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA SMED EN EL PROCESO DE EXTRUSIÓN .....	133
5.7.1.	Objetivo.....	133
5.7.2.	Alcance.....	133
5.7.3.	Método actual.....	133
5.7.4.	Método propuesto.....	136
5.8.	APLICACIÓN DEL VALUE STREAM MAPPING PROPUESTO PARA LA PLANTA DE EXTRUSIÓN (VSM).....	138
CAPÍTULO VI: .....		142
6.	EVALUACIÓN DEL ESTUDIO .....	142
6.1.	EVALUACIÓN TÉCNICA.....	142
6.1.1.	Análisis de la productividad.....	143
6.2.	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	144
6.2.1.	Costos e ingresos .....	144
6.2.1.1.	Costos directos .....	144
6.2.1.2.	Costos indirectos.....	146
6.2.1.3.	Costos administrativos .....	147
6.2.1.4.	Costos comerciales .....	148
6.2.1.5.	Ingresos .....	148

6.2.2. Inversión.....	149
6.2.2.1. Activo intangible.....	149
6.2.2.2. Activo tangible.....	150
6.2.2.3. Capital de trabajo .....	150
6.2.2.4. Inversión total de la propuesta .....	151
6.2.3. Indicadores económicos .....	151
6.2.3.1. Flujo de Caja.....	151
6.2.3.2. Valor actual neto (VAN).....	153
CONCLUSIONES.....	154
RECOMENDACIONES .....	155
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	156



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01	Variables e indicadores.....	22
Tabla 02	Presiones nominales de tubería PVC-U.....	30
Tabla 03	Parámetros de desclasificación para temperaturas de trabajo por encima de 25 °C.....	31
Tabla 04	Causas para la baja productividad .....	82
Tabla 05	Distribución de la Tubería de acuerdo a sus características .....	87
Tabla 06	Herramientas de Lean Manufacturing que se aplican a la línea de extrusión	89
Tabla 07	Resumen de los datos para la fabricación de tubería de alcantarillado .....	91
Tabla 08	Comparativo del método actual vs propuesto de la entrega de producto terminado .....	103
Tabla 09	Inventario de elementos innecesarios o mal ubicados.....	111
Tabla 10	Lista de materiales clasificados para eliminar .....	113
Tabla 11	Comparación del VSM actual vs VSM propuesto.....	141
Tabla 12	Producción de la planta de extrusión del periodo 2021 .....	142
Tabla 13	Comparación de los indicadores de productividad de la planta de extrusión	143
Tabla 14	Valorización de la mano de obra directa .....	145
Tabla 15	Valorización de materiales directos.....	145
Tabla 16	Costo directo total.....	146
Tabla 17	Costos de materiales indirectos .....	146
Tabla 18	Resumen de gastos indirectos .....	147
Tabla 19	Resumen de costos indirectos totales .....	147
Tabla 20	Costos administrativos.....	148
Tabla 21	Proyección de los ingresos.....	149
Tabla 22	Activo intangible .....	149
Tabla 23	Activo tangible.....	150
Tabla 24	Capital de trabajo.....	150
Tabla 25	Inversión total .....	151
Tabla 26	Flujo de caja.....	152
Tabla 27	Resumen de indicadores .....	153

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01	Representación de una extrusora de husillo sencillo .....	27
Figura 02	Tornillo de una extrusora .....	28
Figura 03	Sistema cilindro de calefacción- tornillos .....	29
Figura 04	Resina Shintech.....	33
Figura 05	Carbonato TIO .....	34
Figura 06	Baeropan .....	34
Figura 07	Dióxido de titanio.....	35
Figura 08	Pigmento y colorante .....	35
Figura 09	Estructura organizacional de la Empresa Manufacturera.....	44
Figura 10	Materiales para las instalaciones sanitarias .....	45
Figura 11	Tuberías y conexiones corzan.....	46
Figura 12	Codos de tubería CPVC .....	46
Figura 13	Accesorios para sistema eléctrico .....	47
Figura 14	Canaleta de techo .....	47
Figura 15	Canaletas pluviales .....	48
Figura 16	Línea Blaze.....	48
Figura 17	Llave Griferi .....	49
Figura 18	Válvulas .....	49
Figura 19	Tubería de alcantarillado.....	50
Figura 20	Empalmes domiciliarios.....	51
Figura 21	Conexiones inyectados de PVC .....	51
Figura 22	Tuberías Drenaloc .....	52
Figura 23	Tuberías PVC-UF .....	52
Figura 24	Válvula de bola doble universal.....	53
Figura 25	Conexiones para electro fusión.....	54
Figura 26	Sistema de tuberías HDPE .....	54
Figura 27	Sistema de tuberías.....	55
Figura 28	Conexiones corzan .....	56
Figura 29	Almacenamiento de materias primas.....	57
Figura 30	Mezclado de materia prima .....	58
Figura 31	Proceso de extrusión.....	59
Figura 32	Proceso de enfriamiento.....	60

Figura 33	Proceso de codificación .....	61
Figura 34	Proceso de traslación y corte .....	62
Figura 35	Acampanado de tubería .....	63
Figura 36	Proceso de acampanado manual .....	63
Figura 37	Diagrama operaciones del proceso de extrusión (DOP) .....	64
Figura 38	Distribución de la planta extrusora.....	66
Figura 39	Mapa de procesos de la Empresa manufacturera .....	69
Figura 40	Ishikawa de la empresa Manufacturera .....	81
Figura 41	Diagrama de Pareto para la problemática de la planta de extrusión.....	83
Figura 42	Distribución de la producción de tuberías del periodo 2021 .....	86
Figura 43	Distribución de los productos de tuberías para alcantarillado .....	87
Figura 44	Tubería ALC UF 160 mm S25 x 6m .....	88
Figura 45	Value Stream Mapping actual del proceso de extrusión (VSM) .....	91
Figura 46	Carreta con tuberías.....	94
Figura 47	Balanza para el pesado de tuberías.....	95
Figura 48	Formato del ingreso de producción .....	95
Figura 49	Tubería almacenada.....	96
Figura 50	Diagrama de análisis de proceso actual de la entrega de producto terminado al almacén .....	97
Figura 51	Tarjeta de control roja.....	99
Figura 52	Tarjeta de control amarilla .....	100
Figura 53	Tarjeta de control verde .....	100
Figura 54	DAP propuesto para la entrega de producto terminado al almacén .....	102
Figura 55	Zona de almacén de materia prima .....	106
Figura 56	Almacenes sin identificación.....	107
Figura 57	Almacenes desordenados .....	108
Figura 58	Desorden de materia prima .....	108
Figura 59	Identificación de equipos en almacén.....	110
Figura 60	Materiales para dar de baja.....	114
Figura 61	Registro de tarjeta roja.....	115
Figura 62	Clasificación de los materiales .....	116
Figura 63	Organización de herramientas .....	117
Figura 64	Distribución del almacén de producto terminado .....	118
Figura 65	Gestión visual de almacenes.....	118

Figura 66	Productos terminados organizados.....	119
Figura 67	Zona de residuos .....	120
Figura 68	Incentivos de charla de concientización .....	122
Figura 69	Premiación al trabajador del mes.....	122
Figura 70	Salud ocupacional .....	123
Figura 71	Inspección diaria .....	124
Figura 72	SHIKARI: Capacitación del personal.....	125
Figura 73	Tubería en el botadero .....	128
Figura 74	Tubería acampanada.....	128
Figura 75	Diagrama de análisis de proceso actual para el acampanado manual de la tubería	129
Figura 76	Proceso de acampanado .....	130
Figura 77	Pin de acampanado.....	131
Figura 78	Diagrama de análisis de proceso propuesto para el acampanado automático de la tubería .....	132
Figura 79	Diagrama de análisis de proceso actual para el cambio de formato de la máquina extrusora.....	135
Figura 80	Diagrama de análisis de proceso propuesto para el cambio de formato de la máquina extrusora.....	137
Figura 81	Value Stream Mapping propuesto en el proceso de extrusión de la Empresa Manufacturera.....	139

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 01: Base de datos para los indicadores económico.....	159
Anexo 02: Maquina acampanadora .....	160
Anexo 03: Indicadores de productividad.....	161
Anexo 04: Indicadores de seguimiento de disponibilidad.....	163



## INTRODUCCIÓN

Las empresas de distintos sectores industriales están buscando la mejora de la productividad de sus procesos productivos, este es el caso también de la Empresa Manufacturera objeto del presente estudio que se dedica a la producción y comercialización de tuberías de PVC y accesorios a nivel nacional con una de sus plantas principales en la ciudad de Arequipa.

La empresa manufacturera presenta en su planta de extrusión problemas que afectan la productividad del proceso productivo como cuellos de botella en el acampanado debido a que esta operación se realiza de manera manual, también un desorden generalizado en la planta y principalmente en los almacenes, también se tiene las demoras en el cambio de formato de las máquinas y los retrasos de los lotes de producción al almacén de producto terminado, todos estos factores hacen que el costo de operación sea más elevado y que la productividad sea menor.

Las herramientas de Lean Manufacturing son adecuadas para poder dar solución a los problemas identificados en el proceso productivo de la planta de extrusión y de esta manera eliminar los desperdicios de tiempo que se originan y poder incrementar la productividad del proceso productivo.

El incremento de la productividad en el proceso productivo permite incrementar los niveles de producción y de esta manera poder atender los pedidos solicitados por los clientes, también reducir los costos de operación y generar mayor rentabilidad a la empresa manufacturera.

## CAPITULO I:

### 1. GENERALIDADES

En las generalidades se identifica la problemática principal del estudio para poder plantear los objetivos, general y específicos, la hipótesis e identificar las variables, también se desarrolla la justificación y las técnicas y herramientas.

#### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

##### 1.1.1. Planteamiento del problema

¿De qué manera la aplicación de la Filosofía Lean Manufacturing puede mejorar la productividad de la línea de producción de tuberías de PVC de una empresa manufacturera en la ciudad de Arequipa?

##### 1.1.2. Descripción del problema

La empresa manufacturera en el sector de tuberías de PVC fue presentada a los registros públicos en 1987 y empezó operaciones en 1988 en el departamento de Lima, en el 2010 inicio sus operaciones en el departamento de Arequipa, se encuentra posicionada en el mercado nacional, cuenta con una amplia experiencia en fabricación y distribución de sistemas de conducción de fluidos.

La empresa manufacturera, cuenta con una planta en el Sur, la que trabaja con 3 líneas de producción de tuberías de PVC, una mezcladora de materia prima, molino y pulverizador. Con 46 trabajadores, 23 de ellos en el área de producción, 9 en el área de logística, 2 administrativos y 12 en el área comercial.

La fabricación de tuberías de PVC cuenta con 10 subprocesos, el subproceso más importante es el de extrusión donde se realiza la fabricación de tuberías de PVC, con una producción en línea desde la alimentación de la extrusora hasta el cabezal.

En el área de extrusión se realizan cambios de formato según lo planificado en el programa de producción semanal, se cambia el porta postizo, el postizo, el calibrador, las mordazas del equipo de corte, el pin de acampanado y en ocasiones se cambia todo el cabezal; Los cambios de formato tienen un tiempo de duración dependiendo de la cantidad del herramental a cambiar, el cual es aproximadamente entre 30

minutos y 4 horas, cuando los cambios son de cabezal demoran hasta 8 horas incluyendo el calentamiento y arranque de línea, en este se ocasiona desorden y paradas por tiempo improductivo de la máquina ya que no se realiza el calentamiento del herramental antes de colocarlo.

En la empresa manufacturera se realiza la entrega de producto terminado en carretas, las que deben ser pesadas y validadas por el supervisor de turno, el inspector de calidad y el almacenero para que pueda ingresar la tubería a la zona de almacén, sin embargo, dichas actividades ocasionan demoras en la entrega e inventario en proceso en la zona.

En la empresa manufacturera en la planta de extrusión se observa desorden y falta de disciplina en cuanto a la limpieza de las diferentes zonas y las mismas no se encuentran identificadas, ocasionando pérdidas y mezclas de materiales, ambiente de trabajo no óptimo que puede generar accidentes de trabajo. En la empresa manufacturera el proceso de acampanado es manual y el rendimiento del operario no es el mismo que el rendimiento de la máquina por ello se genera baja productividad y cuello de botella ocasionando inventarios en proceso.

De acuerdo a la problemática anteriormente mencionada la línea de producción de tuberías de PVC presenta una baja productividad en relación a los estándares establecidos provocando así demoras en la entrega del producto final.

#### 1.1.2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación del presente estudio es no experimental, ya que no se va realizar pruebas para poder validar los resultados y es descriptivo ya que se va estudiar las variables de manera que se va a evaluar y analizar la situación actual de cómo se encuentra la empresa manufacturera de tuberías de PVC en relación a su capacidad de producción, productividad y su proceso productivo en tuberías de PVC.

#### 1.1.3. Campo, área y línea

**Campo** : El campo al que corresponde el estudio es al de Ingeniería industrial.

**Área** : El estudio corresponde al área de producción.

**Línea** : Productividad y mejora continua.

#### 1.1.4. Interrogantes básicas

- ¿Qué herramientas del Lean Manufacturing pueden utilizarse para mejorar la productividad de la empresa manufacturera en el sector de tuberías de PVC?
- ¿Cuál es la situación actual y el índice de productividad de la línea de tuberías de PVC de la empresa manufacturera?
- ¿Se podrá mejorar la productividad mediante las herramientas del Lean Manufacturing?
- ¿Será viable técnica y económicamente el plan para mejorar la productividad de la empresa manufacturera con las herramientas del Lean Manufacturing?

### 1.2. OBJETIVOS

#### 1.2.1. Objetivo general

Mejorar la productividad de la línea de producción de tuberías de PVC mediante la aplicación de la Filosofía de Lean Manufacturing en la empresa manufacturera para mejorar la rentabilidad.

#### 1.2.2. Objetivos específicos

- Investigar las principales herramientas de Lean Manufacturing para el desarrollo del estudio.
- Realizar el análisis situacional de la línea de producción de tuberías PVC y determinar cuál es su productividad actual.
- Desarrollar las herramientas de lean Manufacturing para mejorar la productividad de la línea de producción de tuberías de PVC.
- Realizar evaluación económica y técnica del estudio.

### 1.3. JUSTIFICACIÓN

La falta de un plan para mejorar la productividad en la empresa manufacturera está provocando algunos problemas en el cumplimiento y metas de la empresa, generando demasiados desperdicios, paradas de planta innecesarias, y problemas de reproceso por aspectos de calidad, además de afectar la competitividad con otras empresas del rubro.

La implementación de la Filosofía de Lean Manufacturing en la línea de producción de tuberías de PVC, permitirá mejorar los procesos y subprocesos de tal manera que generará mayor productividad, incrementando los niveles de producción que le permita a la empresa cumplir con los compromisos adquiridos con los clientes.

### **1.3.1. Justificación operativa**

La aplicación de la Filosofía de lean Manufacturing, permitirá mejorar los procesos hacerlos más eficientes, de esta forma la producción se incrementará sin afectar la calidad y los costos de producción. Al mejorar los procesos y subprocesos productivos se tendrá un mejor cumplimiento con el programa de producción según la demanda, evitando así la sobreproducción o baja producción, las paradas de máquina, los tiempos de espera y los inventarios en proceso.

El proceso productivo presenta problemas en sus subprocesos como en el de acampanado ya que presenta una baja productividad por sus limitaciones en producción, para lo cual se podría implementar una acampanadora automática para tuberías que es donde se tiene bajo rendimiento ya que el proceso es manual.

La implementación de la Filosofía de Lean Manufacturing en el proceso productivo de tuberías de PVC, mediante las herramientas como el poka yoke, VSM, kaizen, 9S` s y SMED entre las principales, busca mejorar la productividad del proceso de la empresa manufacturera.

### **1.3.2. Justificación económica**

La aplicación de la Filosofía de Lean Manufacturing permitirá incrementar el índice de productividad y mejorar el costo de conversión de la línea de producción de tubería de PVC, ya que al optimizar los procesos productivos se podrá disminuir los costos operativos y se podrá mejorar la participación del mercado y de esta forma incrementar los ingresos para la empresa.

### **1.3.3. Justificación social**

El plan de mejora a implementar tendrá que contar con la participación de todos los colaboradores, al sentirse partícipes estarán más comprometidos con sus funciones y a la vez se sentirán respaldados y seguros.

La participación de los colaboradores al encontrarse ellos incluidos en el proceso productivo se tendrá un mejor plan de mejora donde se genere la motivación de los trabajadores mejorando su ambiente laboral y el compromiso con sus labores. De esta manera mejoraremos la calidad de los productos y con ello la satisfacción con el cliente, eliminando los reprocesos y disminuyendo la cantidad de desechos.

#### 1.4. VARIABLES E INDICADORES

A continuación, se presentan las variables del estudio, la variable dependiente e independiente, a considerar son:

**a) Variable independiente**

- Aplicación de la Filosofía de Lean Manufacturing

**b) Variable dependiente**

- Productividad
- Rentabilidad

En la Tabla 01 se presenta la operacionalización de variables del presente estudio.

**Tabla 01**  
*Variables e indicadores*

Variable	Sub Variable	Indicador
Aplicación de la Filosofía de Lean Manufacturing	VSM	Lead Time Tack Time
	SMED	Tiempo de proceso actual
	Poka yoke	Tiempo de proceso propuesto
	9S's	Desperdicios de tiempo
Variable Dependiente: Productividad Rentabilidad	Productividad	Nivel de producción (kg/hr) Horas hombre Lead time
	Indicadores económicos	VAN B/C PRI Kc

*Fuente: Estudio de productividad / Elaboración propia*

### 1.5. HIPÓTESIS

La aplicación de la Filosofía de Lean Manufacturing permitirá incrementar la productividad de la línea de producción de tuberías de PVC en la empresa manufacturera y generar mayor rentabilidad.

### 1.6. ALCANCES

El plan para mejorar la productividad de la línea de producción de tuberías de PVC se realizará en una empresa manufacturera, mediante la aplicación de la filosofía de Lean Manufacturing con las herramientas como el VSM, kaizen, poka yoke y SMED entre los principales. Esto se aplicará en todo el proceso productivo desde el mezclado de materia prima hasta el producto terminado entregado a almacén.

La elaboración del proyecto de mejora se realizará en 04 meses calendarios.

## 1.7. PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

En el planteamiento operacional del estudio se muestran las técnicas e instrumentos que se van a utilizar en el desarrollo del proyecto.

### 1.7.1. Técnicas e instrumentos de investigación

Las técnicas e instrumentos que se utilizarán en la propuesta para mejorar la productividad de la línea de producción de tuberías de PVC, serán para el levantamiento de información en planta en la etapa de diagnóstico y el planteamiento de las herramientas de Lean Manufacturing para la propuesta.

#### 1.7.2.1. Técnicas

La técnica a utilizar en el presente estudio es la de observación, para realizar el diagnóstico actual de la empresa, y así poder implementar los puntos de seguimiento y control (KPI's).

Se realizará una toma de tiempos, para observar cuellos de botella, tiempos improductivos, tiempos de paradas programadas, de esta forma optimizar la producción y reducir en caso se tenga baja producción.

#### 1.7.2.2. Instrumentos

KPI's de producción que nos ayude a medir la Productividad.

- La empresa manufacturera cuenta con algunos indicadores que se miden mensualmente como son: Calidad, Velocidad y Disponibilidad.
- La entrevista, nos permitirá saber cuáles son oportunidades de mejora que se presentan en la línea de producción de tuberías de PVC y poder aplicar las herramientas de Lean Manufacturing que permitan mejorar la productividad.

### 1.7.2. Campo de verificación

La propuesta para mejorar la productividad mediante la aplicación de la filosofía de lean Manufacturing es la línea de producción de tuberías de PVC, de la empresa manufacturera, en el proceso de extrusión y acampanado principalmente, donde se tiene un cuello de botella y provoca una baja productividad e inventarios en proceso.

### **1.7.3. Contacto con la zona de estudio**

Las coordinaciones para el estudio de automatización e incremento de la capacidad de producción de la línea de extrusión de tuberías de PVC se realizarán directamente con el jefe de planta de la empresa, el cual se encuentra frecuentemente en la empresa y maneja mensualmente su productividad.

### **1.7.4. Toma de datos**

Se realizará la toma de datos mediante la observación y seguimiento en los procesos de la línea de producción de tubería PVC, los cuales serán procesados mediante Tablas y gráficos resumen que permitan utilizar de manera eficiente la información.

### **1.7.5. Análisis y procesamiento de datos**

Para realizar el análisis de los datos obtenidos y su procesamiento se utilizará el programa Excel que permite consolidar la información en tablas y gráficos.

## **1.8. COBERTURA DEL ESTUDIO**

### **1.8.1. Ubicación espacial**

El presente proyecto tiene la ubicación espacial en una empresa manufacturera, en la línea de producción de tuberías PVC, en el distrito de Sachaca, provincia de Arequipa, departamento de Arequipa.

### **1.8.2. Ubicación temporal**

El proyecto para la aplicación de la Filosofía de lean Manufacturing para mejorar la productividad de la línea de producción de tuberías de PVC se realizará en 04 meses calendario.

## CAPITULO II:

### 2. MARCO TEÓRICO

En el marco teórico se conceptualizan las herramientas a utilizar y los principales procesos de la empresa, también se presentan los antecedentes del estudio.

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Los antecedentes del estudio se analizan de manera que se recopilan estudio internacionales, nacionales y locales los que se muestran a continuación:

##### a) Antecedentes internacionales

En la tesis de Cañon (2021) denominada, Evaluación del impacto de la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing en la productividad del proceso de calzado convencional en la empresa Croydon Colombia S.A. tuvo como objetivo principal evaluar el impacto que presentan las herramientas de Lean Manufacturing como el Kaizen, Smed, Jidoka en la productividad del proceso de calzado convencional, para ello se inició con la aplicación y elaboración de la herramienta Value Stream Mapping y el diagrama de Ishikawa donde se identificaron los principales problemas en los procesos de calzar corte, amarre de cortes, preparación y aplicación de adhesivos, para mejorar los procesos se aplicaron herramientas como el SMED, Kaizen, Jidoka, Kpi's y gestión visual, las mejoras que generaron mayor impacto son en la mano de obra reduciendo los tiempos de operación en el proceso de calzar corte y amarrar corte, también se presentaron mejoras económicas con la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing de 90,072.22 dólares y 148,060.80 dólares para un total de 238,133.02 anualmente.

##### b) Antecedentes nacionales

En la tesis de Hernández (2019) denominado, Implementación de las Herramientas Lean Manufacturing en el Área de Producción de Plásticos Mype de la Corporación Bolsipol S.A.C. donde se tiene objetivo analizar cuál es el impacto que se genera en la productividad en el área de producción de la planta de plásticos de la empresa Bolsipol S.A.C., con la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing. Para poder conocer la principal problemática que se presentaba en la planta de producción es

el orden y la limpieza que se presenta para lo cual se implementó la metodología de las 5S's, también existe la falta de seguimiento y control por parte de la supervisión de producción y calidad. Con la aplicación de la herramienta de las 5S's se busca mejorar el ambiente de trabajo de la planta y a su vez incorporar la metodología como parte de la cultura organizacional de la empresa que le permita mejorar la motivación de los trabajadores.

En la tesis de Ferreyra & Natividad (2019) denominado, Propuesta de mejora de la productividad del área de flexibles de una empresa manufacturera de productos plásticos descartables mediante la metodología Lean Manufacturing, tuvo como objetivo general demostrar la mejora de la productividad mediante las herramientas de Lean como la metodología de las 5'S, el SMED y el Poka Yoke en la zona de Sellado del Área de flexibles. Los resultados obtenidos en el estudio fueron favorables con una mejora del 63,87% con la metodología de las 5S's que permitió disminuir los tiempos que, generados por la desorganización de la planta, con la aplicación de la herramienta Poka Yoke se incrementó la productividad en un 53,89% mediante la identificación visual y por último con la aplicación de la herramienta SMED se incrementó la productividad en un 44,30% mediante la incorporación de un ayudante reduciendo así los tiempos de cambios de herramientas en el proceso de sellado.

### c) **Antecedentes locales**

En la tesis de Vargas (2019) denominada, Propuesta de mejora en el proceso de fabricación de productos en plástico reforzado en fibra de vidrio en una empresa metalúrgica, aplicando Lean Manufacturing tuvo como objetivo proponer una mejora para el proceso productivo que pueda reducir actividades innecesarias y reducir los costos de producción mejorando la productividad del proceso, como punto inicial se realiza el diagnóstico del proceso identificando las actividades que no agregan valor y tienen un impacto en los costos de producción y la productividad para poder aplicar la herramienta SMED o cambios rápidos que se aplica en el proceso de preparación para las parrillas de piso, se obtuvo como resultado de la aplicación de la herramienta un incremento en el margen de utilidad del 2% mensual, reduciendo en un 7% la utilización de las horas, hombre.

## 2.2. CONCEPTOS BÁSICOS

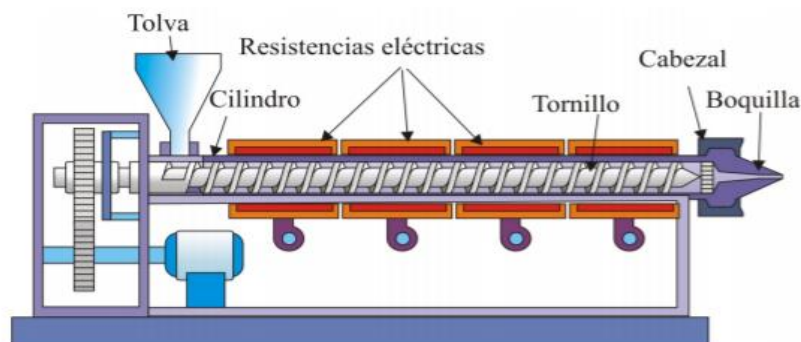
### a) Extrusión

Es una operación de transformación en la que un material se funde a ciertas temperaturas y es empujado o jalado por una boquilla para producir objetos de sección transversal constante y al principio de longitud indefinida. Este proceso se realiza en la máquina extrusora, de las cuales existen diferentes tipos, esto se debe a la cantidad de tornillos que pueda tener o a la forma de estos, los más usuales son los monotornillos que constan de solo un tornillo, y las de tornillos cónicos que constan de dos tornillos con forma cónica y que al girar se entrelazan. En el proceso de extrusión, el polímero se alimenta en forma de polvo o gránulos y sale del extrusor el material fundido. (Beltrán & Marcilla, 2012)

En la Figura 01, se muestra la representación esquemática de una extrusora monotornillo.

#### Figura 01

*Representación de una extrusora de husillo sencillo*



*Fuente:* Beltrán & Marcilla, 2012

### b) Tornillo de extrusión

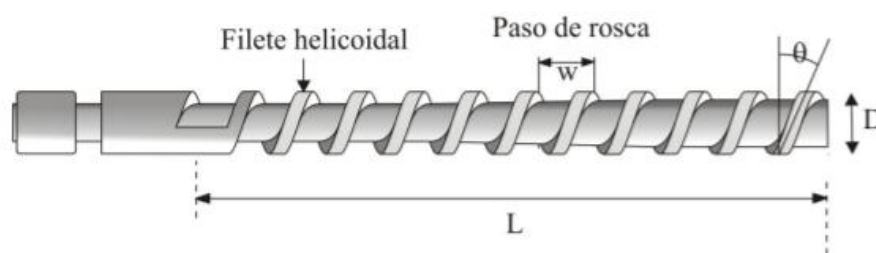
Es un cilindro largo alrededor tiene un filete helicoidal, que va girando con ayuda de un motor a una velocidad establecida por el operario de la extrusora. El tornillo es una de las partes principales del proceso de extrusión ya que realiza la mayor parte de funciones, la estabilidad del proceso y la calidad del producto dependen del diseño del tornillo, el tornillo o los tornillos realizan la mezcla, cocimiento, desgasificación y

plastificación. Los datos más importantes en el diseño del tornillo son su longitud, diámetro, el ángulo del filete y el paso de la rosca. En la parte de la desgasificación el material debe ingresar granulado, con ayuda de una bomba de vacío se retira el aire provocando que el material no tenga gases para compactar mejor el material. (Beltrán & Marcilla, 2012)

En la Figura 02, se muestra la representación de un tornillo de una extrusora.

**Figura 02**

*Tornillo de una extrusora*



*Fuente: Beltrán M & Marcilla A, 2012.*

El material conforme va pasando por los tornillos va generando presión, comienza con presión atmosférica en la tolva y va aumentando hasta la salida. La diferencia que existe en las propiedades de los materiales usados en el proceso de extrusión sirven para realizar el diseño más adecuado de los tornillos a emplear para cada tipo de materia prima empleada. Como el material y los tornillos van generando una fricción estos tienden a elevar sus temperaturas por ende los tornillos cónicos poseen un sistema de enfriamiento el que consta de un canal en el interior de este que se le llena las  $\frac{3}{4}$  partes del canal con agua destilada, esto permite que el material de fabricación de los tornillos se debilite o recaliente (toman un color azulado) y se rompan con facilidad. (Beltrán & Marcilla, 2012)

### c) Cilindro

Es el que contiene en su interior al tornillo o a los tornillos. Debido a la fricción que se genera en la operación entre el material a extruir y los tornillos el cilindro suele construirse de aceros muy resistentes y en algunos casos viene equipado con un revestimiento especial que le confiere una alta resistencia, en la mayoría de los casos superior a la del tornillo, ya que este es mucho más fácil de reemplazar.

El calentamiento se puede realizar mediante resistencias eléctricas tipo banda localizadas en toda su longitud las que son controladas por termocuplas y desde un tablero eléctrico, el cilindro suele dividirse en varias zonas de calefacción, por lo menos tres zonas, con control independiente en cada una de ellas, lo que permite conseguir un gradiente de temperatura razonable desde la tolva hasta el ingreso del cabezal, al ingresar el material debe estar a una temperatura baja conforme va entrando al cilindro se debe controlar las temperaturas ya que con la fricción que genera el movimiento de los tornillos con el material puede rebasar la temperatura nominal del proceso y el material puede degradarse. (Beltrán & Marcilla, 2012)

- Enfriamiento por aire: Se da mediante un motor y unas chaquetas de ventilación las que disminuyen el calor de la extrusora mediante el flujo de aire sobre la superficie requerida. Los ventiladores son accionados por controladores de temperatura (pirómetro) que comandan la operación de las bandas eléctricas. Los ventiladores se activan automáticamente cuando la temperatura de una zona supera la temperatura programada. (Fajardo, 2007)
- Enfriamiento por aceite: El cilindro o barril en su interior posee una camiseta, el cual incluye un serpentín de bronce, por el cual circula el aceite refrigerante, con lo que se logra el enfriamiento en el barril, este aceite se denomina aceite térmico el cual mediante un filtro permite la salida del aceite caliente y el ingreso del aceite frío. (Fajardo, 2007)

En la Figura 03, se muestra el sistema de cilindro de calefacción para los tornillos.

### **Figura 03**

*Sistema cilindro de calefacción- tornillos*



*Fuente: Beltrán & Marcilla, 2012*

**d) Tuberías ISO PVC UF**

Las tuberías y accesorios de PVC-U (policloruro de vinilo no plastificado) tienen una excelente resistencia a entornos agresivos. No presentan efectos galvánicos. Estas tuberías están basadas en la formula ISO.

De acuerdo a la norma Técnica Peruana NTP-ISO 4422-2 las presiones nominales de los tubos de PVC-U van desde 5 hasta 15 bar para temperaturas de trabajo menores de 25°C. (Nicoll, 2006)

**Tabla 02**

*Presiones nominales de tubería PVC-U*

Clase	Serie	SDR	Presión Nominal (bar)
5	20	41	5
7.5	13.3	27.6	7.5
10	10	21	10
15	6.6	14.2	15

*Fuente: Empresa manufacturera, 2006*

Los tubos de PVC-U son diseñados para la presión nominal o Clase, las que dependen de las condiciones de utilización (presión máxima de servicio y la finalidad del conducto), estas tuberías son con campana UF (Unión flexible) van acompañadas de un anillo denominado RIEBER el cual se pega a la pared de la campana UF con un sistema de vacío que llega a 0.5 bar para que se pueda adherir a las paredes de la campana. (Nicoll, 2006)

La resistencia del PVC disminuye a medida que aumenta la temperatura de trabajo, es necesario controlar las temperaturas de diseño para mantener una presión estable en el proceso de extrusión, ya que de ello depende las características de calidad de las tuberías de presión (ISO). (Nicoll, 2006)

La clase del tubo depende del espesor de pared de la tubería, esto quiere decir que las clases más altas soportan mayor presión en el transporte de fluidos. (Nicoll, 2006)

**Tabla 03**

*Parámetros de desclasificación para temperaturas de trabajo por encima de 25 °C.*

Aplicación de los tubos		Parámetro de Gravedad.		TMS	Numero de desclasificación	PMS en función de la PN (Clase)			
		Tipo de empalme	Acción corrosiva del fluido			15	10	7.5	5
Conducción de Agua destinada a la Alimentación humana.	Aducción por gravedad	UC-UF	S	25°C	0	15	10	7.5	5
				40°C	1	10	7.5	5	3.5
	Aducción por impulsión	UF	S	25°C	0	15	10	7.5	5
				40°C	1	10	7.5	5	3.5
		UC	S	25°C	1	10	7.5	5	3.5
				40°C	2	7.5	5	3.5	2
	Distribución al interior de los edificios	UC	S	25°C	1	10	7.5	5	3.5
				40°C	2	7.5	5	3.5	2
Irrigación	Gravitacional	UC-UF	S	25°C	0	15	10	7.5	5
				40°C	1	10	7.5	5	3.5
	Por impulsión	UF	S	25°C	0	15	10	7.5	5
				40°C	1	10	7.5	5	3.5
		UC	S	25°C	1	10	7.5	5	3.5
				40°C	2	7.5	5	3.5	2
Conducción de Aguas termales Líquidos industriales	Por impulsión (*)	UF	S	25°C	1	10	7.5	5	3.5
				40°C	2	7.5	5	3.5	2
				60 °C	3	5	3.5	2	0
		L	S	25°C	2	7.5	5	3.5	2
				40°C	3	5	3.5	2	0
				60°C	4	3.5	2	0	0
	UC	S	S	25°C	2	7.5	5	3.5	2
				40°C	3	5	3.5	2	0
		L	S	25°C	3	5	3.5	2	0
				40°C	4	3.5	2	0	0

*Fuente: Empresa manufacturera, 2006*

En esta tabla para cada una de las Presiones Nominales (Clase), se indican las Presiones Máximas de servicio a aplicar a la Línea de Tubería, para una vida útil de

servicio de 50 años, en función de la temperatura máxima en servicio, de la naturaleza corrosiva del fluido a transportar y del tipo de empalme. (Nicoll, 2006)

**e) Tuberías de línea sanitaria o drenaje**

Este tipo de tubería es usada en drenajes y redes de alcantarillado, así como en aplicaciones donde no exista presión alguna. Ambas tuberías se fabrican comúnmente en diámetros pequeños (hasta 8 pulgadas) ya que para diámetros mayores el costo es muy alto. Estas tuberías garantizan un correcto funcionamiento, permitiendo evacuar las aguas negras o servidas (habitationales) que posteriormente serán conducidas al sistema de alcantarillado. No se oxidan, corroen ni necesitan pintarse, el tubo coextruido es infalsificable ya que lleva doble codificado el de tinta denominado inkjet (no sé puede borrar con ningún liquido) y el codificado laser ambos codificados van ordenadamente colocados separados a 5 cm a cada lado. (Indecopi, 2010)

**f) Tubería alcantarillada (naranja).**

Se usan para el traslado de aguas residuales, pluviales, drenaje, los diámetros en los que se fabrica van de 110 mm a 630 mm, el sistema de embone es por unión flexible que se debe instalar con anillos de jebe denominados RIEBER, son de color anaranjado marrón. La longitud de estas es de 6 metros. No soportan presiones elevadas. (Indecopi, 2010)

**g) Policloruro de vinilo (PVC)**

Es uno de los plásticos más importantes y ampliamente usados en el mundo. Es el tercer plástico más vendido en el mundo, después del polietileno y del polipropileno. Su bajo costo, excelente durabilidad, su inigualable versatilidad y su amplia campaña de procesabilidad, hacen que este material sea elegido para colocarse en una vasta cantidad de industrias. (Asociación Nacional de la Industria química, 2015)

La molécula de PVC contiene 43 % de su peso en etileno y 57%, el PVC es el de menor contenido de petróleo. El PVC es inodoro e insípido. (Asociación Nacional de la Industria química, 2015)

## h) Resina shintech

Es un material de uso general con una amplia gama de aplicaciones de productos para la vida diaria, cada resina tiene diferentes propiedades y comportamientos según el entorno y/o el uso. La composición de la resina rígida está representada por aproximadamente el 40% de petróleo de los ingredientes, la sal constituye el otro 60% de la composición de la resina rígida y el proceso de fabricación genera una tensión ambiental mínima. La resina rígida es usada mayormente en tuberías, tarjetas bancarias, piezas de electrodomésticos y computadoras. (Shintech Inc, 2022)

En la Figura 04 se muestra la resina shintech.

### Figura 04

*Resina Shintech.*



*Fuente: Shintech Inc, 2022*

## i) Carbonato de calcio

Es un producto químico su finura depende si se obtiene por molienda fina o sincronización de calizas extremadamente puras. El carbonato de calcio es el mineral más importante para la industria del plástico. Es un mineral natural, de bajo costo que mejora la resistencia mecánica del plástico, buena discontinuidad y buen índice de refracción. (QuimiNet, 2006)

En la Figura 05 se muestra el carbonato TIO.

**Figura 05***Carbonato TIO**Fuente: Empresa manufacturera.***j) Baeropan**

Es un lubricante que se utiliza para disminuir las fuerzas de fricción y reducir el desgaste de dos cuerpos que rozan entre sí, disminuye el roce del tornillo y de la propia masa, evitando así una subida de temperatura por fricción y la consecuente degradación del polímero de PVC. También aporta acabados brillantes, superficies lisas y facilitan la dispersión de cargas y pigmentos.

**Figura 06***Baeropan**Fuente: Empresa manufacturera.***k) Dióxido de titanio**

Es un semiconductor sensible a la luz que absorbe radiación electromagnética cerca de la región UV. Minimiza la fragilidad, la decoloración y el agrietamiento que pueda ocurrir como resultado de la exposición a la luz.

En la Figura 07 se muestra el dióxido de titanio que se utiliza en el proceso productivo.

### **Figura 07**

*Dióxido de titanio*



*Fuente: Empresa manufacturera.*

### **1) Pigmentos y colorantes**

Son sustancias químicas que, una vez incorporadas, confieren color a un sustrato. Son colorantes insolubles. Poseen alto índice de refracción y el medio de aplicación no los afecta química o físicamente.

En la Figura 08 se muestra el pigmento negro humo que se utiliza en el proceso productivo

### **Figura 08**

*Pigmento y colorante*



*Fuente: Empresa manufacturera.*

## 2.3. LEAN MANUFACTURING

### 2.3.1. Definición

Lean es una palabra inglesa que se puede traducir como “esbelto”, pero aplicada a un sistema productivo significa “ágil, flexible”, es decir, capaz de adaptarse a las necesidades del cliente. Entendemos por lean Manufacturing, la persecución de una mejora continua del sistema de fabricación mediante la eliminación del desperdicio o despilfarro, entendiendo como desperdicio o despilfarro todas aquellas acciones que no aportan valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar. Los pilares del lean Manufacturing son: la filosofía de la mejora continua, el control total de la calidad, la eliminación del despilfarro, el aprovechamiento de todo el potencial a lo largo de la cadena de valor y la participación de los operarios. (Rajadell & Sanchez, 2010)

Se puede identificar los principios con los que trabaja la Filosofía Lean Manufacturing. (Villaseñor & Galindo, 2015)

- Movimiento innecesario
- Espera
- Inventarios
- Sobreproducción
- Productos defectuosos
- Reprocesos
- Transporte innecesario

### 2.3.2. Value Stream Mapping (VSM)

El Value Stream Mapping (VSM), es una visión del negocio donde se muestra tanto el flujo de materiales como el flujo de información desde el proveedor hasta el cliente. Se trata de cartografiar la situación actual; Womack y Jones explican que la cartografía persigue identificar todas las actividades que ocurran a lo largo de un flujo de valor para un producto o familia de productos. Para llevar esto a la práctica deben recogerse todos los datos actuales de la planta, sin confiar en informes pasados. (Rajadell & Sanchez, 2010)

Al obtener de una forma muy visual el mapa de la cadena de valor, permite identificar las actividades que no aportan valor añadido al negocio, con el fin de eliminarlas y poder ser más eficientes. Los beneficios de la aplicación del VSM son: Ayudar a visualizar más de un simple proceso, vincular el flujo de información y el de materiales en un solo mapa utilizando un único lenguaje y también obtener un sistema estructurado para implementar mejoras. (Rajadell & Sanchez, 2010)

### 2.3.3. Filosofía de las 9's

Esta filosofía representa acciones que son principios expresados con nueve pilares japoneses que comienzan con la letra "S". Cada pilar tiene un significado importante para la creación de un lugar ordenado, limpio y seguro del área de trabajo. Su objetivo es mejorar y mantener las condiciones de trabajo, de seguridad, el clima laboral, la motivación del personal y la eficiencia y, en consecuencia, la calidad, productividad y competitividad de la organización. (Universidad Tecnológica de Tijuana, 2015)

Las 9's se dividen en:

#### a) **Relación con las cosas:**

##### - **Seiri**

Significa SEPARAR, es decir, distinguir lo necesario de lo innecesario. Guardando lo necesario y desechando lo innecesario, Las ventajas obtenidas de esta primera S es que se libera espacios evitando almacenamientos innecesarios, eliminando el exceso de herramientas o elementos sin uso, facilita el uso de componentes a tiempo despejando el área de trabajo y reduciendo los movimientos innecesarios del personal, se elimina el despilfarro. (Universidad Tecnológica de Tijuana, 2015)

##### - **Seiton**

Significa ORDENAR, es decir, identificar y colocar los artículos que estén fuera de lugar, cada artículo debe encontrarse en un solo lugar antes del uso y después de este debe volver a ese mismo lugar. Este artículo debe estar identificado ya sea con un código o alguna característica que facilite encontrarlo. Las ventajas obtenidas es que reduce el tiempo de búsqueda, reduce errores humanos, evita interrupciones del proceso o paradas de máquina innecesarias, reducción de tiempos de cambio, menos

espacio ocupado, reducción de productos en stock, eliminan condiciones inseguras y por lo tanto accidentes. (Calla, 2018)

- **Seiso**

Significa LIMPIEZA, consiste en mantener el lugar en orden, no es responsabilidad solo de la organización, la limpieza la deben hacer todos los trabajadores. Es importante designar a cada trabajador un área de trabajo para que sea su responsabilidad mantenerla limpia y ordenada.

b) **Relación con uno mismo**

- **Seiketsu**

Significa ESTANDARIZAR, es la administración de la disciplina poniendo en vigor actividades estándar. Creando hábitos para conservar el lugar de trabajo en perfectas condiciones. Para que se pueda realizar con éxito se debe realizar un control visual, en caso de que no se cumplan generar acciones correctivas.

- **Shitsuke**

Significa MANTENER o DISCIPLINA Y HÁBITO, todos los trabajadores deben mantener el hábito, pero la empresa debe tener en cuenta que para cada caso debe existir un procedimiento. Sirve para concientizar al personal en cuanto a orden y limpieza, para crear el hábito debe existir una formación continua y un seguimiento del cumplimiento de las normas y procedimientos establecidos.

- **Shikari**

Significa CONSTANCIA, es perseverar en los buenos hábitos, los trabajadores deben tener la voluntad para hacer y permanecer en el orden y la limpieza para lograr el cumplimiento de las metas propuestas, Cuando la voluntad viene acompañada de motivación se disminuye la cantidad de tiempo perdido.

- **Shitsukoku**

Significa COMPROMISO a los propósitos que se han pactado, Este compromiso debe involucrar a todos los niveles de la empresa, enseñando con el ejemplo. Cuando

hay compromiso el proyecto se lleva a cabo en el tiempo que se estimó sin pérdidas.  
(Universidad Tecnológica de Tijuana, 2015)

**c) Relación con la organización y la empresa**

**- Seishoo**

Significa COORDINACIÓN, se forman equipos para lograr los objetivos, una forma de trabajar en común al mismo ritmo que los demás persiguiendo como unidad los mismos objetivos. (Universidad Tecnológica de Tijuana, 2015)

**- Seido**

Significa SINCRONIZACIÓN, se realiza un plan de trabajo y normas específicas que identifique la tarea de cada persona. Esto señala como se deben hacer las actividades que contribuyan a mantener un ambiente adecuado de trabajo. Cualquier trabajador pertenezca o no al área podrá realizar el trabajo con el procedimiento o manual (Escuela nacional de administración pública, 2015).

**2.3.4. La técnica SMED (single minute Exchange of die)**

Las técnicas SMED o cambio rápido de herramienta, tienen por objetivo la reducción del tiempo de cambio de formato (setup). El tiempo de cambio se define como el tiempo entre la última pieza producida del producto “A” y la primera pieza producida del producto “B”, que cumple con las especificaciones dadas. El logro de un menor tiempo de cambio permite a los operarios afrontar retos similares en otros campos de la planta, lo cual constituye una importante ventaja de carácter secundario del SMED. (Rajadell & Sanchez, 2010)

**2.3.5. Poka yoke**

Guarjardo (citado por Mio, 2017, p.22) define a la herramienta Poka Yoke también conocido como "Cero defectos", pues es a prueba de errores. Tiene el propósito es suspender la actividad donde haya un falla o error, además de definir las procedencias de estos y advertir aquellos que son consecutivos.

Arenas y Vélez (2014) manifiesta que: “La herramienta Poka yoke es empleada mayormente en producción, que se orienta hacia mejorar continuamente la calidad

de productos y/o servicios, empleando elementos o mecanismos muy sencillos en la generalidad de los casos y otras veces hasta se implementan automatizaciones para lograr la calidad”.

#### 2.4. PRODUCTIVIDAD

La productividad se puede definir como el uso eficiente de los recursos que intervienen en la producción, estos pueden ser los materiales, la mano de obra, los equipos de trabajo o las máquinas, la inversión, que permiten elaborar un producto en un tiempo determinado, con el objetivo de alcanzar mejores niveles de producción y disminuir los costos de operación. (Urbina, 2018)



## CAPITULO III:

### 3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

En la descripción de la empresa manufacturera se da a partir del conocimiento de los datos principales y la definición de su cultura organizacional, también se describe el proceso productivo de la planta de tuberías de PVC.

#### 3.1. COBERTURA Y LOCALIZACIÓN

La empresa manufacturera desarrolla sus actividades en el sector de tuberías de PVC fue inscrita en 1987 y empezó operaciones en 1988 en el departamento de Lima, en el 2010 inicio sus operaciones en el departamento de Arequipa donde tiene la segunda planta de producción más grande, se encuentra posicionada en el mercado nacional como uno de los principales proveedores de sistemas de conducción de fluidos.

La empresa manufacturera, cuenta con una planta de producción en el sur del Perú, desarrolla sus actividades con 46 trabajadores que se distribuyen e los principales procesos empresariales como producción (21) los procesos estratégicos o administrativos (2) y los procesos complementarios (13), la empresa cuenta con tres líneas de producción bien definidas donde se realizan las tuberías de PVC en diferentes presentaciones.

El desarrollo del estudio se realizó en la planta de producción de la ciudad de Arequipa que es la segunda más grande a nivel nacional y la más grande en el Sur del Perú, cuenta con 10 subprocesos para la producción de tuberías de PVC.

#### 3.2. ANTECEDENTES Y CONDICIONES ACTUALES

La empresa Manufacturera cuenta con un área de mejora continua que se encarga de realizar los programas de mejora en las distintas plantas de producción y las áreas administrativas, en la planta de producción de PVC se han realizado esfuerzos en la mejora de la infraestructura con la finalidad de distribuir de manera adecuada los sub procesos principales para la producción, también se ha hecho esfuerzos en la inversión de la tecnología de la planta logrando incrementar la capacidad de producción sin embargo no se han realizado estudios para mejorar la productividad de los procesos productivos principales de la empresa manufacturera, debido a los problemas que se

presentan en la planta y a la exigencia de los clientes que querer sus productos con menores tiempos es la necesidad de desarrollar programas de mejora enfocados a incrementar la productividad de la planta.

### 3.3. SECTOR Y ACTIVIDAD ECONÓMICA

El sector industrial y la principal actividad de la Empresa Manufacturera es la producción y distribución de sistemas de fluidos que tiene como principales clientes las empresas de construcción residencial y comercial tanto en la infraestructura pública, industrial y privada.

- **Sector:** La Empresa manufacturera pertenece al sector de producción y distribución de sistemas de fluidos.
- **Actividad Económica:** Industria manufacturera.
- **Ubicación:** la Empresa Manufacturera se encuentra en la ciudad de Arequipa específicamente cuenta con sus oficinas administrativas y planta de producción en el Variante de Uchumayo en el Km 1.5 en el distrito de Sachaca.

### 3.4. CULTURA ORGANIZACIONAL

La empresa Manufacturera cuenta con una cultura organizacional que ha sido desarrollada a lo largo de los años y parte de la declaración de la Visión, la que ha sido implementada en el inicio de sus operaciones.

#### 3.4.1. Misión

La Empresa Manufacturera tiene como Misión:

Somos una empresa responsable que tiene como pasión la creación de soluciones innovadoras para el mercado que permite el abastecimiento de energía y agua con tuberías de alta calidad que son fabricadas con las mejores materias primas que permiten cumplir con las expectativas de nuestros clientes. (Empresa manufacturera, 2021)

### 3.4.2. Visión

La Empresa Manufacturera tiene como Visión:

Hacemos que la vida fluya con productos y servicios de alta calidad que permite conectar gente, energía y agua. (Empresa Manufacturera, 2021)

### 3.4.3. Valores empresariales

Los valores empresariales con los que cuenta la Empresas Manufacturera son practicados y dados como ejemplo desde la gerencia general.

- **Honestidad:** al momento de realizar las actividades en cada puesto de trabajo buscando el bienestar personal de la empresa y de los compañeros.
- **Solidaridad:** con los compañeros de trabajo con la finalidad de alcanzar los objetivos empresariales planteados y los objetivos de la planta o área a la que pertenece.
- **Puntualidad:** en los compromisos adquiridos al momento de trabajar en la empresa empezando por el horario de trabajo.
- **Trabajo en equipo:** como parte fundamental de las actividades diarias, acompañados del talento humano como los gerentes, supervisores y personal del área, en trabajo en equipo deben estar enfocados a cumplir con los objetivos planteados.
- **Perseverancia:** el talento humano de la empresa debe tener la perseverancia para superar las dificultades que se presentan en las actividades diarias que se practican sin incumplir con los procedimientos de trabajo de la empresa.

## 3.5. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

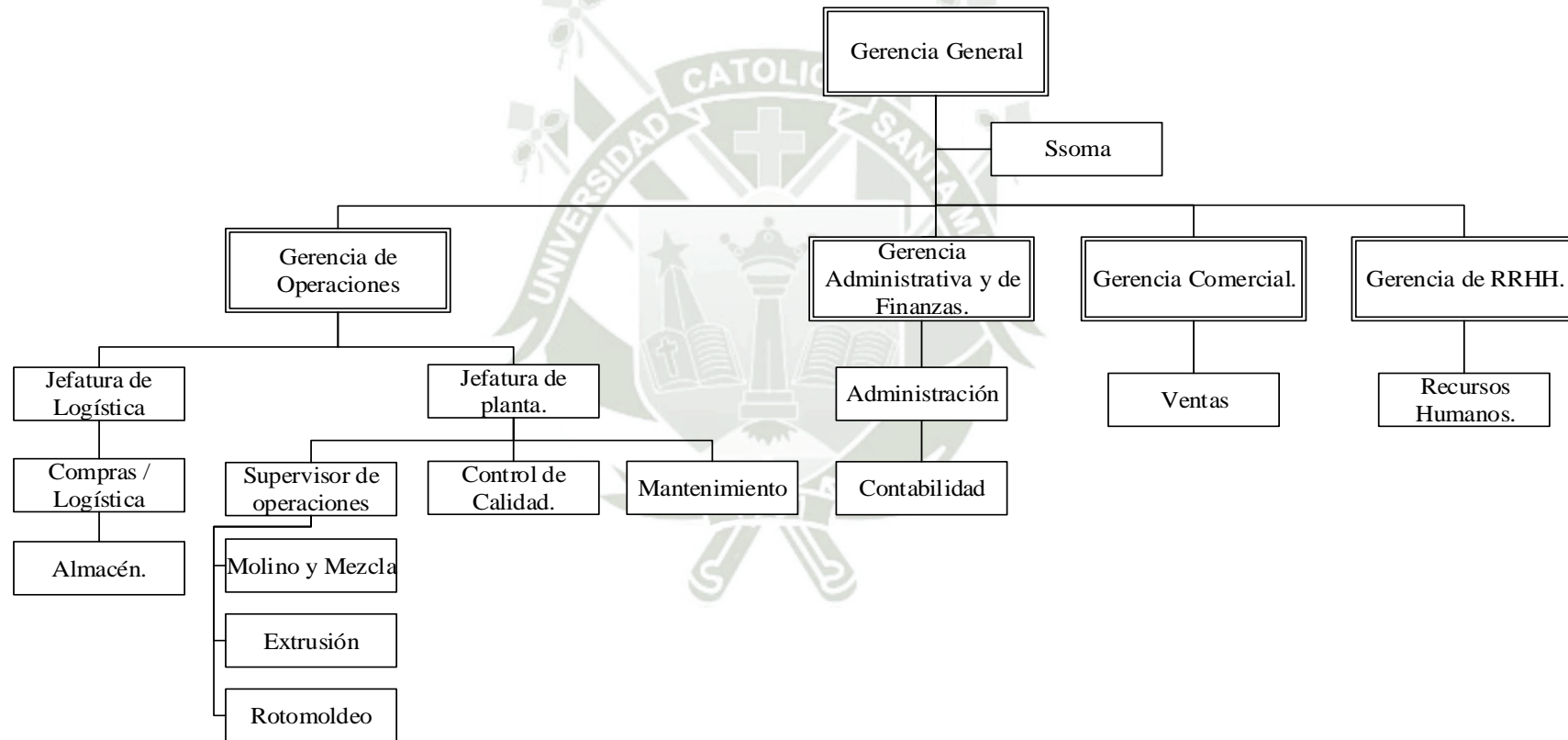
La Empresa Manufacturera tiene como máximo líder al gerente general el que se encarga de tomar las decisiones más importantes de la empresa y para ello cuenta con las gerencias de operaciones, comercial, administrativas y finanzas.

La planta de extrusión se encuentra bajo el mandato de la Gerencia de Operaciones y tiene como máximo ente al Jefe de Operaciones de la planta de extrusión el cual tiene bajo su mando al personal de planta como maquinistas y operarios haciendo un total de 21 colaboradores.

La estructura organizacional de la Empresa Manufacturera que se dedica a la elaboración de tuberías de PVC para distintas industrias se muestra en la Figura 09.

**Figura 09**

*Estructura organizacional de la Empresa Manufacturera*



**Fuente:** Recursos Humanos de la Empresa manufacturera

### 3.6. PRINCIPALES PRODUCTOS Y SERVICIOS.

Los principales productos de la empresa manufacturera se distribuyen en cinco grandes grupos los cuales se presentan a continuación.

#### 3.6.1. Soluciones para edificaciones

Los artículos producidos por la empresa manufacturera para el grupo de soluciones para edificación son instalaciones sanitarias, tuberías para sistemas de agua fría, agua caliente, sistemas eléctricos, canaletas de varios tipos y válvulas entre los principales.

##### a) Instalaciones sanitarias

Los productos para los sistemas sanitarios tienen como objetivo la evacuación de las aguas negras o servidas canalizándose al sistema de alcantarillado, la partida de producción a la que pertenecen estos artículos son NTP 399-1 y se presentan en la Figura 10.

##### **Figura 10**

*Materiales para las instalaciones sanitarias*



*Fuente: Empresa manufacturera*

Los materiales para las instalaciones sanitarias son codos, T, uniones, Y, reducciones entre los principales.

##### b) Tubería para sistema de agua fría

Los productos para el sistema de agua fría este compuesto principalmente por los tubos del sistema a presión y tienen como objetivo transporta el agua potable para el

uso de las personas, estos productos pertenecen a la partida NTP 399-2. de la Empresa Manufacturera y se muestran en la Figura 11.

### Figura 11

*Tuberías y conexiones corzan*



*Fuente: Empresa manufacturera*

Los materiales para los sistemas de agua fría están compuestos principalmente por tuberías, codos, uniones, reducciones, niples entre las principales.

#### c) Tubería para sistema de agua caliente

Los productos para el sistema de agua caliente y sus conexiones tienen un compuesto especial como CPVC que hace que los materiales sean de alto impacto y garanticen un buen trabajo en la distribución de agua caliente, en la Figura 12 se muestra un componente en la presentación de codo.

### Figura 12

*Codos de tubería CPVC*



*Fuente: Empresa manufacturera*

En los materiales para agua caliente tienen las mismas presentaciones de los materiales de agua fría con la diferencia del compuesto que hace que estos sean más resistentes.

#### d) Tuberías para sistemas eléctricos

Los productos para sistemas eléctricos están diseñados y garantizados para poder cumplir con las instalaciones eléctricas y poder pasar el cableado en las edificaciones residenciales, se elaboran según la NTP 399.006 y se presentan en la Figura 13.

**Figura 13**

*Accesorios para sistema eléctrico*



*Fuente: Empresa manufacturera*

#### e) Canaletas de techo

Los productos como las canaletas de techo sirven para evitar daños en fachadas, cuando se está realizando la construcción de un techo, edificación o estructura, permite la protección principalmente de las lluvias, la canaleta de techo como accesorio se muestra en la Figura 14.

**Figura 14**

*Canaleta de techo*



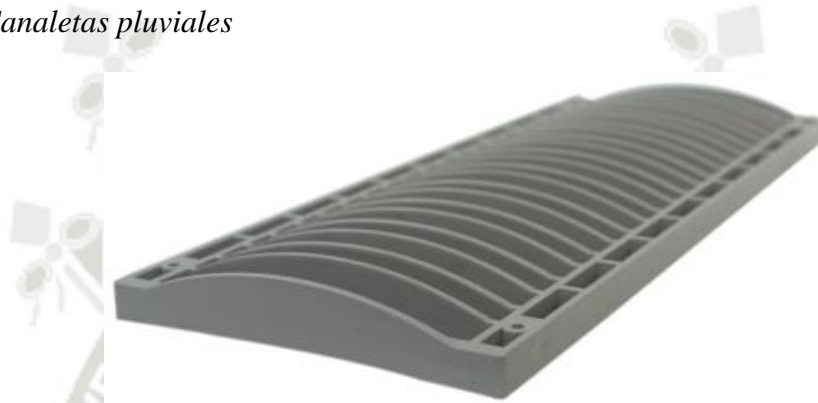
*Fuente: Empresa manufacturera*

**f) Canaletas de piso**

Los productos como las canaletas de piso sirven para la evacuación de agua provocada por varios factores como la lluvia o actividades que demanden fluidos se pueden instalar en zonas abiertas y cerradas. La canaleta de piso se muestra en la Figura 15.

**Figura 15**

*Canaletas pluviales*



*Fuente: Empresa manufacturera*

**g) Línea Blaze master**

Los productos de la línea de producción de Blaze master que se instalan en las edificaciones para el suministro de agua y otras funciones como cableado en el sistema eléctrico o traslado de aguas residuales se muestra en la Figura 16.

**Figura 16**

*Línea Blaze*



*Fuente: Empresa manufacturera*

## h) Llave de choro

Los productos que están dentro de las familias de las llaves para la instalación de sistemas de agua fría y caliente se colocan en las edificaciones y permiten el control de los fluidos. Una llave de grifería se muestra en la Figura 17.

### Figura 17

*Llave Griferi*



*Fuente: Empresa manufacturera*

## i) Válvulas

Las válvulas con las que cuenta la Empresa manufacturera contiene un puerto que pasa por el medio que permite el control del fluido de estos modelos se cuenta con una variedad importante de productos que son necesarios para la instalación de los distintos sistemas de flujo. Las válvulas de bolas se muestran en la Figura 18.

### Figura 18

*Válvulas*



*Fuente: Empresa manufacturera*

### 3.6.2. Soluciones para infraestructura

Los artículos producidos por la empresa manufacturera para el grupo de soluciones para infraestructura son tuberías para alcantarillado, empalmes domiciliarios, RIB – LOC, conexiones inyectadas de PVC y sistemas de tuberías PVC entre los principales.

#### a) Alcantarillado

Los productos con los que cuenta la Empresa Manufacturera para el alcantarillado son los tubos y accesorios de PVC como otra línea de productos más complejos se tiene las tuberías HDPE, estos productos permiten la recolección, conducción y disposición de las aguas contaminadas y sistema de fluidos provocados por las lluvias.

En la Figura 19 se muestra las tuberías que se necesita para el sistema de alcantarillado.

#### Figura 19

*Tubería de alcantarillado*



*Fuente: Empresa manufacturera*

#### b) Empalmes domiciliarios

Los productos que se produce para los empalmes domiciliarios tiene un compuesto distinto, se producen en relación a la NTP ISO 4435. Tienes características especiales

que permiten realizar un mejor trabajo al momento de realizar un ensamble perfecto con el tubo, en la Figura 20 se muestra un empalme domiciliario.

### Figura 20

*Empalmes domiciliarios*



*Fuente: Empresa manufacturera*

### c) Conexiones inyectadas de PVC

Los productos como las conexiones inyectadas de PVC se dan en diferentes presentaciones, se cuenta con varios accesorios y tuberías que sirven para la conducción del fluido de diferentes medios como las lluvias, agua potable entre otras.

### Figura 21

*Conexiones inyectadas de PVC*



*Fuente: Empresa manufacturera*

### d) RIB - LOC

Los productos RIB – LOC presentan un sistema de tuberías y accesorios para la conducción de agua potable, en mayor envergadura que permite el fluido de agua de lluvias, saneamiento y agua potable.

**Figura 22***Tuberías Drenaloc**Fuente: Empresa manufacturera*

### 3.6.3. Soluciones para agro y riego

Los artículos producidos por la empresa manufacturera para el grupo de soluciones para agro y riego son, tuberías UF y accesorios como las válvulas del sistema de riego entre los principales.

#### a) Tuberías UF

Los productos para la industria del agro y riego son soluciones innovadoras que buscan un compromiso con el sector en el mejor aprovechamiento del agua con nuevos productos como alternativa de solución y de alta calidad que dure más. En la Figura 23 se muestra el sistema de tubería UF para el aprovechamiento del agua.

**Figura 23***Tuberías PVC-UF**Fuente: Empresa manufacturera*

## b) Válvula de bola

Para el sistema de riego son importantes los accesorios que se emplean, para ellos unos de los principales son las válvulas con las que cuenta la empresa Manufacturera.

En la Figura 24 se muestra una válvula de bola universal que sirve para el control del fluido.

### Figura 24

*Válvula de bola doble universal*



*Fuente: Empresa manufacturera*

## 3.6.4. Soluciones para minería

Los artículos producidos por la empresa manufacturera para el grupo de soluciones para la minería son, conexiones para electrocución y el sistema de tuberías HDPE entre los principales.

### a) Conexiones para electrocución

Los productos que se emplea en el sector minería son unos de los más importantes ya que es una de las industrias más grandes para ello se tiene productos como los accesorios de seguridad Frialen para una óptima transferencia de calor.

En la Figura 25 se muestran los accesorios para electro fusión.

**Figura 25**

*Conexiones para electro fusión*



*Fuente: Empresa manufacturera*

**b) Sistema de tuberías de HDPE**

Los productos de mayor envergadura que se utilizan en el sector de minería son el sistema de tubería HDPE, contienen materias primas e insumos especiales a base de resina de polietileno de alta densidad que cuenta con la mejora calidad que se puede proporcionar, también son de alta resistencia mecánica y sirven para tener un mejor manejo de fluidos sin presión.

En la Figura 26 se muestra el sistema de tuberías HDPE para poder ser trasladados al punto de trabajo.

**Figura 26**

*Sistema de tuberías HDPE*



*Fuente: Empresa manufacturera*

### 3.6.5. Soluciones para industria

Los artículos producidos por la empresa manufacturera para el grupo de soluciones para la industria son, accesorios PE –AL -PE y accesorios corzan entre los principales.

#### a) Accesorios PE-AL-PE

Los accesorios PE-AL-PE que ofrece la Empresa Manufacturera están orientados para las soluciones de traslado de fluidos como vapor, aire comprimido, agua y líquidos ácidos, estos materiales se pueden utilizar en condiciones ambientales diversas como internas de abrasión, con temperatura o presión.

En la Figura 27 se muestra un rollo de tuberías para un sistema industrial.

**Figura 27**

*Sistema de tuberías*



*Fuente: Empresa manufacturera*

#### b) Accesorios Corzan

Los accesorios corzan que ofrece la Empresa Manufacturera están orientados para las soluciones de traslado de fluidos como vapor, aire comprimido, agua y líquidos ácidos, son una presentación especial con una marca orientada a trabajar en condiciones ambientales diversas.

En la Figura 28 se muestra las conexiones corzán.

### Figura 28

*Conexiones corzán*



*Fuente: Empresa manufacturera*

## 3.7. PROCESO DE PRODUCCIÓN

Se presenta el proceso productivo para la producción de tuberías en la empresa Manufacturera en la ciudad de Arequipa la cual está compuesta por los sub procesos que pueden trabajar de manera automatizada en la mayoría de ellos y con mano de obra en trabajos manuales en la parte final del proceso.

### a) Almacén de materia prima

La materia prima es llevada en un camión hasta el almacén de materia prima de la empresa, los materiales se solicitan bajo un requerimiento de materia prima de acuerdo a la necesidad del área de mezcla. Los insumos a emplear son resina, carbonato, baeropan, dióxido de titanio, pigmento naranja o negro humo que vienen a ser los colorantes, los que son transportados desde el almacén de materia prima al área de mezcla con ayuda de un montacargas según el requerimiento del área solicitante.

En el almacén de materia prima se realiza el check list al equipo montacargas con las herramientas necesarias, el cual entrega la materia prima solicitada por el área de mezcla y una copia del requerimiento de materia prima, para realizar la verificación por parte de las dos áreas.

En la Figura 29 se muestra el almacenamiento de materias primas e insumos necesarios para la producción como la resina.

### Figura 29

*Almacenamiento de materias primas*



*Fuente: Empresa Manufacturera*

Se muestra el apilamiento de la resina que es la principal materia prima para la producción de tubería, esta se da en una zona indicada que cumple con características ambientales adecuadas para mantener la resina que es colocada en parihuelas de madera para evitar se contamine o humedezca.

#### b) Proceso de mezclado

Para la fabricación del material que ingresa a extrusión se debe pasar por el proceso de mezclado que inicia con el pesado de insumos de acuerdo a la fórmula empleada para cada tipo de tubería (sanitaria, alcantarillado y presión). Dicha fórmula fue probada y aprobada por el laboratorio de calidad y tiene un tiempo aproximado de 5 minutos.

Se va vertiendo los insumos a la olla de cocimiento la que posee unas aletas de acero inoxidable las que permiten que se realice un mezclado uniforme además de agregar calor por la fricción de estas con el material llegando a una temperatura de 120 °C con un tiempo de 13 minutos.

En la Figura 30 se muestra el mezclado de la materia prima (resina)

### Figura 30

*Mezclado de materia prima*



*Fuente: Banco fotográfico de empresa manufacturera*

El proceso de mezclado se realiza en la olla de acero inoxidable que puede aguantar la temperatura de cocción.

#### c) Proceso de enfriamiento de compuesto

Una vez que llega a la temperatura se abre una compuerta de la olla mediante un pistón neumático y el material pasa por gravedad durante 7 minutos a la olla de enfriamiento que cuenta con una camiseta por la que recircula agua para poder enfriar el material llegando a una temperatura de 50 °C para hacer la descarga del material con ayuda de un motor que está conectado a un resorte cavichi que se encarga de transportar el material al big bag. Una vez descargado es pesado y rotulado con el código SAP, el nombre del compuesto, el peso del big bag que oscila entre 1100 y 1500 kg y la fecha en el que fue producido.

#### d) Proceso de extrusión

El material en polvo es colocado en un big bag con un peso entre 1100 y 1500 kilos ingresa al área de extrusión mediante un montacargas y es colocado en una tolva el cual con ayuda de un resorte cavichi es transportado a la tolva de alimentación y con ayuda de un motor dosificador el cual es programado por el operador de la máquina, el material ingresa a la extrusora y es transportado hacia el cabezal por medio de unos tornillos cónicos o rectos que se encuentran dentro de una camiseta o cilindro que está dividido en 5 zonas de cocimiento mediante resistencias las cuales son

programadas por el operador de la máquina de acuerdo a la plastificación del material, en la tercera zona el material debe tener una contextura granulada y además del cocimiento se da un proceso de desgasificación para eliminar gases del material por medio de una bomba de vacío, esto permite un mejor cocimiento para un mejor acabado.

Cuando el material ingresa a la zona del cabezal el que se inicia con un herramental denominado restrictor el cual genera una fricción en la última zona del tornillo para una mejor plastificación del material. El cabezal está formado por diferentes piezas (olla torpedo, estrella, molde intermedio, pin portapostizo y postizo) en cada pieza se colocan resistencias para un mejor acabado del material.

Estas piezas permiten darle la medida y espesores de cada tubería según las normas ISO 9001. En la zona del cabezal es donde se dan las propiedades de brillo y el aspecto de la superficie de la tubería (liso). Una vez que sale del cabezal el diámetro de la tubería es mayor ya que sale el material plastificado y caliente y conforme va ingresando a la tina de enfriamiento, lo primero que se coloca en la zona de ingreso es un calibrador con la medida del diámetro de acuerdo a las características de producción y a las normas de calidad estandarizadas por la ISO 9001:2015. El tiempo de proceso es de 1 hora aproximadamente, donde se contempla las etapas de mezclado, desgasificado, plastificado y moldeado.

En la Figura 31 se muestra la máquina extrusora para la elaboración de la tubería.

### **Figura 31**

*Proceso de extrusión*



*Fuente: Empresa Manufacturera*

En la Figura se muestran las distintas etapas de la máquina extrusora y sus tableros de control para determinar las características del producto.

#### e) Proceso de enfriamiento de tubería

El material sale del cabezal e ingresa a la tina de enfriamiento pasa por un calibrador que es el que se encarga de darle el diámetro según las normas ISO 9001:2015 de calidad gracias a un sistema de vacío, la que cuenta con tuberías y aspersores donde recircula el agua a una temperatura de 19 °C. Al ingresar por la tina de enfriamiento el calibrador le da el diámetro normado, durante los 6 metros se dedica únicamente a enfriar el tubo, el tiempo promedio para este subproceso es de 8 minutos donde también se realiza una inspección sobre el producto.

En la Figura 32 se muestra el proceso de enfriamiento del producto intermedio para la producción de tuberías.

#### Figura 32

*Proceso de enfriamiento*



*Fuente: Empresa Manufacturera*

El tiempo y las otras características se controlan mediante la programación de la máquina en el tablero de control.

#### f) Proceso de codificación

Al salir de la tina de enfriamiento pasa por dos codificadores uno de tinta que se denomina inkjet el cual también se programa mediante un encoder y un contador, el disparo de tinta debe ser a una distancia de un metro, esta tinta es de color azul y solo

se borra con aditivo. En la Figura 33 se muestra cómo se realiza la codificación de la tubería que se encuentra en proceso.

### **Figura 33**

*Proceso de codificación*



*Fuente: Empresa Manufacturera*

Además de este codificador también se emplea un codificador laser el cual proporciona la misma marca, pero en un color mostaza separados a 5 cm de cada lado y centrado con el codificado de tinta.

#### **g) Proceso de traslación, corte y biselado**

Al salir de la tina de enfriamiento pasa por una jaladora que se encarga de izar la tubería mediante cadenas que giran con ayuda de cajas reductoras a una velocidad que el operador programa de acuerdo al rendimiento de la máquina, mantienen la tubería a una distancia y velocidad adecuada para que la tubería pueda ingresar a la cortadora que trabaja mediante un sistema neumático con pistones corte para elevarlo y luego cortar la tubería avanza mientras corta la tubería a una distancia programada gracias a un encoder que mide la tubería y envía una señal para realizar el corte de 3 o 6 metros dependiendo del tipo de tubería. La cortadora posee un disco de corte con borde diamantado y una fresa avellanadora que es la que realiza el biselado.

Cuando el encoder mide los 6 metros programados en el tablero de control las mordazas con ayuda de un sistema neumático sujetan el tubo mientras el disco de corte va girando alrededor y va realizando el corte y biselado de tubo, la mesa de la

cortadora tiene un ligero avance de más o menos 1 metro hasta que el tubo se encuentra cortado la mesa retorna a su fin de carrera.

En la Figura 34 se muestra la máquina cortadora de acuerdo a las dimensiones requeridas por el formato.

### **Figura 34**

*Proceso de traslación y corte*



*Fuente: Empresa Manufacturera*

Se puede realizar cortes cada 3 metros y cada 6 metros de acuerdo a la orden de producción, los datos son ingresados por el operador.

### **h) Proceso de acampanado**

En el caso del acampanado es manual se realiza el calentamiento de un extremo de la tubería más o menos entre 5 a 10 cm en un horno eléctrico el que cuenta con resistencias tubulares, el extremo de la tubería debe calentar de 3 a 5 minutos, al costado del horno se encuentra la acampanadora la que está conformada por un herramental de acero inoxidable que recibe el nombre de pin de acampanado, hay diferentes formas dependiendo de la tubería a fabricar, campana con embone normal y campana para anillo que recibe el nombre de unión flexible.

En la Figura 35 se muestra el acampanado del producto que se realiza en la parte final del proceso.

**Figura 35***Acampanado de tubería**Fuente: Empresa Manufacturera*

En la figura se muestra el acampanado de una tubería de 160 MM de diámetro la cual es una de los principales productos de la empresa.

**i) Proceso de etiquetado y amarrado**

Ambas campanas se enfrían por agua o con un motor de ventilación, se quita la rebaba que queda después del corte y se coloca un sticker dependiendo del diámetro de la tubería y del tipo de campana. En la Figura 36 se muestra la zona de almacenamiento de tubería ya acampanada.

**Figura 36***Proceso de acampanado manual**Fuente: Empresa Manufacturera*

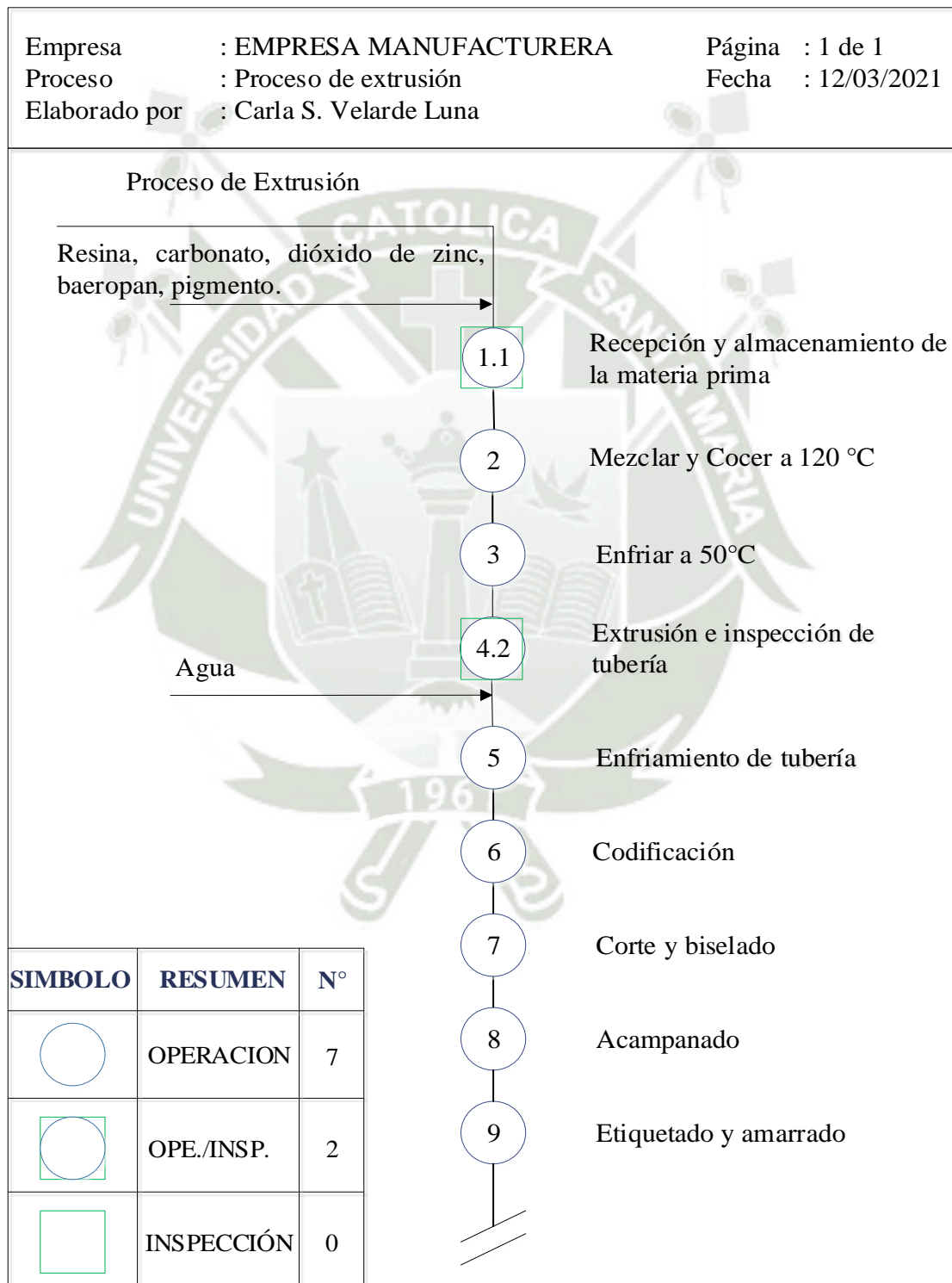
De diámetros pequeños desde  $\frac{1}{2}$ " hasta 4" se amarra con rafia en cantidades de 30, 25, 10 o 5 unidades de manera que facilite el manipuleo al momento de almacenar o despachar a los clientes.

### 3.7.1. Diagrama de operaciones de proceso (DOP)

En la Figura 37 se presenta el diagrama de operaciones del proceso extrusión.

**Figura 37**

*Diagrama operaciones del proceso de extrusión (DOP)*



*Fuente: Elaboración propia*

En el diagrama de operación del proceso de extrusión se tienen 7 operaciones y 2 actividades combinadas para la producción de tuberías de PVC en la empresa manufacturera.

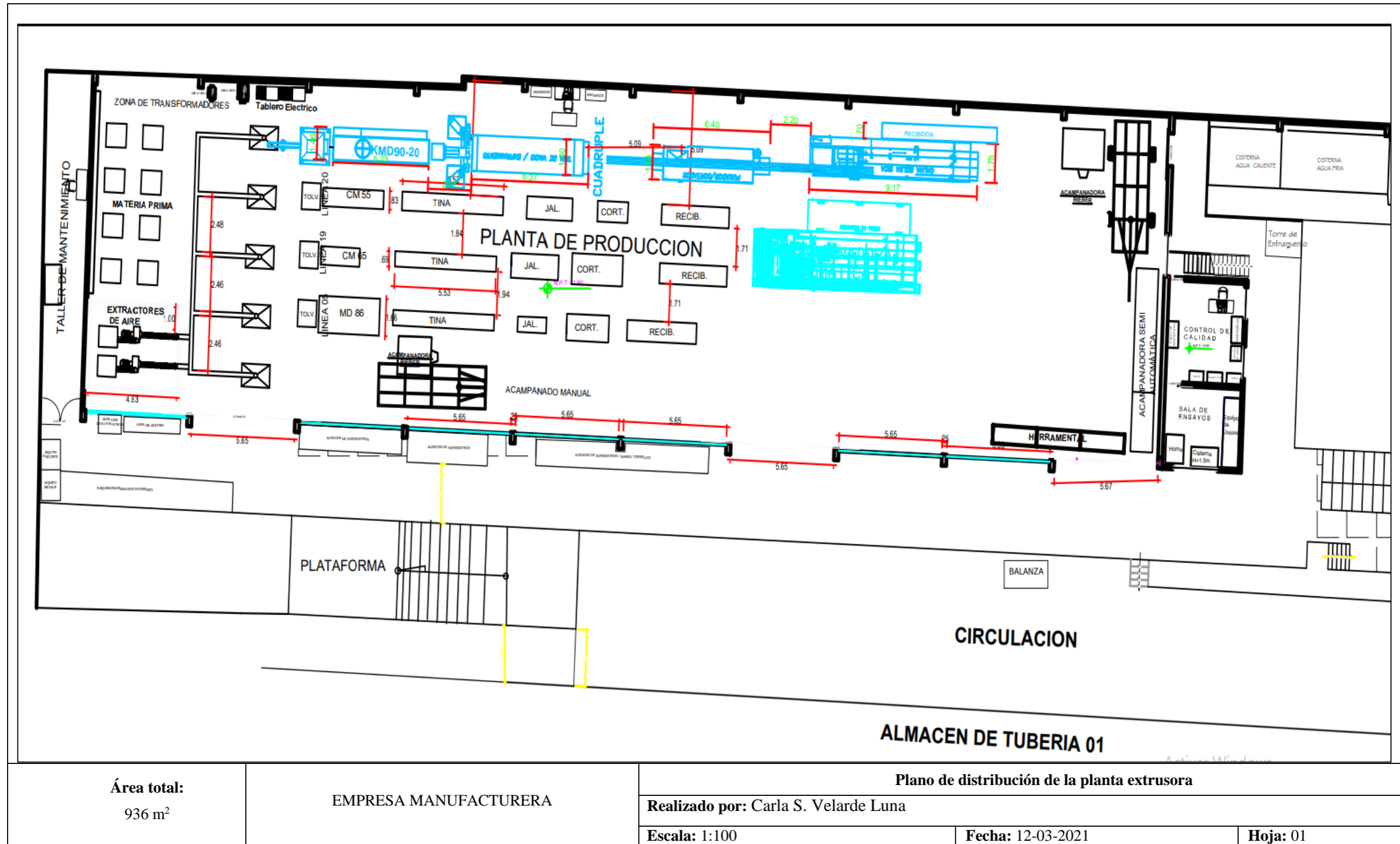
### **3.8. DISTRIBUCIÓN DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN**

La planta de producción de la Empresa Manufacturera está ubicada en el kilómetro 1.5 de la variante de Uchumayo en la ciudad de Arequipa, cuenta con un área de 936 m<sup>2</sup> donde se distribuye la zona de producción y la zona de almacenes transitorios y el almacén de materia prima e insumos.



Figura 38

Distribución de la planta extrusora



Elaboración propia

Fuente:

## CAPITULO IV:

### 4. ANÁLISIS SITUACIONAL

Se realiza el análisis situacional de la planta de extrusión de la Empresa Manufacturera utilizando herramientas de ingeniería y diagnóstico como el mapa de procesos, el análisis de las 6M's un análisis descriptivo como el análisis AMOFHIT, el análisis causa- efecto y el diagrama de Pareto para poder identificar la principal problemática que se presenta en la planta de producción.

#### 4.1. MAPA DE PROCESOS

En el mapa de procesos es importante identificar los distintos procesos que componen la Empresa Manufacturera por lo que se divide en tres tipos.

##### a) Procesos estratégicos

Los procesos estratégicos están a cargo de la alta dirección y de los puestos de asesoría como el área de sistemas de gestión enfocados a la calidad, seguridad y medio ambiente.

- Dirección estratégica
- Sistemas de gestión

##### b) Procesos operativos

Los procesos operativos están compuestos por los principales sub procesos de la planta de extrusión de la empresa manufacturera donde se realiza la producción de las tuberías de PVC.

- Recepción de materia prima
- Mezclado
- Enfriamiento
- Extrusión
- Enfriamiento de tubería
- Codificación
- Corte y biselado
- Acampanado

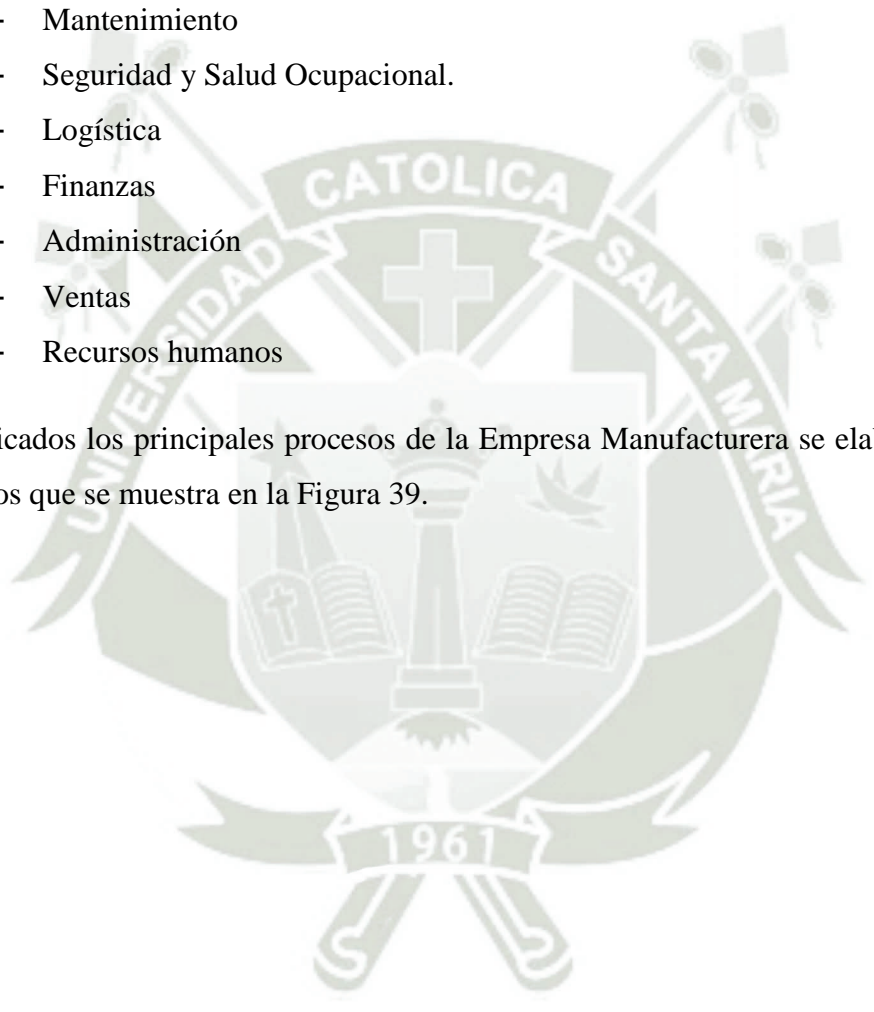
- Etiquetado

**c) Procesos de apoyo**

Los procesos de apoyo están compuestos por las áreas que complementan los procesos productivos.

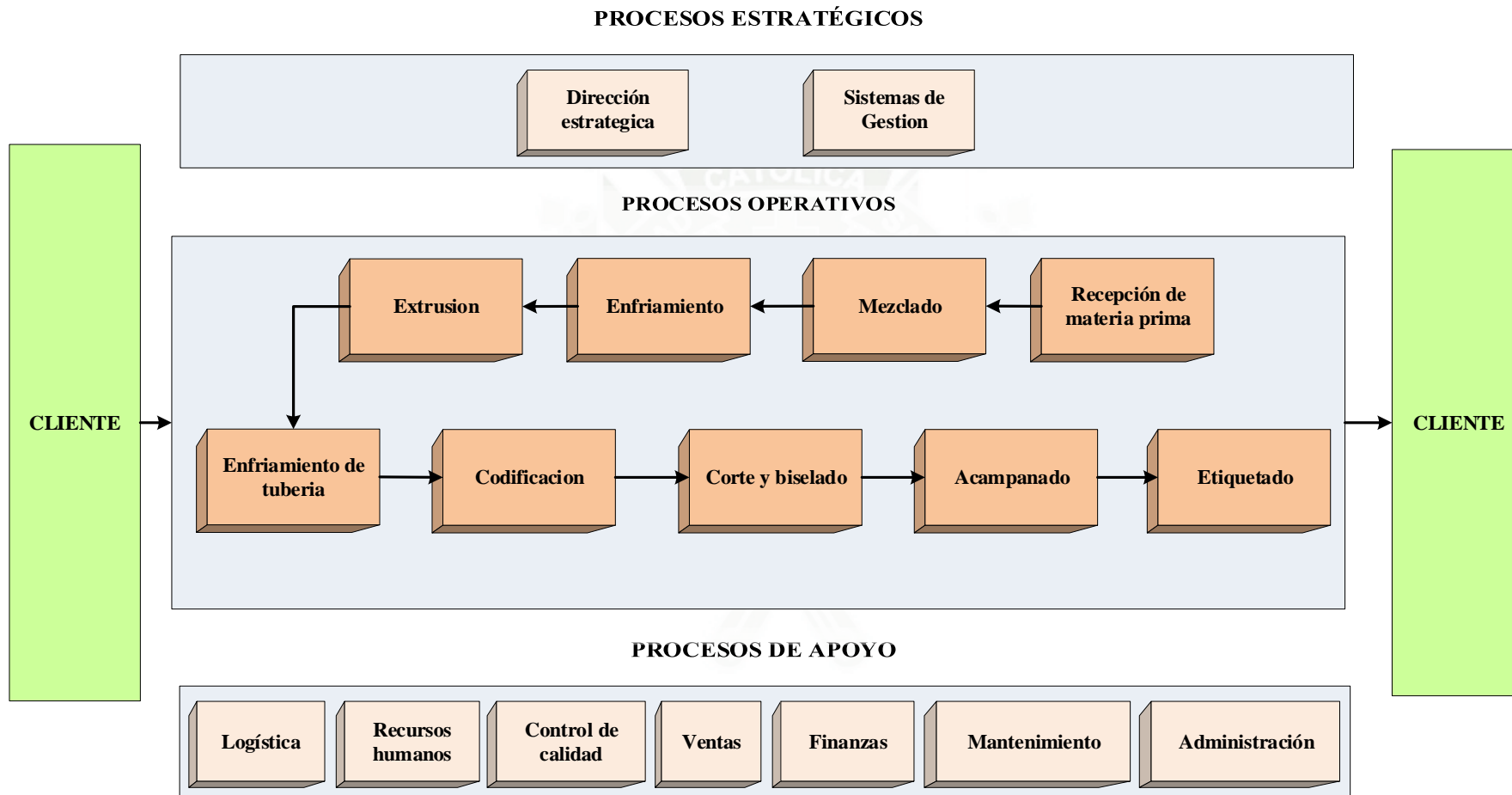
- Control de calidad
- Mantenimiento
- Seguridad y Salud Ocupacional.
- Logística
- Finanzas
- Administración
- Ventas
- Recursos humanos

Identificados los principales procesos de la Empresa Manufacturera se elabora el mapa de procesos que se muestra en la Figura 39.



**Figura 39**

*Mapa de procesos de la Empresa manufacturera*



*Fuente: Elaboración propia*

## 4.2. ANÁLISIS DEL PROCESO PRODUCTIVO

El análisis del proceso productivo en la planta de extrusión de la Empresa Manufacturera se realizó posterior al seguimiento realizado mediante la técnica de observación, este trabajo de campo lo realizo la autora del estudio.

### a) Almacén de materia prima

La materia prima es llevada en un camión hasta el almacén de materia prima de la empresa, los materiales se solicitan bajo un requerimiento de materia prima de acuerdo a la necesidad del área de mezcla. Los insumos a emplear son resina, carbonato, baeropan, dióxido de titanio, pigmento naranja o negro humo que vienen a ser los colorantes, los que son transportados desde el almacén de materia prima al área de mezcla con ayuda de un montacargas según el requerimiento del área solicitante.

En esta zona se tienen problemas en cuanto al orden y limpieza de la zona, ya que se encuentran más insumos de materia prima de otras áreas como la de rotomoldeo, a la vez también se observan productos terminados en la zona, este almacén de materia prima no se encuentra rotulado debidamente y pueden producirse errores al momento de atender a las áreas de producción.

### b) Proceso de mezclado

Para la fabricación del material que ingresa a extrusión se debe pasar por el proceso de mezclado que inicia con el pesado de insumos de acuerdo a la fórmula empleada para cada tipo de tubería (sanitaria, alcantarillado y presión). Dicha fórmula fue probada y aprobada por el laboratorio de calidad y tiene un tiempo aproximado de 10 minutos.

Se va vertiendo los insumos a la olla de cocimiento la que posee unas aletas de acero inoxidable las que permiten que se realice un mezclado uniforme además de agregar calor por la fricción de estas con el material llegando a una temperatura de 120 °C con un tiempo de 16 minutos.

En este proceso se tienen problemas en cuanto a la cantidad de insumos que se colocan, en ocasiones no se colocan cantidades correctas de pigmentos por tal motivo al momento de fabricar la tubería en el área de extrusión las tuberías salen con distintos

tonos de color incumpliendo las normas ya definidas por la ISO 9001:2015 donde se detalla que la tubería debe tener un color uniforme.

Cuando el material ingresa al barril y tornillo y no llega a cocer a la temperatura recomendada, ocasiona que el material provoque más fricción entre los tornillos provocando quizá que estos se rompan y hasta se malogre la caja reductora; lo que ocasionaría paradas largas de máquina debido a los tiempos largos de reparación.

#### **c) Proceso de enfriamiento de Big Bag**

Una vez que llega a la temperatura se abre una compuerta de la olla mediante un pistón neumático y el material pasa por gravedad durante 13 minutos a la olla de enfriamiento que cuenta con una camiseta por la que recircula agua para poder enfriar el material llegando a una temperatura de 50 °C para hacer la descarga del material con ayuda de un motor que está conectado a un resorte cavichi que se encarga de transportar el material al big bag. Una vez descargado es pesado y rotulado con el código SAP, el nombre del compuesto, el peso del big bag que oscila entre 1100 y 1500 kg y la fecha en el que fue producido.

Además, se agrega un porcentaje de reprocesado según lo permitido por las normas ISO 9001 de calidad (3% por cada carga, 180 kg/carga).

Se tienen problemas por la cantidad o calidad del material reprocesado que vierte en el compuesto, ya que puede estar contaminado, quemado (degradado), generando scrap (material reprocesado generado), afectando el indicador de calidad, en cuanto a las temperaturas con las que se ingresa el material a la extrusora, ya que si el material ingresa con una mayor temperatura de los 50 °C puede producirse quemaduras del material en la extrusora, dañando el herramental, ya que luego de ellos se debe pulir y limpiar; lo que también ocasiona paradas de máquinas innecesarias, y generación de scrap (reprocesado) por parada y arranque de máquina.

#### **d) Proceso de extrusión**

El material en polvo es colocado en un big bag con un peso entre 1100 y 1500 kilos ingresa al área de extrusión mediante un montacargas y es colocado en una tolva el cual con ayuda de un resorte cavichi es transportado a la tolva de alimentación y con

ayuda de un motor dosificador el cual es programado por el operador de la máquina, el material ingresa a la extrusora y es transportado hacia el cabezal por medio de unos tornillos cónicos o rectos que se encuentran dentro de una camiseta o cilindro que está dividido en 5 zonas de cocimiento mediante resistencias las cuales son programadas por el operador de la máquina de acuerdo a la plastificación del material, en la tercera zona el material debe tener una contextura granulada y además del cocimiento se da un proceso de desgasificación para eliminar gases del material por medio de una bomba de vacío, esto permite un mejor cocimiento para un mejor acabado.

Cuando el material ingresa a la zona del cabezal el que se inicia con un herramental denominado restrictor el cual genera una fricción en la última zona del tornillo para una mejor plastificación del material. El cabezal está formado por diferentes piezas (olla torpedo, estrella, molde intermedio, pin porta postizo y postizo) en cada pieza se colocan resistencias para un mejor acabado del material.

Estas piezas permiten darle la medida y espesores de cada tubería según las normas ISO 9001. En la zona del cabezal es donde se dan las propiedades de brillo y el aspecto de la superficie de la tubería (liso). Una vez que sale del cabezal el diámetro de la tubería es mayor ya que sale el material plastificado y caliente y conforme va enfriando se reduce el diámetro de acuerdo a las características de producción. El tiempo de proceso es de 16 minutos aproximadamente, donde se contempla las etapas de mezclado, desgasificado, plastificado y moldeado.

En esta parte del proceso se realizan los cambios de formato, los que duran dependiendo de la cantidad a herramental a cambiar, además del calentamiento de todo el herramental debido al tamaño de estos. El cambio de formato dura entre 2 a 8 horas el mayor tiempo perdido es el calentamiento del herramental, ya que es considerado una demora de por lo menos 2 horas.

#### **e) Proceso de enfriamiento de tubería**

El material sale del cabezal e ingresa a la tina de enfriamiento pasa por un calibrador que es el que se encarga de darle el diámetro según las normas ISO 9001 de calidad gracias a un sistema de vacío, la que cuenta con tuberías y aspersores donde recircula el agua a una temperatura de 19 °C. Al ingresar por la tina de enfriamiento el calibrador le da el diámetro normado, durante los 6 metros se dedica únicamente a enfriar el tubo,

el tiempo promedio para este subproceso es de 14 minutos donde también se realiza una inspección sobre el producto.

El tiempo y las otras características se controlan mediante la programación de la máquina en el tablero de control.

#### **f) Proceso de codificación**

Al salir de la tina de enfriamiento pasa por dos codificadores uno de tinta que se denomina inkjet el cual también se programa mediante un encoder y un contador, el disparo de tinta debe ser a una distancia de un metro, esta tinta es de color azul y solo se borra con aditivo.

Además de este codificador también se emplea un codificador laser el cual proporciona la misma marca, pero en un color mostaza separados a 5 cm de cada lado y centrado con el codificado de tinta. Este proceso dura cerca de 14 minutos.

#### **g) Proceso de traslación, corte y biselado**

Al salir de la tina de enfriamiento pasa por una jaladora que se encarga de izar la tubería mediante cadenas que giran con ayuda de cajas reductoras a una velocidad que el operador programa de acuerdo al rendimiento de la máquina, mantienen la tubería a una distancia y velocidad adecuada para que la tubería pueda ingresar a la cortadora que trabaja mediante un sistema neumático con pistones corte para elevarlo y luego cortar la tubería avanza mientras corta la tubería a una distancia programada gracias a un encoder que mide la tubería y envía una señal para realizar el corte de 3 o 6 metros dependiendo del tipo de tubería. La cortadora posee un disco de corte con borde diamantado y una fresa avellanadora que es la que realiza el biselado.

Cuando el encoder mide los 6 metros programados en el tablero de control las mordazas con ayuda de un sistema neumático sujetan el tubo mientras el disco de corte va girando alrededor y va realizando el corte y biselado de tubo, la mesa de la cortadora tiene un ligero avance de más o menos 1 metro hasta que el tubo se encuentra cortado la mesa retorna a su fin de carrera.

Se puede realizar cortes cada 3 metros y cada 6 metros de acuerdo a la orden de producción, los datos son ingresados por el operador. Este proceso tiene una duración de 16 minutos.

#### **h) Proceso de acampanado**

En el caso del acampanado es manual se realiza el calentamiento de un extremo de la tubería más o menos entre 5 a 10 cm en un horno eléctrico el que cuenta con resistencias tubulares, el extremo de la tubería debe calentarse de 3 a 5 minutos, al costado del horno se encuentra la acampanadora la que está conformada por un herramental de acero inoxidable que recibe el nombre de pin de acampanado, hay diferentes formas dependiendo de la tubería a fabricar, campana con embone normal y campana para anillo que recibe el nombre de unión flexible. Este proceso dura 35 minutos (27 tubos - 400 kg), debido a que todo el proceso es manual.

Este acampanado provoca que queden tuberías pendientes, en ocasiones que se pare máquina debido a que hay demasiada tubería rezagada generando desorden en planta debido al apilamiento momentáneo de la tubería que aún no se entrega al almacén por falta de acampanado. En ocasiones se llegó a bajar el rendimiento de la máquina para no seguir generando tuberías rezagadas y desorden en planta.

En el acampanado se observan bastantes tuberías con defectos las que son rechazadas y observadas por el área de calidad, generando cuello de botella en el flujo de la entrega del producto terminado al almacén y retrabajos. El acampanado manual presenta los siguientes defectos: Campana floreada, campana blanca, campana rota y campana quemada, en ocasiones han llegado a generarse reclamos de los clientes por dichos defectos.

#### **i) Proceso de etiquetado y amarrado**

Ambas campanas se enfrían por agua o con un motor de ventilación, se quita la rebaba que queda después del corte y se coloca un sticker dependiendo del diámetro de la tubería y del tipo de campana.

de diámetros pequeños desde ½” hasta 4” se amarra con rafia en cantidades de 30, 25, 10 o 5 unidades de manera que facilite el manipuleo al momento de almacenar o

despachar a los clientes. El proceso de etiquetado dura 12 minutos para 27 tubos (400 kg).

#### 4.3. ANÁLISIS AMOFHIT

Se analiza la Empresa Manufacturera desde los factores internos de la empresa como la administración, operaciones, marketing, logística, informática, recursos humanos, tecnología y finanzas.

- a) Administración:** La empresa manufacturera cuenta con una gerencia de administración y finanzas y de Recursos humanos las cuales se encargan de la gestión del talento humano de la empresa, estas áreas cuentan con todos los recursos necesarios para asignar el mejor talento humano a las plantas de producción, se cuenta con un sistema de capacitación en campo que permite a los nuevos trabajadores conocer rápido el proceso productivo, la capacitación del personal lleva el nombre de cascos amarillos, también se realiza la inducción al puesto de trabajo con 8 horas de capacitación repartida en dos días.

La comunicación entre las gerencias y la supervisión de las plantas productivas es rápida debido a que no se tiene muchos niveles jerárquicos, en la actualidad se ha implementado un sistema TIERR 3, 4, 5 con la finalidad de revisar los indicadores de todas las áreas de la empresa en el segundo sistema se revisan los problemas principales que se han presentado que se denominan No Conformidades y en el último sistema se revisan las mejoras que se están proponiendo para la corrección de los problemas esto viene acompañado con la revisión del sistema de seguridad de la empresa.

- b) Marketing:** la empresa no cuenta con una campaña de marketing importante debido a que la marca de la empresa ya es conocida a nivel nacional, cuenta con sus costos de publicidad establecidos y no cambian en gran dimensión de acuerdo a la necesidad, sin embargo se han presentado problemas al momento de colocar los nuevos precios ya que se han incrementado los costos de producción y esto ha provocado que los precios que conocía el cliente hayan variado generando incertidumbre entre sus principales clientes que han visto la necesidad de buscar nuevas alternativas.

La empresa cuenta con su página web donde pueden conocer los principales productos y servicios de la empresa, los nuevos se contactan principalmente con el área comercial que está distribuida por asesores comerciales por diferentes sectores.

c) **Operaciones:** la empresa manufacturera cuenta con tres plantas de producción distribuidas a lo largo del territorio peruano las cuales son:

- Planta de Lurín
- Planta de Chiclayo
- Planta de Arequipa

La planta de Arequipa cuenta con sistema de producción basado en procesos manuales a diferencia de las otras dos plantas que son más automatizadas sobre todo en el proceso de extrusión y mezclado, ocasionando los bajos índices de productividad.

Los principales procesos con los que se cuenta en la planta de extrusión de la empresa son recepción de materia prima, mezclado y cocción, enfriamiento de materia prima, extrusión, enfriamiento de tubería, codificación, corte y biselado, acampanado, etiquetado y amarrado. La planta cuenta con una capacidad de producción de 450 toneladas/mes de tubería sanitaria, presión, alcantarillado y desagüe.

Los procesos productivos no están balanceados creando cuellos de botella e inventarios en proceso lo que genera desperdicios de tiempo importantes llevando a una baja productividad.

a) **Finanzas:** la empresa manufacturera no presenta ningún problema económico para cumplir sus obligaciones con el personal de la empresa, con los proveedores, con los impuestos y obligación que tenga, cuenta con un importante respaldo económico financiero ya que pertenece a una corporación a nivel internacional.

La empresa paga a tiempo a sus trabajadores y también a sus proveedores generando una buena motivación.

b) **Recursos humanos:** Es el área encargada de la selección y entrenamiento del personal estas actividades se realizan de buena forma por medio de las capacitaciones como la inducción al puesto de trabajo y las capacitaciones en campo que recibe el personal nuevo y aquel que lo solicita.

Es el área encargada de hacer las coordinaciones con los proveedores de máquinas y equipos para la capacitación del personal en nuevas técnicas de operación, calidad y mantenimiento.

La planta de Arequipa cuenta con un total de 49 trabajadores en promedio y en la planta de extrusión cuenta con 21 trabajadores que trabajan los procesos de extrusión y rotomoldeo. Dentro de la planta se percibe un buen clima laboral y se da a los trabajadores una motivación económica a base de bonos de producción y comerciales. Debido a la variación en la demanda de los productos se tiene un alto índice de rotación del personal lo que genera problemas a futuro con los relevos que se tenga por vacaciones, descansos médicos y por renunciadas de los trabajadores ya que el nuevo personal demora en conocer las actividades de operación de la planta de producción.

- c) **Informática:** la empresa cuenta con un sistema operativo SAP Logon que permite integrar todas las áreas productivas con las áreas complementarias como recursos humanos, logística, fianzas permitiendo de esta manera una mejor comunicación entre las áreas y el traslado de buena información, por medio del sistema se obtienen los indicadores de cada área que son revisados en las reuniones mensual, quincenales y semanales.

El sistema operativo de la empresa y la plataforma para el levantamiento de las no conformidades, reclamos y sistemas integrados de gestión que presenta la empresa manufacturera, también permite tener la información en tiempo real por medio de los indicadores.

- d) **Tecnología:** la empresa cuenta con una tecnología antigua que le genera problemas eléctricos y mecánicos generando paradas de producción importantes lo que ocasiona la baja productividad del proceso productivo

En la actualidad se cuenta con 3 líneas de producción donde se produce la tubería de PVC, en estas líneas se pueden producir diferentes tipos de tubería debido al diámetro y tipo de producto (sanitario, presión y alcantarillado y desagüe)

#### 4.4. ANÁLISIS DE LAS 6M'S

Para poder conocer los principales factores que afectan la productividad del proceso productivo se realiza el análisis de las 6M's. donde se describe como se encuentra los puntos relacionados a mano de obra, método de trabajo, maquinaria, medición, materiales y medio ambiente.

##### a) Mano de obra

Uno de los factores más importantes para la productividad es la mano de obra que tiene la línea de extrusión que hacen un total de 21 colaboradores entre el personal operario, maquinistas, inspectores de calidad, técnicos de mantenimiento y supervisores, se tiene mano de obra calificada para los procesos críticos y la supervisión y también se tiene mano de obra no calificada para los auxiliares de los sub procesos y el personal que realiza la limpieza.

Se tiene un alto índice de rotación de personal debido a la variación de producción que se tiene, lo que hace que se contrate y despida gente todos los meses, en algunas ocasiones se mantiene el personal y se traslada a otras plantas que lo requieren y regresan cuando la producción aumenta.

El personal de planta recibe su salario de acuerdo a escalas salariales que están en demanda al tiempo de trabajo y el puesto que ocupan, a su vez reciben bono de acuerdo a las metas alcanzadas, se tiene un buen ambiente de trabajo y no hay conflictos con el sindicato.

##### b) Material

La materia prima necesaria para la planta de extrusión es la resina que se adquiere en big bag de 1100 y 1200 kilogramos, para los demás insumos se realizan compras mensuales y se tiene en el almacén general, no se tiene mayores problemas con el desabastecimiento de los materiales.

El principal problema que se presenta con los materiales son la variación de inventarios que tiene en el almacén general lo que puede ocasionar pérdidas importantes, se cuenta con proveedores ya confiables que han sido calificados por el área de logística.

**c) Maquinaria**

La empresa manufacturera cuenta con líneas de producción de tubería de diferentes tipos y estas pueden ser para tubería de presión, alcantarillado, desagüe y sanitaria, sin embargo, todas las líneas de producción cuentan con máquinas obsoletas que tienen una gran antigüedad y son de los años 80 y 90 y también son máquinas manuales que no cuentan con sistemas automáticos que permitan mejorar la productividad del proceso.

Las máquinas de la planta de producción presentan problemas de mantenimiento ya que no se tiene implementado un programa de mantenimiento preventivo o predictivo, ocasionando paradas imprevistas que paralizan la producción de las tuberías.

También se tiene el problema de la falta de automatización de las máquinas sobre todo en los procesos de extrusión y mezclado donde el proceso es manual generando importantes inventarios en proceso.

**d) Método de trabajo**

Los procesos de la planta de extrusión presentan problemas importantes al momento de realizar los métodos de trabajo que afectan directamente a la productividad del proceso, debido al método de trabajo mal ejecutado se generan tiempos de espera importantes.

Uno de los problemas principales se da en la máquina extrusora donde se cambia el formato de los lotes de producción que van a iniciar de acuerdo al tipo de producto o diámetro de la tubería que se va a trabajar, se tiene una demora considerable al momento de esperar al personal del área de mantenimiento y al supervisor del proceso. También se presentan problemas al momento de ingresar el material en proceso de acampado que tienen inventarios en proceso, se encuentran carretas con producto intermedio que pueden tener productos defectuosos, productos listos para el siguiente proceso o carretas incompletas.

Otro de los problemas que se presenta en el método de trabajo se da en el proceso de mezclado que presenta problemas en la fórmula de la masa que presenta mayor pigmentación debido a la variación del insumo de pigmento naranja o negro humo ocasionado por un mal pesado o balanza descalibrada.

#### e) Medio ambiente

La empresa cuenta con diferentes ambientes de trabajo donde se tiene las áreas administrativas donde se encuentra la gerencia administrativa y de recursos humanos y las oficinas de las áreas de apoyo, también se cuenta con la planta productivo de extrusión, donde se presentan problemas importantes en el orden y limpieza, no se tiene implementados criterios de selección de los materiales que se encuentran en la planta por lo que se genera espacios insuficientes, mezclas de las materias primas e insumos.

Se tiene personal que se encargan del orden de la planta sin embargo no logran realizar un buen trabajo ya que en la mayoría de materiales es el supervisor del proceso el que decide que se va hacer con ese material si entra a producción, se reubica a otra zona, se vende o se elimina.

#### f) Medición

En las plantas de producción se tiene indicadores que permiten tomar mejores decisiones a la gerencia y supervisores de planta sin embargo no se tienen completos los indicadores, no existen alguno que mida la productividad de los principales factores.

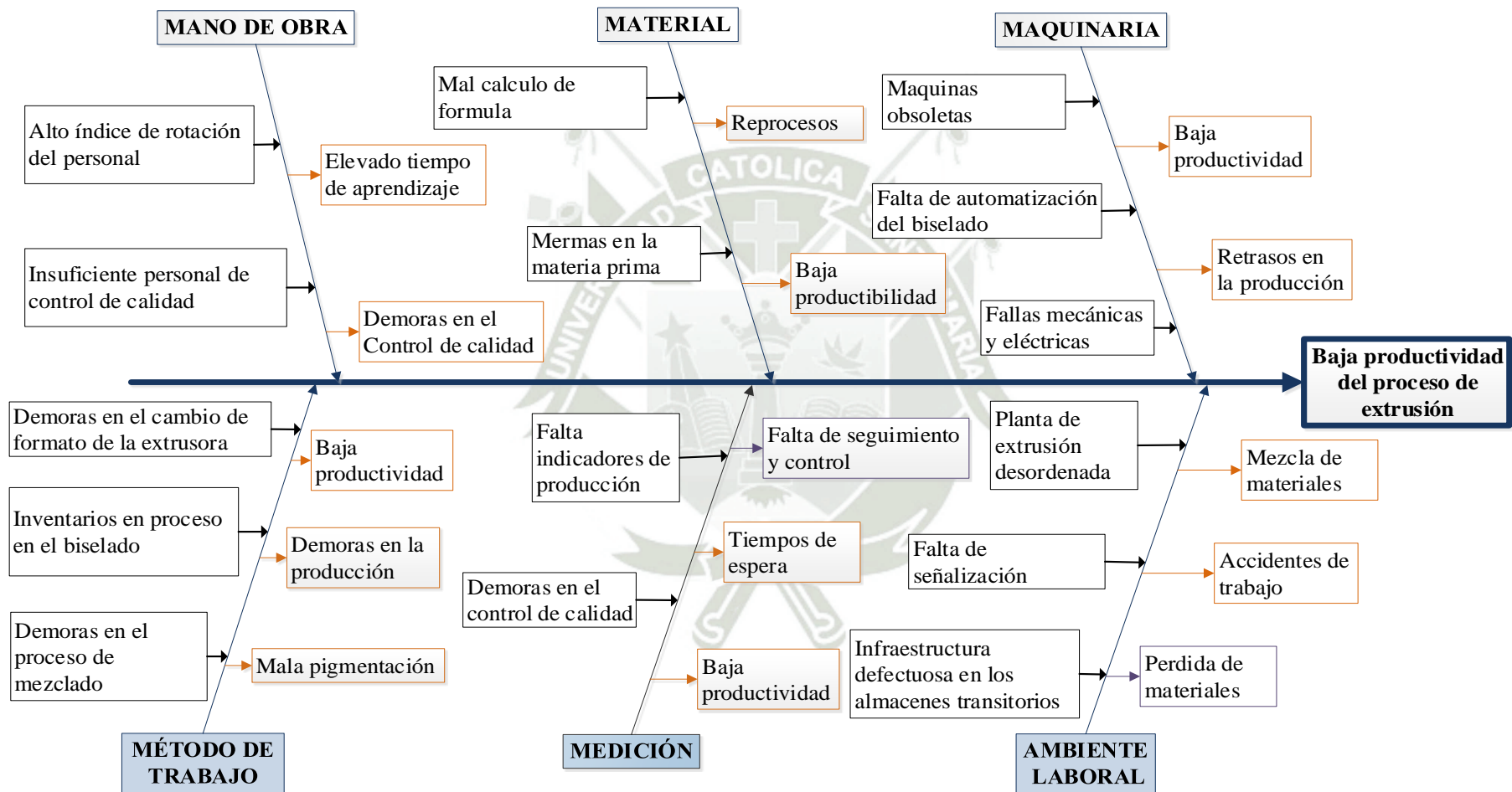
Se generan problemas cuando se realiza el control de calidad en los procesos donde se requiere debido a la carga laboral que se tiene ocasionándose demoras y tiempos de espera en el inicio de las operaciones.

### 4.5. ANÁLISIS DE ISHIKAWA

Realizados los análisis de la situación actual de la planta de extrusión de la empresa manufacturera se han identificado factores que afectan la productividad del proceso mediante el análisis AMOFHIT, el análisis del proceso productivo y el análisis de las 6 M's que son la base para la elaboración del análisis de Ishikawa para determinar la baja productividad del proceso.

**Figura 40**

*Ishikawa de la empresa Manufacturera*



*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.6. ANÁLISIS DE PARETO

Con el análisis del diagrama de Ishikawa se elabora el diagrama de Pareto para identificar los principales problemas que se muestran en la Tabla 04.

**Tabla 04**

*Causas para la baja productividad*

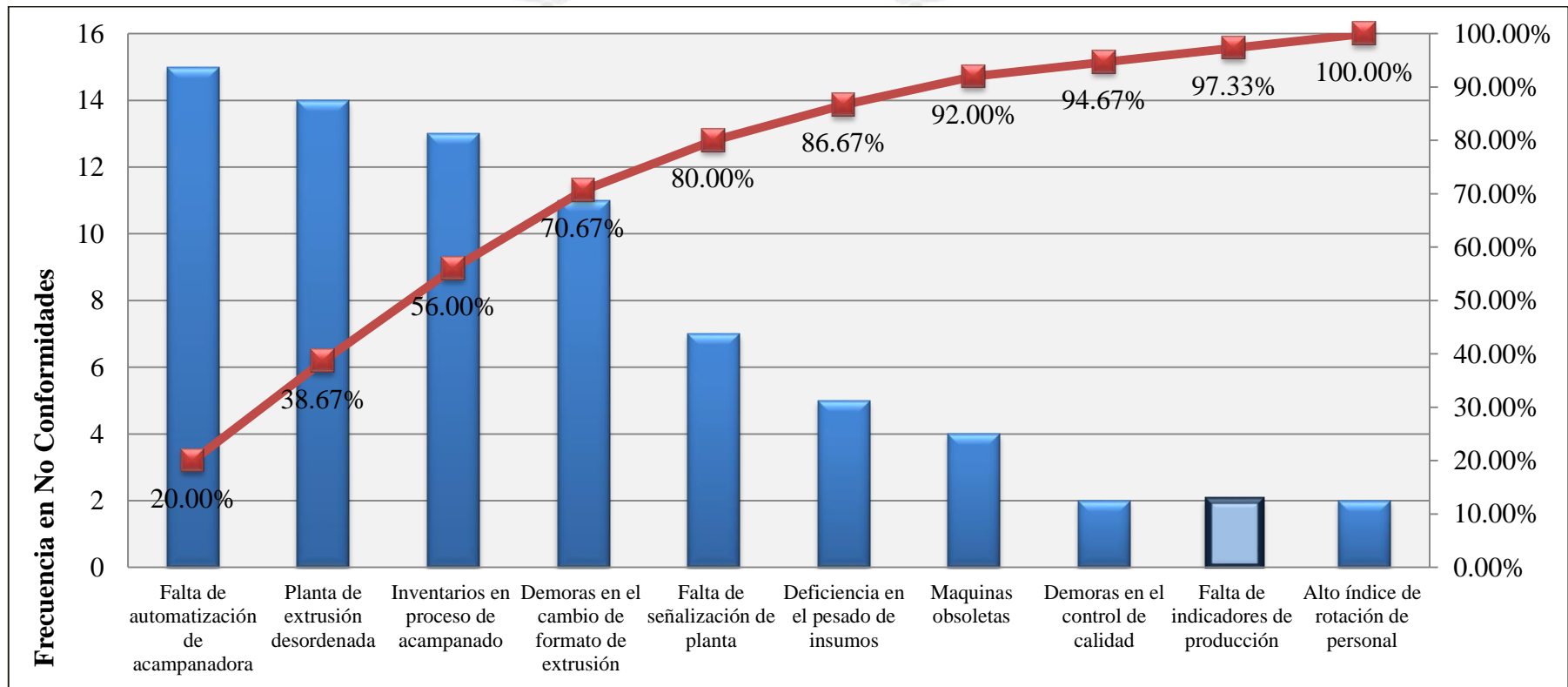
N°	Proceso	Causas principales	Efectos ocasionados	Frecuencia (NC)	Porcentaje por Motivo	Porcentaje acumulado	Porcentaje Total
1	Método de trabajo	Falta de automatización de acampanadora	Baja productividad y demoras en la producción	15	20.00%	20.00%	<b>80.00%</b>
2	Medio ambiente	Planta de extrusión desordenada	Perdida y mezcla de materiales, accidentes de trabajo	14	18.67%	38.67%	
3	Método de trabajo	Inventarios en proceso de acampanado	Demoras en la producción	13	17.33%	56.00%	
4	Método de trabajo	Demoras en el cambio de formato de extrusión	Tiempos de espera prolongados	11	14.67%	70.67%	
5	Medio ambiente	Falta de señalización de planta	Accidentes de trabajo, obstrucción de zonas de almacén	7	9.33%	80.00%	
6	Material	Deficiencia en el pesado de insumos	Reprocesos	5	6.67%	86.67%	<b>20.00%</b>
7	Maquinaria	Máquinas obsoletas	Retraso en la producción, baja productividad	4	5.33%	92.00%	
8	Medición	Demoras en el control de calidad	Demoras en el inicio de proceso	2	2.67%	94.67%	
9	Medición	Falta de indicadores de producción	Falta de seguimiento y control	2	2.67%	97.33%	
10	Mano de obra	Alto índice de rotación de personal	Elevado tiempo de aprendizaje	2	2.67%	100.00%	
				75			<b>100.00%</b>

*Fuente: Elaboración propia*

Se identifican los principales problemas que presenta el proceso productivo de la planta de extrusión y las consecuencias que generan, con este análisis se realiza el diagrama de Pareto que se muestra en la Figura 41.

**Figura 41**

*Diagrama de Pareto para la problemática de la planta de extrusión*



*Fuente: Elaboración propia*

Los principales problemas que presenta en la planta de extrusión de la empresa manufacturera se identificaron mediante la aplicación de las herramientas de diagnóstico como el diagrama de Ishikawa y el análisis de las 6M's, posterior al análisis se realiza el diagrama de Pareto para seleccionar la problemática más importante de acuerdo a las no conformidades registradas en el periodo 2021 y que están relacionadas con los factores que afectan la productividad del proceso productivo.

- La falta de automatización en la acampanadora genera inventarios en proceso en la actividad de acampanado de la tubería debido a que es un proceso manual y demora más que los procesos anteriores, almacenándose la tubería y generando cuellos de botella que disminuyen la productividad del proceso productivo.
- El desorden y falta de limpieza en la planta de extrusión es generalizada presentándose con mayor énfasis en los almacenes transitorios como el almacén de materia prima, la zona de almacenamiento de la tubería para el acampanado y en la zona de despacho del producto terminado, esto se da debido a que no se cuenta con la señalización necesaria ni la disciplina de los trabajadores de cada área para mantener una áreas de trabajo limpia, ordenada y segura, lo que provoca que se tenga obstruidos los pasadizos, las zonas de seguridad.
- Se generan inventarios en proceso antes del acampanado por la mala gestión en la identificación de los lotes de producción, ya que en la zona se encuentran carretas donde se coloca la tubería que puede encontrarse en tres estados, carretas con tubería defectuosa que tiene que entrar a una zona de cuarentena hasta que se dé solución, carretas con tubería que se encuentra en buenas condiciones y deben entrar al siguiente proceso, tubería en carretas que todavía se encuentra en proceso, cada carreta debe contener un promedio de 50 a 60 unidades.
- Las demoras en el cambio de formato de extrusión generan esperas innecesarias ya que se tiene mucho tiempo esperando que lleguen atender la máquina por parte del supervisor de la planta y del mecánico de turno que se puede encontrar realizando otras actividades, lo que ocasiona tiempo muerto para el operario de extrusión.

## CAPITULO V:

### 5. PROPUESTA DE MEJORA

Para realizar las mejoras en el proceso de extrusión de la empresa manufacturera de consideran las oportunidades de mejora identificadas en el diagrama de Pareto, a las cuales se aplican las herramientas de Lean Manufacturing.

#### 5.1. METODOLOGÍA DE LEVANTAMIENTO DE DATOS

El levantamiento para la información necesaria para la elaboración de las herramientas de mejora en la planta de extrusión se realizó mediante la técnica de observación que se realizó en el trabajo de campo que tuvo una duración de 3 meses donde se tomaron los tiempos de producción y espera en los sub procesos de la planta de extrusión para la fabricación de tubería. También se realizó el análisis de la data histórica en relación a la producción alcanzada mensualmente y los recursos utilizados para poder determinar la productividad del periodo 2020.

##### 5.1.1. Determinación de datos

Los datos que se requieren para poder análisis los sub procesos de la planta de extrusión de la empresa manufacturera son los siguientes:

- Tiempo de abastecimiento de la materia prima
- Tiempo de mezclado y cocción
- Tiempo de espera para el enfriamiento del compuesto
- Tiempo del proceso de enfriamiento del compuesto
- Tiempo de cambio de formato de la máquina extrusora
- Tiempo de calentamiento de la máquina extrusora
- Tiempo del proceso de extrusión
- Tiempo del proceso de enfriamiento de tunería
- Tiempo del proceso de codificación
- Tiempo del proceso de corte y biselado
- Tiempo de espera para el acampanado
- Tiempo del proceso de acampanado
- Tiempo de espera del etiquetado
- Tiempo del proceso de etiquetado

- Tiempo de espera para el traslado de la tubería

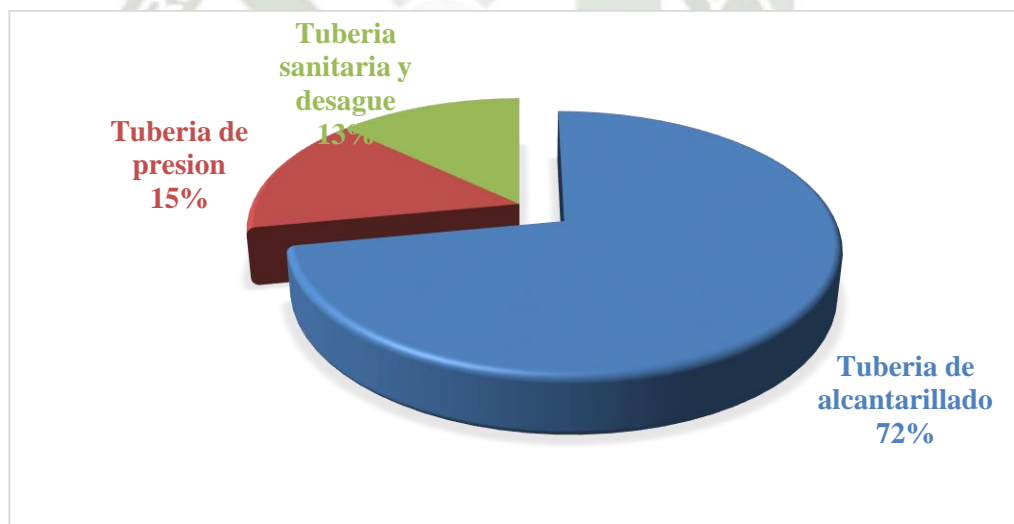
### 5.1.2. Metodología de recolección de datos

La metodología para realizar la recolección de los datos de producción del proceso de extrusión se realiza mediante la data histórica del año 2021 que fue proporcionada por el auxiliar de planeamiento de la producción tomando como soporte el SAP.

En la empresa manufacturera se tiene tres líneas de producción tuberías de alcantarillado, tuberías de presión y tubería sanitaria y desagüe donde se tiene un total de 3.527,00 toneladas de tuberías de producción que se distribuye como se muestra en la Figura 42.

**Figura 42**

*Distribución de la producción de tuberías del periodo 2021*



*Fuente: Elaboración propia*

La tubería para alcantarillado es la que representa una mayor participación en la producción de la planta de extrusión de la empresa manufacturera con el 72% de la producción de tubería, por lo que en el presente estudio se considera la toma de tiempos en los lotes de producción de tubería de alcantarillado.

Dentro de la producción de tubería de alcantarillado se tiene diferentes tipos de tubería de acuerdo al diámetro, peso y espesor de la tubería, la producción de las tuberías de alcantarillado se muestra en la Tabla 05.

**Tabla 05**

*Distribución de la Tubería de acuerdo a sus características*

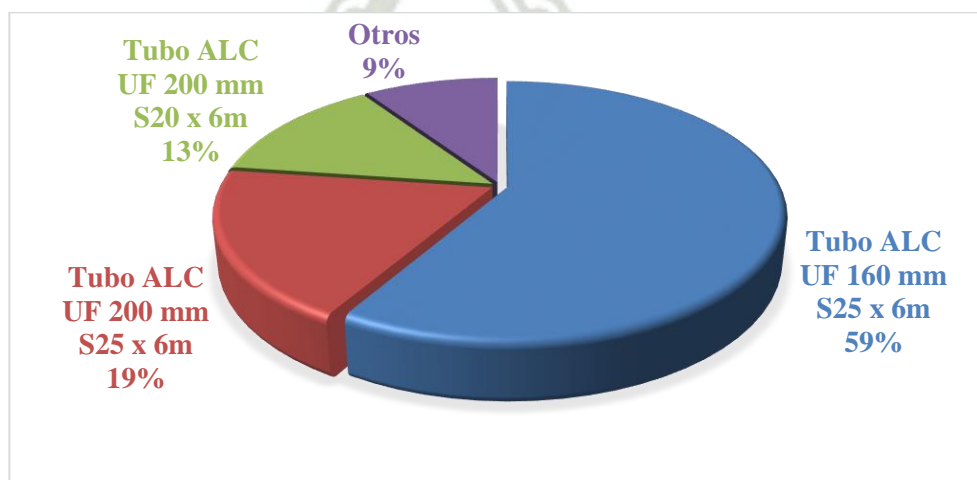
Producto	Toneladas	Participación
Tubo ALC UF 160 mm S25 x 6m	1,484.48	58%
Tubo ALC UF 200 mm S25 x 6m	476.22	19%
Tubo ALC UF 200 mm S20 x 6m	339.57	13%
Tubo ALC UF 160 mm S20 x 6m	68.98	3%
Tubo ALC UF 110 mm S25 x 6m	60.03	2%
Tubo ALC UF 200 mm S20 x 6m c/anillo	40.92	2%
Tubo ALC UF 200 mm S25 x 6m c/anillo	35.27	1%
Tubo ALC UF 160 mm S25 x 6m c/anillo	14.76	1%
Tubo ALC UF 160 mm S16 x 6m c/anillo	9.71	0%
Tubo ALC UF 160 mm S20 x 6m c/anillo	5.84	0%
Tubo ALC UF 110 mm S20 x 6m	3.67	0%
<b>Total</b>	<b>2,539.44</b>	<b>100%</b>

*Fuente: Elaboración propia*

En la producción de tubería en la línea de alcantarillado se tiene un total de 11 tipos de tubería de distintos pesos, espesores y diámetros. En la Figura 43 se muestra la distribución de los principales productos de tubería para alcantarillado.

**Figura 43**

*Distribución de los productos de tuberías para alcantarillado*



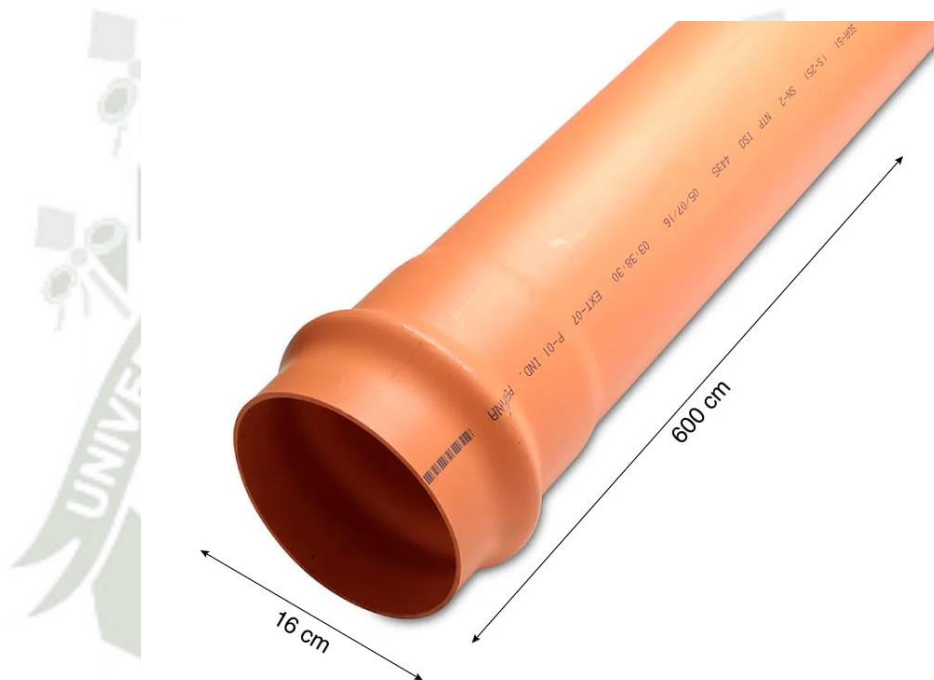
*Fuente: Elaboración propia*

La tubería que tiene una mayor participación en la línea de tuberías para alcantarillado es el tubo ALC UF 160 mm S25 x 6m con un 59% del total de tuberías.

En la Figura 44 se muestra la tubería ALC UF 160 mm S25 x 6m de la empresa manufacturera.

#### Figura 44

*Tubería ALC UF 160 mm S25 x 6m*



*Fuente: Empresa manufacturera*

Se muestra la tubería de la línea de alcantarillado con mayor participación que es el producto estrella de la línea de la planta de extrusión

## 5.2. PROPUESTA HERRAMIENTAS A UTILIZAR

Para poder definir cuáles son las herramientas de la filosofía de lean Manufacturing que permitirán mejorar la productividad de la planta de extrusión se mencionan los principales factores que se identificaron en el diagrama de Ishikawa y el diagrama de Pareto.

En la Tabla 06 se muestran las herramientas de lean Manufacturing que permiten mejorar la problemática identificada.

**Tabla 06**

*Herramientas de Lean Manufacturing que se aplican a la línea de extrusión*

Descripción de la problemática	Herramientas de Lean Manufacturing
Falta de automatización de acampanadora manual.	VSM, Kaizen, mejora continua
Planta de extrusión desordenada y con poca disciplina de limpieza.	VSM, 9S's
Inventarios en proceso después del proceso de acampanado, producto que va ingresar al almacén de producto terminado.	Kaizen, Poca yoke
Demoras en el cambio de formato de extrusión	VSM, SMED
Falta de señalización de planta	VSM, 9S's

*Fuente: Elaboración propia*

Las principales herramientas escogidas para solucionar la problemática identificada que afecta la productividad de la planta de extrusión son el VSM, las 9S's, Poka yoke, Kaizen y SMED.

### **5.3. APLICACIÓN DEL VALUE STREAM MAPPING DE LA PLANTA DE EXTRUSIÓN (VSM)**

Para la elaboración del VSM de la planta de extrusión de la empresa manufacturera es necesario los datos levantados en el trabajo de campo mediante la observación a los lotes de producción.

#### **5.3.1. Selección de una tubería**

De acuerdo al análisis realizado en el acápite 5.1.2. se selecciona el producto estrella de acuerdo a las ventas realizadas en el periodo 2021, siendo la línea de tuberías para alcantarillado la que representa un 72% de la producción de la planta de extrusión y dentro de ella se tiene la tubería ALC UF 160 mm S25 x 6m con un 58 % de participación.

### 5.3.2. VSM del proceso de producción de tubería de alcantarillado

La tubería ALC UF 160 mm S25 x 6m es el producto más representativo de la planta de extrusión para lo cual se realizó el seguimiento a 20 lotes de producción en 1 mes de trabajo para poder determinar los tiempos de espera y de producción y poder calcular los indicadores del VSM que son el Lead time, Tack Time entre los principales.

Los tiempos levantados en el trabajo de campo se muestran en la Tabla 07, los datos fueron validados por el jefe de producción.



**Tabla 07**

*Resumen de los datos para la fabricación de tubería de alcantarillado*

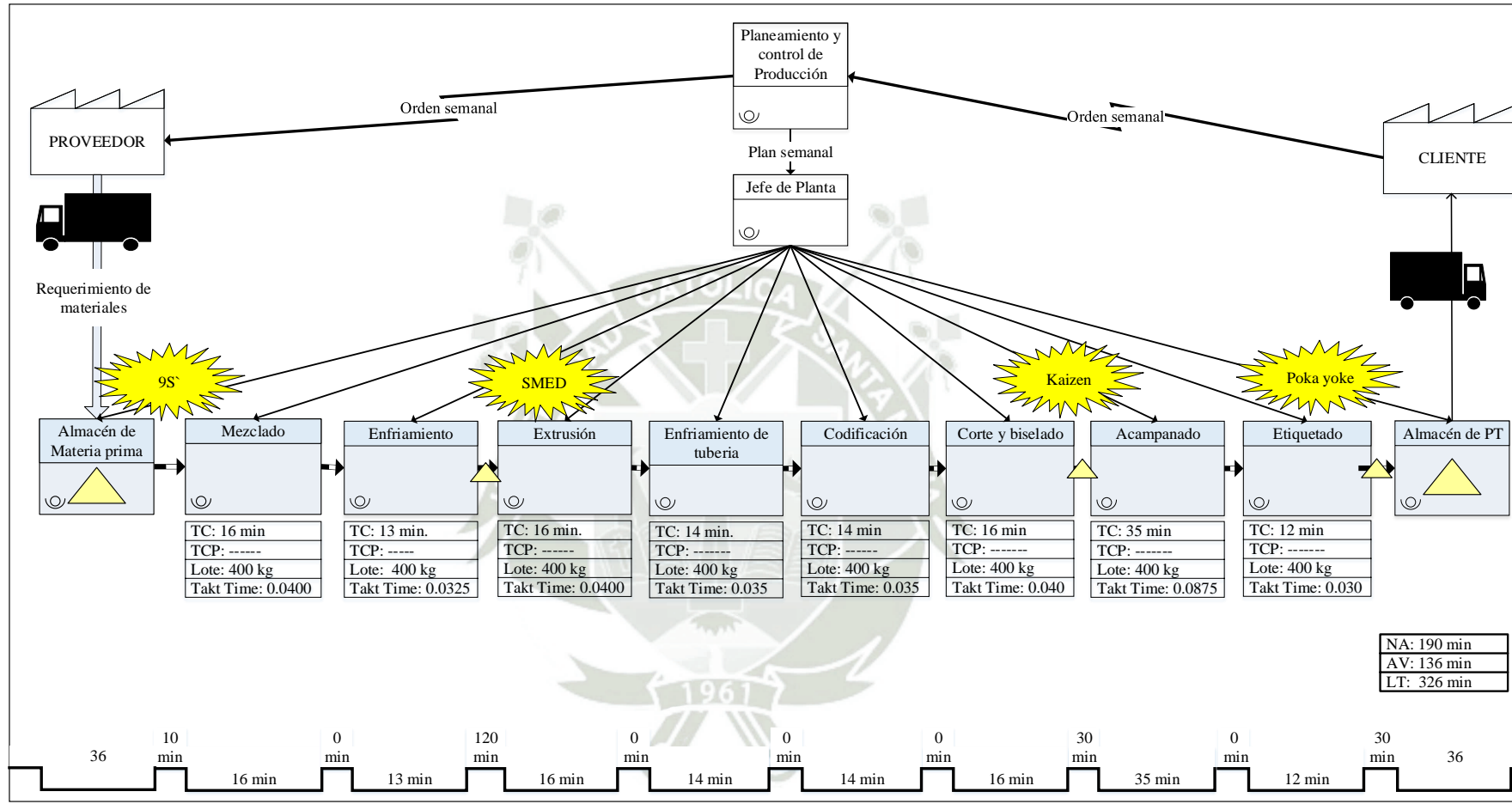
Proveedor	Entrada	Operación	Tiempo de ciclo min.	Tamaño de lote	Takt Time	Salida
Proveedores de resina, carbonato, baeropan e insumos	Compuesto CPTO.ALC. CARB 24/cera 045	Almacén de materia prima	0.00	0.00	0.000	Tubería ALC UF 160 mm S25 x 6m
		Mezclado y cocción	16.00	400.00	0.040	
		Enfriamiento del compuesto	13.00	400.00	0.033	
		Extrusión	16.00	400.00	0.040	
		Enfriamiento de la tubería	14.00	400.00	0.035	
		Codificación	14.00	400.00	0.035	
		Corte y biselado	16.00	400.00	0.040	
		Acampanado	35.00	400.00	0.088	
		Etiquetado	12.00	400.00	0.030	
		Almacén de producto terminado	0.00	0.00	0.000	

*Fuente: Estudio de productividad*

Con los datos obtenidos en la tabla resumen se elaboró el VSM de la planta de extrusión de la empresa manufacturera para la tubería ALC UF 160 mm S25 x 6m., el VSM actual del proceso productivo se muestra en la Figura 45.

**Figura 45**

*Value Stream Mapping actual del proceso de extrusión (VSM)*



*Fuente: Elaboración propia*

En la Figura 45 se muestra el VSM del proceso de extrusión para la elaboración de la tubería ALC UF 160 mm S25 x 6m., para un lote de producción de 400 kg. Debido a la capacidad de la olla de cocimiento del proceso de mezclado y la producción de la máquina extrusora, los indicadores obtenidos son un tack time de 0,340 minutos, un tiempo de espera ente procesos (NA) de 190 minutos, el tiempo de proceso (AV) de 136 minutos y el tiempo total para la producción de un lote de 400 kg de la tubería ALC UF 160 mm S25 x 6m. LT de 326 minutos.

Con el mapeo de los sub procesos del proceso productivo de la planta de extrusión se mapea donde se realizarán las herramientas de mejora en base a la filosofía lean Manufacturing como las 9S's, Poka yoke, Kaizen, SMED.

#### **5.4. APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA POKA YOKE EN LA ZONA DE PRODUCTO TERMINADO**

La aplicación de la herramienta Poka yoke permite la mejora continua en el almacenamiento transitorio posterior al acampanado para lograr un flujo de producto hasta que se encuentre en el almacén de producto terminado y evitar tener inventarios en proceso que retrasen la entrega del producto.

##### **5.4.1. Objetivo**

El objetivo principal para la aplicación de un sistema Poka yoke es mejorar el proceso de traslado del inventario que se genera posterior al acampanado para generar un buen flujo de la tubería que permita entregar el producto terminado al almacén y no generar demoras, problemas de mezclas y no conformidades.

##### **5.4.2. Alcance**

El sistema Poka yoke se aplica en la zona de almacén transitorio después del acampanado y etiquetado de la tubería en la planta de extrusión de la empresa manufacturera.

##### **5.4.3. Método actual**

El método actual para el traslado de tuberías después del acampanado y etiquetado de la planta de extrusión se da mediante la entrega de producto terminado en carretas

las que deben ser pesadas y validadas por el supervisor de turno, el inspector de calidad y el almacenero para que pueda ingresar la tubería a la zona de almacén de producto terminado, sin embargo, las carretas luego de ser pesadas se dejan a un costado del pasadizo y el almacenero deben buscar al supervisor de turno y al inspector de calidad para que dé el visto bueno y puedan ser descargadas en el almacén ocasionando demoras e inventario en proceso ya que no se logra encontrar de manera rápida a los responsables presentando demoras y traslados innecesarios.

Los pasos para el traslado de los materiales se presentan a continuación, esta secuencia se identificó en el trabajo de campo realizado en el proceso de extrusión.

1. El montacarguista de la planta de extrusión jala las carretas de tuberías que salen de los sub procesos de acampanado y etiquetado a la zona de balanzas para su pesado, las carretas presentan un total de 50 a 55 tubos de acuerdo al diámetro, estas no deben exceder el nivel superior de la carreta y tampoco deben estar a la mitad.

#### **Figura 46**

*Carreta con tuberías*



*Fuente: Empresa manufacturera*

2. El operario de acampanado realiza el pesado de la carreta que contienen la tubería y genera el ticket electrónico de la balanza.

**Figura 47**

*Balanza para el pesado de tuberías*



*Fuente: Empresa manufacturera*

3. El operario de acampanado busca al supervisor de la planta para entregar el ticket de pesado con la finalidad que pueda corroborar el peso de la carreta y la cantidad de tubos, para poder ingresar los datos a la hoja de producción.

**Figura 48**

*Formato del ingreso de producción*

INGRESO DE PRODUCCIÓN	
FI PER OL.07.01 AL 09.04-02	
PRODUCCION	
EXTRUSIÓN	
Fecha: 6/10/21	Turno: S
Ord. Producción:	
Cod. Artículo: 2.016648	
Descripción: 3DS-cl	
Cantidad: 8	
Máquina: DS BX 020	
Nombre: P20	
Peso: 13.6	

*Fuente: Empresa manufacturera*

4. El almacenero que traslada el producto terminado busca al supervisor de la planta y al inspector de calidad para la validación de las carretas con tubería.

**Figura 49**

*Tubería almacenada*



**Fuente:** *Empresa manufacturera*

5. El supervisor de la planta valida la producción de tubería que se encuentra en las carretas para que pueda ser trasladada a la zona del almacén de producto terminado.
6. Control de calidad coloca VB o rechaza la producción de tuberías que se encuentra en las carretas según sea el caso.
7. El supervisor valida la cantidad de tubería y le entrega al almacenero las carretas con el producto terminado.

Para poder medir el tiempo y la distancia que demanda el proceso actual para la entrega de producto terminado al almacén general de la planta de extrusión se muestra el diagrama de análisis de procesos DAP actual, este se muestra en la Figura 50.

**Figura 50**

*Diagrama de análisis de proceso actual de la entrega de producto terminado al almacén.*

ENTREGA DE PRODUCTO TERMINADO AL ALMACÉN									
DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO ACTUAL (DAP)									
PROCESO	ENTREGA DE PRODUCTO TERMINADO A ALMACÉN.			RESUMEN					
PUESTO DE TRABAJO	Supervisor de turno.			ACTIVIDAD	SÍMBOLO	ACTUAL	PROPUESTO	VAR.	
ÁREA	EXTRUSIÓN.			OPERACIÓN	●	3	2	-1	
HORA INICIO	7:05:00 a. m.			TRANSPORTE	➔	2	3	1	
HORA TERMINO	7:35:00 a. m.			INSPECCIÓN	■	2	3	1	
TIEMPO TOTAL	00:30:00			DEMORA	◐	1	0	-1	
FECHA	9/10/2021			ALMACENAMIENTO	▼	0	0	0	
TURNO	Turno A			DISTANCIA	metros	243	150	93	
TIEMPO				min	00:30:00	00:12:00	00:18:00		
Nº	ACTIVIDAD	Distancia	Tiempo (min)	●	➔	■	◐	▼	OBS.
1	El montacarguista jala las carretas de tuberías a la zona balanza para su pesado	62	00:01:08	●	➔	■	◐	▼	
2	El operario de acampanado realiza el pesado de la carreta que contienen la tubería y genera el ticket electrónico	3	00:00:45	●	➔	■	◐	▼	
3	El operario de acampanado busca al supervisor de la planta para entregar el ticket de pesado.	6	00:00:55	○	➔	■	◐	▼	
4	El almacenero busca al supervisor de la planta y al inspector de calidad para la validación de las carretas con tubería.	135	00:16:17	○	➔	■	◐	▼	
5	El almacenero, el supervisor de planta y el inspector de calidad se trasladan a la zona donde se encuentran las carretas.	27	00:00:55	○	➔	■	◐	▼	
6	El supervisor de la planta valida la producción de tubería que se encuentra en las carretas.	5	00:03:40	○	➔	■	◐	▼	
7	Control de calidad coloca VB o rechaza la producción de tuberías que se encuentra en las carretas según sea el caso.	2	00:03:45	●	➔	■	◐	▼	
8	El supervisor valida la cantidad de tubería y le entrega al almacenero las carretas con el producto terminado.	3	00:02:35	○	➔	■	◐	▼	
<b>TOTAL</b>		<b>243</b>	<b>00:30:00</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	

*Fuente: Empresa manufacturera*

Realizado el diagrama de análisis de proceso actual para la entrega del producto terminado al almacén se tiene un tiempo total de 30 minutos donde se reparte en 3 operaciones, 2 transporte, 2 inspecciones y 1 demora, esta última generada por la búsqueda del supervisor de planta y el inspector de calidad para que realicen la validación e la carreta de tubos.

#### 5.4.4. Método propuesto

En el método propuesto para el traslado de las carretas de tubos al almacén de producto terminado se establece un sistema poka yoke incorporando tarjetas de control en el procedimiento, para eliminar la demora generada por el supervisor de la planta y el inspector de calidad que en la mayoría de ocasiones no se les puede ubicar para que den la validación de los lotes de producción ocasionando la demora del almacenero.

Se incorporan las tarjetas de control en la actividad, estas son colocadas por el supervisor de planta al momento de realizar su validación colocando una tarjeta verde para el producto conforme, tarjeta roja para un lote de producción con observaciones y con tarjeta amarilla a los lotes de producción que todavía se encuentran incompletos, de la misma manera lo realiza el inspector de calidad, así el personal de almacén cuando llega a la zona de almacén transitorio y encuentra las carretas con los tubos puede realizar una acción de acuerdo a las tarjetas que encuentre en la carreta, llevándose el producto que se encuentre con tarjeta verde.

Para la aplicación de las tarjetas de control es necesario realizar una capacitación del personal donde se da a conocer el objetivo de la herramienta y los pasos a seguir.

1. El montacarguista de la planta de extrusión jala las carretas de tuberías que salen de los sub procesos de acampanado y etiquetado a la zona de balanzas para su pesado, las carretas presentan un total de 50 a 55 tubos de acuerdo al diámetro, estas no deben exceder el nivel superior de la carreta y tampoco deben estar a la mitad.
2. El operario de acampanado realiza el pesado de la carreta que contienen la tubería y genera el ticket electrónico de la balanza.

3. El operario de acampanado busca al supervisor de la planta para entregar el ticket de pesado con la finalidad que pueda corroborar el peso de la carreta y la cantidad de tubos, para poder ingresar los datos a la hoja de producción.
4. El supervisor de planta se traslada a la zona donde se encuentran las carretas con la tubería que se va a inspeccionar y validar.
5. El supervisor de planta valida el peso y las condiciones de la carreta y coloca una tarjeta de control.

Las tarjetas de control son de diferentes colores de acuerdo al estado que se encuentra el lote de producción y la acción que ha determinado el supervisor de turno y el inspector de calidad, en la tarjeta de control se tiene que registrar los datos como fecha, turno y hora para saber a quién corresponde la evaluación, producto, máquina, cantidad y peso como características propias del lote de producción y la validación del supervisor de producción y responsable de calidad. En la Figura 51 se muestra la tarjeta de control roja para colocar a los lotes de producción que presentan alguna no conformidad.

**Figura 51**

*Tarjeta de control roja*

<b>CONTROL DE CALIDAD.</b>					
<b>NO CONFORME</b>					
<b>FECHA:</b>		<b>TURNO:</b>		<b>HORA:</b>	
<b>PRODUCTO:</b>					
<b>MÁQUINA:</b>		<b>CANTIDAD:</b>		<b>PESO:</b>	
<b>SUPERVISOR DE PRODUCCIÓN:</b>					
<b>RESPONSABLE DE CALIDAD:</b>					
<b>NO CONFORMIDAD:</b>					

*Fuente: Elaboración propia*

Cuando algunos de los tubos presentan alguna no conformidad es retirado del lote de producción y se evalúa la totalidad de carreta, estas carretas se ubican en la zona de cuarentena hasta que se levante la no conformidad y se dé una acción correctiva.

En la Figura 52 se muestra la tarjeta de control amarilla para los lotes de producción que no están completos y todavía no pueden ser trasladados.

**Figura 52**

*Tarjeta de control amarilla*

CONTROL DE CALIDAD.					
EN ESPERA DE VB DE CALIDAD					
FECHA:		TURNO:		HORA:	
PRODUCTO:					
MÁQUINA:		CANTIDAD:		PESO:	
SUPERVISOR DE PRODUCCIÓN:					
RESPONSABLE DE CALIDAD:					
DEFECTO:					

*Fuente: Elaboración propia*

Cuando las carretas no han completado la validación del inspector de calidad y del supervisor de planta presentan una tarjeta de control amarilla.

En la Figura 53 se muestra la tarjeta verde para colocar a los lotes de producción que están listos ser trasladados al almacén general.

**Figura 53**

*Tarjeta de control verde*

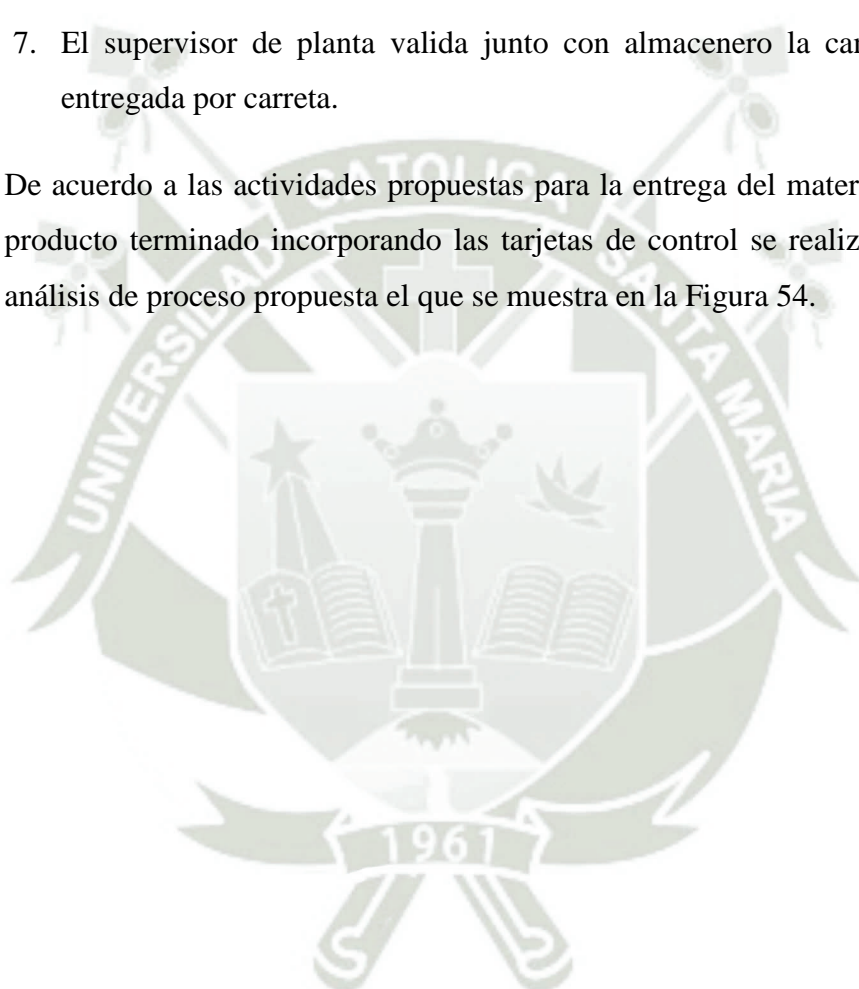
CONTROL DE CALIDAD.					
PRODUCTO CONFORME					
FECHA:		TURNO:		HORA:	
PRODUCTO:					
MÁQUINA:		CANTIDAD:		PESO:	
SUPERVISOR DE PRODUCCIÓN:					
RESPONSABLE DE CALIDAD:					
DEFECTO:					

*Fuente: Elaboración propia*

Cuando las carretas están listas para poder trasladarlas al almacén de producto terminado presentan una tarjeta verde que es la que recoge el almacenero y traslada el producto terminado.

6. El inspector de control de calidad valida y cambia tarjeta de control según sea el caso, con los mismos criterios que el supervisor de planta con las tarjetas de control roja, amarilla o verde.
7. El supervisor de planta valida junto con almacenero la cantidad de tubería entregada por carreta.

De acuerdo a las actividades propuestas para la entrega del material al almacén de producto terminado incorporando las tarjetas de control se realiza el diagrama de análisis de proceso propuesta el que se muestra en la Figura 54.



**Figura 54**

*DAP propuesto para la entrega de producto terminado al almacén*

ENTREGA DE PRODUCTO TERMINADO AL ALMACÉN									
DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO PROPUESTO (DAP)									
PROCESO	ENTREGA DE PRODUCTO TERMINADO A ALMACÉN.			RESUMEN					
PUESTO DE TRABAJO	Supervisor de turno.			ACTIVIDAD	SÍMBOLO	ACTUAL	PROPUESTO	VAR.	
ÁREA	EXTRUSIÓN.			OPERACIÓN	●	3	2	-1	
HORA INICIO	7:05:00 a. m.			TRANSPORTE	➔	2	3	1	
HORA TERMINO	7:17:00 a. m.			INSPECCIÓN	■	2	3	1	
TIEMPO TOTAL	00:12:00			DEMORA	◐	1	0	-1	
FECHA	9/10/2021			ALMACENAMIENTO	▼	0	0	0	
TURNO	Turno A			DISTANCIA	metros	243	150	93	
				TIEMPO	min	00:30:00	00:12:00	00:18:00	
N°	ACTIVIDAD	Distancia	Tiempo	●	➔	■	◐	▼	OBS.
a	(min)								
1	El montacarguista jala las carretas de tuberías a la zona balanza para su pesado	62	00:01:08	●	➔	■	◐	▼	
2	El operario de acampanado realiza el pesado de la carreta que contienen la tubería y genera el ticket electrónico	3	00:00:45	●	➔	■	◐	▼	
3	El operario de acampanado busca al supervisor de la planta para entregar el ticket de pesado.	27	00:00:55	○	➔	■	◐	▼	
4	El supervisor de planta se traslada a la zona donde se encuentran las carretas.	27	00:00:55	○	➔	■	◐	▼	
5	El supervisor de planta valida el peso y las condiciones de la carreta y coloca una tarjeta de control.	3	00:01:48	○	➔	■	◐	▼	
6	El inspector de calidad se trasladan a la zona donde se encuentran las carretas.	15	00:00:35	○	➔	■	◐	▼	
7	Control de calidad valida y cambia tarjeta de control según sea el caso.	10	00:03:19	○	➔	■	◐	▼	
8	El supervisor de planta valida junto con almacén la cantidad de tubería entregada por carreta.	3	00:02:35	○	➔	■	◐	▼	
<b>TOTAL</b>		<b>150</b>	<b>00:12:00</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

*Fuente: Estudio de productividad*

Realizado el diagrama de análisis de proceso propuesto para la entrega del producto terminado al almacén se tiene un tiempo total de 12 minutos donde se reparte en 2 operaciones, 3 transporte, 3 inspecciones.






#### 5.4.5. Interpretación

En el análisis de proceso actual para la entrega del producto terminado al almacén se tiene 08 actividades y se reparte en 03 operaciones, 02 transporte, 02 inspecciones y 01 demora, se tiene un tiempo total de las actividades de 30 minutos y una distancia recorrida de 243 metros. En el análisis de proceso propuesto para la entrega del producto terminado al almacén por medio del sistema poka yoke se aplica un sistema de tarjetas de control donde se tiene 08 actividades, 02 operaciones, 03 transporte y 03 inspecciones, se tiene un tiempo total de las actividades de 12 minutos y una distancia recorrida de 150 metros.

En la Tabla 08 se muestra la comparación de actividades, tiempo y distancia del método actual y propuesto para la entrega de las carretas de tubería al almacén de producto terminado.

**Tabla 08**

*Comparativo del método actual vs propuesto de la entrega de producto terminado*

Actividad	Símbolo	N° de pasos		Tiempo (minutos)		Distancia (metros)	
		Actual	Propuesto	Actual	Propuesto	Actual	Propuesto
Operación		3	2	5.38	1.53	67	65
Transporte		2	3	1.50	2.25	33	69
Inspección		2	3	6.15	7.42	8	16
Demora		1	0	16.17	0	135	0
Almacenamiento		0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>		8	8	30.00	12.00	243	150

*Fuente: Estudio de productividad*

De acuerdo a los datos obtenidos en la Tabla 08 se concluye que se puede reducir 18 minutos en la espera que se da al momento de trasladar las carretas con tubería al almacén de producto terminado, implementando las tarjetas de control, también se reduce las distancias recorridas en 93 metros y se elimina la demora más importante.

## 5.5. IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTA 9S's

De acuerdo a los problemas identificados en el trabajo de campo y plasmada en el VSM del proceso productivo de tuberías de PVC, se pudo identificar problemas como la falta de orden y limpieza en los almacenes de materia prima y transitorios entre las áreas de molino, mezcla y extrusión, provocando así pérdidas de artículos y mezclas de algunos insumos, por este motivo se realiza la implementación de las 9S's como herramienta de mejora de la filosofía de Lean Manufacturing para poder mejorar la productividad de las áreas y de la empresa.

Esta herramienta japonesa surgió primero con 5 principios al pasar el tiempo se propusieron 4 principios más con la finalidad de que los involucrados adopten dichos principios con disciplina y costumbre, dichos principios denotan acciones que son expresadas con nueve palabras japonesas que empiezan con la letra "S". Su ejecución se sostiene en el tiempo debido a que es una metodología de bajo costo, permite optimizar recursos, permite ahorrar presupuesto, reducir la cantidad de accidentes laborales y mejorar la productividad de las empresas.

### 5.5.1. Objetivo

Ejecutar la herramienta de las 9S's en los almacenes de las áreas de molino, mezcla y extrusión, para mejorar los procesos de recepción y almacenamiento de materiales, herramientas, equipos, etc., eliminando los desperdicios de tiempo en las áreas que correspondan al proceso productivo.

### 5.5.2. Alcance

La ejecución de las 9S's se aplica en la planta de extrusión en el área de producción, en los almacenes de materia prima y transitorios en la planta de Arequipa donde el orden y la limpieza ocupan un papel muy importante en el proceso productivo que concederá un servicio de calidad tanto al cliente interno como al externo de la organización.

### 5.5.3. Roles y responsabilidades

Los roles y obligaciones de los involucrados en la ejecución de las 9S's en el proceso de producción son.

**a) Jefe de planta, Arequipa**

El jefe de planta debe identificar las oportunidades de mejora en el área de producción y hacer cumplir las tareas establecidas con el grupo de trabajo encargado, además participa activamente en la ejecución, recolección de la información, seguimiento y capacitación de la metodología de 9S's, así como también se encargará de gestionar el presupuesto necesario para la ejecución.

**b) Gestor administrativo, Arequipa**

El gestor administrativo tendrá como función principal en la ejecución de la metodología de 9S's, realizar la recolección de evidencias fotográficas del antes y después de la ejecución de 9S's.

**c) Gestor de producción, Arequipa**

El gestor de producción tendrá como función principal la documentación y seguimiento a cada etapa de la implementación de las 9S's ser apoyo constante a los diferentes colaboradores durante la implementación.

**d) Supervisor de turno**

Los supervisores de turno deben encontrar oportunidades de mejora y comunicarlas al jefe de planta, además participará activamente en la ejecución, acompañamiento y capacitación de la metodología 9S's.

**e) Técnico de mantenimiento**

El técnico de mantenimiento debe identificar oportunidades de mejora y comunicar al jefe de planta, además se encarga de participar activamente en la ejecución de las mejoras referidas al orden y uso de máquinas, equipos menores y la ubicación de repuestos en la ejecución de la metodología de 9S's.

**f) Operarios**

Los operarios son los que se encargan de la ejecución de las tareas de la metodología 9S's, adicional a ello deben identificar oportunidades de mejora y transmitir las al supervisor de turno, son los principales involucrados y comprometidos para que la metodología 9S's sea sostenible en el tiempo.

#### 5.5.4. Fase de preparación

En esta fase se consignó funciones específicas a cada colaborador de los subprocesos de producción (molino, mezcla, extrusión), incluyendo a los encargados de la implementación de las 9S's. A continuación, se detallan las funciones de los involucrados en la metodología:

1. **Realizar un análisis situacional**, esta etapa la realizan el jefe de planta y el gestor de administración, donde se realizará la inspección de la situación inicial en los almacenes temporales de los diferentes subprocesos (molino, mezcla y extrusión).
2. **Realizar la documentación de la implementación de las 9S's**, la siguiente etapa está a cargo del gestor de producción quien se encargará de documentar la situación actual obtenida en la etapa anterior.
3. **Registro fotográfico para el inicio de la implementación**, el encargado de esta etapa es el jefe de planta se encarga de recolectar las evidencias fotográficas de los almacenes temporales de los subprocesos en la situación inicial antes de la implementación de las 9S's, y de esta forma tener un archivo del antes y el después de la ejecución de las 9S's.

En la Figura 55 se muestra el registro fotográfico de las principales zonas de trabajo y almacenes de la empresa.

**Figura 55**

*Zona de almacén de materia prima*



*Fuente: Banco fotográfico de la empresa Manufacturera*

En la Figura 55 en el almacén de materia prima se encuentran también productos terminados (tanques de polietileno) los pallets de materias primas están totalmente desordenados, falta de limpieza e identificación de las materias primas y su almacenaje no tiene espacio para tránsito pudiendo provocar accidentes de trabajo o pérdidas materiales, ya que se pueden dañar los productos con el montacargas.

En la Figura 56 se muestra las zonas de almacenamiento de productos sin identificación ni señalización en el suelo o en los lugares que se encuentran para una rápida identificación.

### **Figura 56**

*Almacenes sin identificación*



*Fuente: Banco fotográfico de la empresa Manufacturera*

En la Figura anterior se puede observar los pallets de diferentes materiales sin identificación, en lugares no señalizados ni ordenados representando de esta forma un total desorden lo que genera pérdidas de tiempo.

En la Figura 57 se muestra las zonas de almacenamiento desordenadas con productos que no corresponden, sobre todo en los insumos, esta mala ubicación puede provocar mezclas al momento de preparar la fórmula para la producción de las tuberías.

**Figura 57***Almacenes desordenados*

*Fuente:* Banco fotográfico de la empresa Manufacturera

En la Figura anterior se ve como los materiales del almacén están en desorden y falta señalar las áreas de almacenamiento adecuados para cada tipo de material.

En la Figura 58 se muestra la materia prima en los envases no adecuados y en el lugar de almacenamiento de otras familias de producción.

**Figura 58***Desorden de materia prima*

*Fuente:* Banco fotográfico de la empresa Manufacturera

En la Figura anterior se muestra almacenamiento de materia prima sin identificación ni separados correctamente de acuerdo a las medidas diametrales además se encuentran desordenados lo que provoca tiempos innecesarios en buscar el material y la cantidad adecuada, también se genera desgaste de la materia prima por el polvo y el mal manipuleo.

### 5.5.5. Secuencia de la implementación de las 9S's

Se presenta la secuencia de las 9S's para ejecutar en el área de producción de la empresa Manufacturera.

#### 5.5.5.1. SEIRI: Separar (Mantener lo necesario)

La primera S de separar su finalidad es clasificar los materiales, repuestos o equipos que no resultan necesarios o que no se utilizan con frecuencia en la fabricación de tuberías de PVC esto con la finalidad de decidir si serán almacenados, reciclados o desechados.

La ejecución de la primera S separar está a cargo del jefe de planta, supervisor de planta y técnico de mantenimiento ya que tienen la potestad de decidir cuales artículos pueden ser eliminados, en esta etapa se eliminó y reubicó los materiales en las zonas de almacén de materia prima, almacenes de materiales, repuestos y herramientas desgastadas que están en buenas condiciones para cumplir una buena función.

Las tareas realizadas en esta etapa son las siguientes:

##### 1. Identificar las herramientas, insumos, misceláneos y repuestos

Esta tarea estuvo a cargo del jefe de planta, supervisor de turno, técnico de mantenimiento, mezclador y molinero, ya que ellos son responsables de los materiales, repuestos, equipos, entre otros que se encuentren en sus áreas de trabajo, se realizó un inventario que fue publicado en un panel informativo de la empresa para el conocimiento de los involucrados.

En el taller de mantenimiento se habilitó una pizarra porta herramientas para tener una mayor orden, espacio y evitar demoras para encontrar las herramientas necesarias, se acondiciono un lugar para ubicar equipos que se utilizan diariamente en una zona específica como son las pistolas neumáticas, los herramientas necesarios para los cambios de formato.

En la Figura 59 se muestran los materiales que se encuentran en el almacén de herramientas usadas que también se encuentran sin identificación.

**Figura 59**

*Identificación de equipos en almacén.*



*Fuente:* Banco fotográfico de la empresa Manufacturera

En la zona de almacenamiento de materiales usados no se encuentra ninguna identificación de las áreas o zonas.

**2. Identificar elementos innecesarios o mal ubicados**

El Jefe de planta junto con el supervisor de producción, el técnico de mantenimiento, mezclador y molinero identificaron los materiales sin uso que se encontraban en las áreas de trabajo y en los almacenes temporales, en las zonas de producción se encontró chatarras, equipos en desuso, herramientas deterioradas, insumos de igual forma en los almacenes de mantenimiento se encontraron envases de aceite, cajas vacías, mangueras de presión rotas esta actividad está a cargo del jefe de planta, técnico de mantenimiento y el supervisor de producción.

En la Tabla 09 se muestra la identificación de los elementos innecesarios que se encontraron en la planta de producción.

**Tabla 09**

*Inventario de elementos innecesarios o mal ubicados*

<b>Código SAP.</b>	<b>Descripción</b>
4005294	Lija para madera en pliego 1000 3m
3005788	Perno socket M6
3005789	Perno socket M8
3005790	Perno socket M10
3005791	Perno socket M12
3005792	Perno socket M16
3005793	Perno socket M19
3005794	Perno socket M22
4013249	Postizo 250MM PN-5
4013250	Postizo 250MM PN-7.5
4013251	Postizo 250MM PN-10
4013252	Postizo 250MM PN-15
4013244	Postizo 250MM S-20
4013245	Postizo 250MM S-25
3020156	Llave allen #19
3020395	Llave allen #17
3024075	Llave allen #5
3024115	Llave allen #7
3024228	Llave allen #12
3024290	Llave allen #15
3024291	Llave allen #22
3024523	Válvula de 3"
3024536	Válvula de 1/4"
3024667	Válvula de 1"
3224704	Contactador 40a 110v - lc1d40f7
3224711	Contactador 65a 220v - lc1d65m7
3024884	Llave stillson #48
3024943	Llave stillson #24
3024885	Llave stillson #36
3025365	Escobilla de acero

<b>Código SAP.</b>	<b>Descripción</b>
5002023	Resina PVC shintec
5004305	Carbonato de calcio zinc
3026178	Perno socket 3/4" x 3 1/2"
3026719	Disco de corte de 4"
7027960	Rodamiento Skf 1207 ektn9
3026720	Disco de desbaste 4"
3028928	Llave francesa 15"
3028927	Llave francesa 12"
3029229	Llave francesa 10"
3030330	Llave francesa 17"
3030560	Soldadura cellocord
3030561	Soldadura 7018
Sin código	Bandejas metálicas oxidadas
Sin código	Zarandas metálicas rotas
Sin código	Cilindros metálicos en mal estado
Sin código	Equipos en mal estado
Sin código	Tableros eléctricos en mal estado
Sin código	Tubos metálicos oxidados
Sin código	Alambres oxidados
Sin código	Pistolas de calor
Sin código	Taladros
Sin código	Mangueras rotas
Sin código	Cables en mal estado
Sin código	Sillas rotas
Sin código	Cajas de cartón
Sin código	Calaminas en mal estado
Sin código	Esmeriles deteriorados
Sin código	Andamios rotos
Sin código	Fierros oxidados
Sin código	Vernier

*Fuente: Elaboración propia.*

En la Tabla 10 se presenta la lista de los materiales que fueron clasificados para ser eliminados o reparados de la zona de almacén.

**Tabla 10**

*Lista de materiales clasificados para eliminar*

<b>Código SAP</b>	<b>Descripción</b>
10001398	Contaminado ext99
Sin código	Bandejas metálicas oxidadas
Sin código	Zarandas metálicas rotas
Sin código	Cilindros metálicos en mal estado
Sin código	Equipos en mal estado
Sin código	Tableros eléctricos en mal estado
Sin código	Tubos metálicos oxidados
Sin código	Alambres oxidados
Sin código	Mangueras rotas
Sin código	Cables en mal estado
Sin código	Sillas rotas
Sin código	Cajas de cartón
Sin código	Calaminas en mal estado
Sin código	Esmeriles deteriorados
Sin código	Andamios rotos
Sin código	Fierros oxidados
Sin código	Guías botadoras para acampanadora oxidadas o rotas
Sin código	Platos para calibrador oxidados.
Sin código	Mantas para scrap rotas.

*Fuente: Elaboración propia.*

Los materiales identificados en la Tabla 10 recibieron un criterio de clasificación que fue aprobado por el jefe de planta y el supervisor de producción.

En la Figura 60 se muestran los materiales que se darán de baja en los almacenes de la empresa.

**Figura 60***Materiales para dar de baja*

*Fuente: Banco fotográfico de la empresa Manufacturera*

Se muestran los materiales que ya no sirven en la planta de producción y que son eliminados para liberar espacios.

**3. Registrar tarjetas rojas**

Las tarjetas rojas nos permiten identificar aquellos materiales o equipos que se encuentren en desuso y deben ser eliminados, para que el Jefe de planta y el supervisor de turno puedan tomar las medidas correctivas necesarias y ubicarlos en la zona señalizada para dar de baja, se capacitó a los colaboradores que intervienen en el proceso productivo y puedan ser partícipes de las mejoras implementadas en el proceso de producción.

El jefe de planta dará la conformidad de las acciones para la disposición final de los artículos que fueron registrados en el “Registro de tarjetas rojas”.

En la Figura 61 se muestra la tarjeta a roja a utilizar en la planta de producción de la empresa manufacturera.

**Figura 61**

*Registro de tarjeta roja*



No. \_\_\_\_\_

**TARJETA ROJA**  
Información Gen-

Propuesta por \_\_\_\_\_ Responsable de área \_\_\_\_\_  
 Área / Depto. \_\_\_\_\_  
 Descripción de artículo \_\_\_\_\_

**CATEGORIA**

Máquina/Equipo       Material gastable  
 Herramienta       Materia prima  
 Instrumento       Trabajo en proceso  
 Partes eléctricas       Producto terminado  
 Partes mecánicas       Otros

OTROS/COMENTARIO \_\_\_\_\_

**RAZON DE TARJETA**

Innecesario       Defectuoso  
 Fuera de especificaciones       Otros  
 Otros \_\_\_\_\_

**ACCION REQUERIDA**

Eliminar  
 Agrupar en espacio separado  
 Retomar  
 Otros: \_\_\_\_\_  
 Fecha inicio \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_      Final de la acción \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

*Fuente: Banco fotográfico de la empresa Manufacturera*

#### 4. Elegir zonas de almacén

El jefe de planta junto con el supervisor de turno asignará un lugar que estará destinado a aquellos equipos de gran volumen que no pueden ser reubicados inmediatamente ya sea por su peso o porque las disposiciones de la empresa sean cumplidas como es el caso de la salida de tornillos o máquinas en desuso, en ese caso se venden como chatarra y los cuales deben ser cortados y pesados previamente para su venta.

#### 5. Actualizar inventario

El jefe de planta, con el supervisor, el técnico de mantenimiento, el encargado de molino y de mezcla deben realizar un nuevo inventario actual tomando en cuenta las materias primas, repuestos, maquinarias y equipos.

Los artículos que se dieron de baja fueron eliminados de la lista que se publicó en el panel informativo, el cuál debe ser actualizado.

## 6. Registrar fotografías de resultados

El administrador y el jefe de planta son los encargados de recolectar la evidencia fotográfica de la implementación realizada observando el cambio y las mejoras en los almacenes del proceso productivo.

### Figura 62

*Clasificación de los materiales*



*Fuente: Banco fotográfico de la empresa Manufacturera*

Se realizó la clasificación de productos en el almacén de productos terminado donde se observa la tubería clasificada y ordenada.

### 5.5.5.2. SEITON: Organización

Es la segunda etapa de la ejecución de las 9S's, consiste en ordenar el espacio de trabajo, identificando por clases los artículos a utilizar, dándoles un lugar definitivo con la finalidad de encontrar lo que se necesita en menos tiempo.

En la Figura 63 se muestra los materiales de almacén ordenados para su rápida identificación.

**Figura 63***Organización de herramientas*

*Fuente: Banco fotográfico de la empresa Manufacturera*

Se muestra en la Figura la tubería sanitaria en la zona demarcada y destinada para su almacenamiento, por ser un material de alta rotación se coloca cerca de la puerta.

**a) Distribución de la zona en almacenes**

El equipo conformado para la implementación de las 9S's; de las zonas de mejora de la empresa está conformado por el gestor administrativo, el jefe de planta, el supervisor de turno y el gestor de producción, se encargaron de evaluar la nueva distribución y ubicación de los artículos y determinar si es la más adecuada en relación al flujo de los procesos productivos.

Cuando ya se tenga definida la ubicación de los artículos, se clasificarán los materiales por tamaño, tipo, valor monetario, frecuencia de uso, etc.

En la Figura 64 se muestra la distribución de los materiales en la zona del almacén de producto terminado.

**Figura 64**

*Distribución del almacén de producto terminado.*



*Fuente: Banco fotográfico de la empresa Manufacturera*

Se identifica la zona de almacenamiento de la tubería 160MM S25 en la zona destinada dentro del almacén de producto terminado.

**b) Gestión visual en almacenes**

El equipo de implementación de las 9S's, dirigido por el jefe de planta y el supervisor de turno decidieron implementar la gestión visual de almacenes, colocando letreros de identificación de cada almacén y a la vez se rotularon las materias primas, repuestos, equipos y herramientas que se usan en el proceso productivo.

En la Figura 65 se muestra la identificación que se colocó en la zona de almacenamiento de producto terminado.

**Figura 65**

*Gestión visual de almacenes*



*Fuente: Banco fotográfico de la empresa Manufacturera*

Los andamios donde se colocan las tuberías en el almacén de producto terminado se clasificaron con letras de acuerdo a las medidas y colores.

### c) Registrar fotografías de resultados

la administradora realiza el registro fotográfico de las zonas destinadas para organizar mejor los artículos en los almacenes para poder ver el después de la segunda fase de las 9S's.

#### **Figura 66**

*Productos terminados organizados*



*Fuente: Banco fotográfico de la empresa Manufacturera*

Se muestra la evidencia fotográfica de cómo quedó el almacén transitorio de producto terminado de la empresa Manufacturera después de la aplicación de las 3 primeras etapas de la metodología de las 9S's.

#### **5.5.5.3. SEISO: Limpieza (Mantenga todo limpio)**

En esta tercera S, cada colaborador es responsable de mantener su área de trabajo limpia, sin embargo, el jefe de planta y el supervisor serán los encargados de

controlar mediante un cronograma de limpieza donde se verificará que los colaboradores mantengan el orden y limpieza en sus zonas de labor.

## 1. Limpiar

Se realiza la limpieza de los almacenes temporales de las áreas de producción: En el área de mantenimiento se limpian restos de aceites y grasas que se encuentren en el suelo, se limpian los andamios donde se encuentran los repuestos.

En el área de extrusión se limpia el almacén de matriceria, se limpia el suelo de la materia prima que se cae de los bolsones de compuestos.

En el área de mezclado, se limpia el almacén de materia prima, por ser una zona de alta polución se realiza limpieza al cierre de turno.

En el área de molino, se considera una zona de alta polución por lo tanto al cierre de turno se debe realizar la limpieza correspondiente.

En la Figura 67 se muestra los residuos que se encuentran en el almacén.

### Figura 67

*Zona de residuos.*



*Fuente: Banco fotográfico de la empresa Manufacturera*

Se observa que los residuos se encuentran fuera de la zona de almacenamiento provocando desorden, suciedad y riesgo para la seguridad de los trabajadores.

## **2. Elaborar el cronograma de limpieza**

El cronograma de limpieza lo realizará el jefe de planta donde se detallará las zonas de los almacenes, los responsables, las actividades a realizar y la frecuencia de limpieza.

## **3. Capacitación al personal**

Los supervisores de turno junto con los técnicos de mantenimiento se encargarán de realizar la capacitación a todos los involucrados, dándoles a conocer algunos métodos de limpieza para retirar el polvo, grasa o aceites, etc.

El jefe de planta será el encargado de gestionar la compra de los utensilios de limpieza necesarios a cada responsable.

### **5.5.5.4. SEIKETSU: Bienestar personal**

En esta cuarta S se busca estandarizar, mantener y controlar las 3 primeras S's señalar y repetir los procedimientos, de esta forma hacer que sean sostenibles en el tiempo, en esta etapa se busca también el bienestar del personal tanto física como psicológica, cuidando su salud cambiando el pensamiento de los colaboradores para que puedan desarrollar sus tareas de manera segura, cómoda y eficaz, cuidando su integridad y la de sus compañeros.

#### **1. Respeto al trabajador**

El gestor administrativo en comunicación con el área de RRHH de la empresa manufacturera realizó charlas de concientización a todo el personal operativo acerca del código de ética y los valores institucionales de la empresa recalcando el respeto mutuo entre compañeros de trabajo, a la vez se realizaron dinámicas grupales para incentivar el trabajo en equipo, también se dio una charla sobre el aseo e higiene personal involucrándolos para que tengan un mejor cuidado con su higiene personal controlando los uniformes limpios y en buen estado, los zapatos de seguridad lustrados, los EPP'S cuidados y en buen estado, etc.

El área de seguridad se involucró dando una charla informativa sobre el uso de EPP'S y concientizando al personal operativo con casos reales de accidentes y

enfermedades ocupacionales que se presentan por no usar los EPP'S correctamente.

**Figura 68**

*Incentivos de charla de concientización.*



*Fuente: Banco fotográfico de la empresa Manufacturera*

**2. Bienestar personal**

Con el apoyo del personal operativo de producción se logró detectar aquellos equipos y/o materiales que con el tiempo puedan causar daños irreversibles a su salud, premiando los aportes mediante la evaluación al trabajador del mes.

**Figura 69**

*Premiación al trabajador del mes.*



*Fuente: Banco fotográfico de la empresa Manufacturera*

### 3. Respeto a su cuidado personal

Se realizaron capacitaciones constantes con la finalidad de que el personal operativo conozca la importancia de cuidar su salud, en estas capacitaciones se tomó nota de algunos riesgos ergonómicos que se encontraron en algunas actividades, como es el caso del subproceso de mezcla en donde se observan constantes movimientos repetitivos, al igual, que en el proceso de extrusión en la actividad del acampanado donde se mantiene la misma posición durante varias horas.

#### Figura 70

*Salud ocupacional*



*Fuente: Banco fotográfico de la empresa Manufacturera*

Se realiza las charlas en la sala de capacitaciones, donde también se cuenta con el apoyo de la técnica en enfermería.

#### 5.5.5.5. SHITSUKE: Disciplina

La quinta S consiste en darle continuidad y seguimiento a las mejoras ya implementadas de la metodología 9S's, donde el personal empieza a tomar conciencia que las mejoras ya realizadas son realmente útiles en la mejora continua para la empresa manufacturera.

El jefe de planta debe ser el ejemplo para que los colaboradores se apeguen al orden y la limpieza en sus tareas diarias respetando los procedimientos de trabajo, controles, etc.

## 1. Realizar inspecciones diarias

El jefe de planta realiza el llenado del check list diariamente con la finalidad de conocer el cumplimiento de las mejoras realizadas en las diferentes actividades, de esta manera le permite conocer si el personal a su cargo está llevando de manera correcta los procedimientos y controles implementados.

### Figura 71

*Inspección diaria*



*Fuente: Banco fotográfico de la empresa Manufacturera*

La supervisión la realiza el jefe de planta y el supervisor de turno como parte de la inspección diaria y la disciplina que se genera entre los trabajadores.

#### 5.5.5.6. SHIKARI: Constancia

La realización de la sexta S se denomina constancia, y es mantenerse firme en la línea de la mejora continua, se realizaron charlas y dinámicas grupales sobre la perseverancia y disciplina en cuanto al orden y la limpieza de sus áreas de trabajo y no solo en la empresa sino también en su vida diaria.

El gestor de administración realizará la dinámica y la concientización para que los colaboradores mantengan lo ya implementado hasta el momento.

El jefe de planta será el responsable de evaluar frecuentemente los resultados obtenidos después de la implementación.

**Figura 72**

*SHIKARI: Capacitación del personal*



*Fuente: Banco fotográfico de la empresa Manufacturera*

Se realiza la capacitación del personal de planta en un lapso de 1 hora por sesión aproximadamente.

**5.5.5.7. SHITSUKOKU: Compromiso**

La séptima S tiene como principio el compromiso del personal para cumplir con lo pactado, dicho compromiso debe ser comunicado a todos los niveles de la empresa, empezando con los altos cargos hasta los cargos más bajos.

El compromiso pactado en esta fase se encuentra publicado en un lugar visible para todos los involucrados en el cumplimiento de la metodología 9S's.

Para generar el compromiso de los colaboradores la empresa se comprometió con ellos brindándoles los materiales necesarios y en buen estado para cumplir con sus tareas, se empoderó a los líderes provocando que sean ejemplo de los demás colaboradores, generando un ambiente de trabajo grato y armonioso.

Esta fase está liderada por el jefe de planta y se formaron 5 grupos de trabajo para poder interactuar y fortalecer la confianza de cada colaborador.

**5.5.5.8. SEISHOO: Coordinación**

La octava S busca que todos los que pertenecen a la empresa manufacturera trabajen al mismo ritmo cumpliendo los mismos objetivos, esto se logra solo con dedicación y una buena comunicación.

El equipo encargado de la implementación está en constante coordinación con todos los involucrados en la aplicación de esta herramienta para poder generar un buen trabajo en equipo se realizó un plan de trabajo, liderado por el jefe de planta.

En esta S se fomenta el trabajo en equipo, con dinámicas que puedan reforzar la coordinación y comunicación entre todos los interesados, donde se les mencionará que para llevar un correcto trabajo en equipo es necesario que haya una buena coordinación entre todas las áreas.

#### **5.5.5.9. SEIDO: Estandarización (Siga los procedimientos)**

En esta última S desarrollamos condiciones de trabajo que eviten retroceder la implementación, se coordina con todos los involucrados para armonizar el trabajo y lograr los objetivos propuestos y comprometerse con la mejora continua. Se asignan las responsabilidades de lo que se tiene que hacer, cuando y como debe hacerse, con normas, procedimientos establecidos.

En coordinación con la administradora y el jefe de planta se darán inducciones de las funciones y los procedimientos de cada subproceso, de la siguiente manera:

- Se les entregará su manual de funciones y obligaciones a cada trabajador.
- Se les dará una capacitación acerca de cada procedimiento independientemente del área a la que pertenezcan.
- Difusión de la nueva política de la empresa, y de la mejora aplicada.
- Se incluirá en la evaluación del trabajador del mes el cumplimiento de los procedimientos y las obligaciones para poder motivar al personal sin afectar los intereses de la empresa.

#### **5.5.5.10. Fase de evaluación**

Luego de la implementación de las 9S's se evaluará el cumplimiento de lo establecido, se incluirá en las auditorías internas toda la documentación implementada para asegurar su cumplimiento y avanzar hacia los mismos objetivos y enfocados hacia la mejora continua.

## **5.6. APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA KAIZEN EN EL PROCESO DE ACAMPANADO**

La aplicación de la herramienta Kaizen permite realizar la mejora continua en un proceso productivo mediante la modificación del procedimiento de trabajo, en el proceso de acampanado se cambia la forma de trabajar al incorporar un acampanadora automatizada que permitirá mejorar la productividad del proceso ya que en este sub proceso se genera inventarios en proceso debido al trabajo manual.

### **5.6.1. Objetivo**

El objetivo principal para la aplicación de la herramienta Kaizen es aumentar el nivel de producción del sub proceso de acampanado y mejorar la productividad del proceso productivo mediante la automatización de la máquina acampanadora.

### **5.6.2. Alcance**

La herramienta Kaizen se aplica en el sub proceso de acampanado con la automatización de la máquina en el proceso productivo de la planta de extrusión de la empresa manufacturera.

### **5.6.3. Método actual**

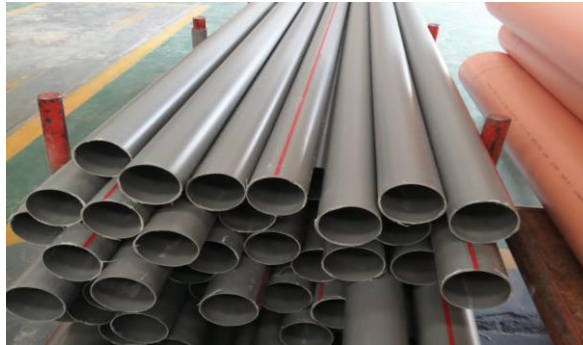
El método actual del proceso de acampanado de la tubería es manual se realiza el calentamiento de un extremo de la tubería más o menos entre 5 a 10 cm en un horno eléctrico el que cuenta con resistencias tubulares, el extremo de la tubería debe calentarse de 3 a 5 minutos, al costado del horno se encuentra la acampanadora la que está conformada por un herramental de acero inoxidable que recibe el nombre de pin de acampanado, hay diferentes formas dependiendo de la tubería a fabricar se realiza la campana que es el embone normal y campana para anillo que recibe el nombre de unión flexible.

El paso para el acampanado de las tuberías en el proceso productivo de la planta de extrusión se presenta a continuación.

1. El ayudante de producción traslada la tubería de la zona de botador al horno de acampanado para iniciar el sub proceso.

**Figura 73**

*Tubería en el botadero*



**Fuente:** *Empresa manufacturera*

2. El ayudante del sub proceso de acampanado calienta extremo de la tubería y gira el tubo para que se realice un calentamiento uniformemente y se logre una buena campana.
3. El ayudante del sub proceso de acampanado traslada la tubería al pin de acampanado para realizar la campana y se puedan embonar los tubos.
4. El ayudante realiza el acampanado de la tubería de manera manual.

**Figura 74**

*Tubería acampanada*



**Fuente:** *Empresa manufacturera*

5. El ayudante del sub proceso de acampanado activa el enfriamiento por ventilación para poder dar el acabado al acampanado de la tubería.
6. El ayudante del sub proceso de acampanado traslada la tubería a una carreta para el almacenamiento.

Para poder medir el tiempo y la distancia que demanda el sub proceso actual de acampanado manual de la planta de extrusión se muestra el diagrama de análisis de procesos DAP actual, este se muestra en la Figura 75.

**Figura 75**

*Diagrama de análisis de proceso actual para el acampanado manual de la tubería*

ACAMPANADO DE TUBERÍAS EN EL ÁREA DE EXTRUSIÓN									
DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO ACTUAL (DAP)									
PROCESO		ACAMPANADO DE TUBERÍAS.		RESUMEN					
PUESTO DE TRABAJO		Ayudante de producción.		ACTIVIDAD	SÍMBOLO	ACTUAL	PROPUESTO	VAR.	
ÁREA		EXTRUSIÓN.		OPERACIÓN	●	4	2	-2	
HORA INICIO		7:05:00 a. m.		TRANSPORTE	➡	2	3	1	
HORA TERMINO		7:40:00 a. m.		INSPECCIÓN	■	0	0	0	
TIEMPO TOTAL (min)		00:35:00		DEMORA	◐	0	1	1	
FECHA		15/05/2021		ALMACENAMIENTO	▼	0	1	1	
TURNO		Turno A		DISTANCIA	metros	36	3	34	
TIEMPO		min		00:35:00	00:10:00	00:25:00			
N°	ACTIVIDAD	Distancia	Tiempo (min)	●	➡	■	◐	▼	OBS.
1	El ayudante de producción traslada la tubería de la zona de botador al horno de acampanadora	10	00:03:00	○	➡	□	◐	▼	
2	El ayudante calienta extremo de tubería y gira el tubo para que caliente uniformemente.	2	00:08:08	●	➡	□	◐	▼	
3	El ayudante traslada la tubería al pin de acampanado.	2	00:03:00	○	➡	□	◐	▼	
4	El ayudante realiza el acampanado de la tubería.	8	00:07:12	●	➡	□	◐	▼	
5	El ayudante activa el enfriamiento por ventilación.	8	00:09:10	●	➡	□	◐	▼	
6	El ayudante traslada tubería a carreta para el almacenamiento.	6	00:04:30	●	➡	□	◐	▼	
<b>TOTAL</b>		<b>36</b>	<b>00:35:00</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

*Fuente: Empresa manufacturera*

Realizado el diagrama de análisis de proceso actual de acampanado se tiene un tiempo total de 35 minutos donde se reparte en 4 operaciones y 2 transportes esto se da en el proceso manual de acampanado de la tubería en la planta de extrusión.

#### 5.6.4. Método propuesto

El método propuesto del sub proceso de acampanado de la tubería de la planta de extrusión será automatizado donde la máquina acampanadora jala de manera automática la tubería que está saliendo del proceso de corte y biselado hacia el horno de calentamiento para que se pueda realizar un calentamiento uniforme en uno de los extremos de la tubería, para luego trasladar la tubería hacia el pin de acampanado, luego se realiza el enfriamiento y ventilación automática para que la tubería quede lista para ser trasladada.

Para la aplicación de la herramienta Kaizen por medio de la automatización de la máquina acampanadora el personal debe ser capacitado en el uso de la máquina y sobre las características técnicas, también se le da a conocer los objetivos de la mejora y las nuevas actividades del sub proceso.

1. La máquina acampanadora jala la tubería mediante pistones al horno de acampanado.

#### Figura 76

*Proceso de acampanado*

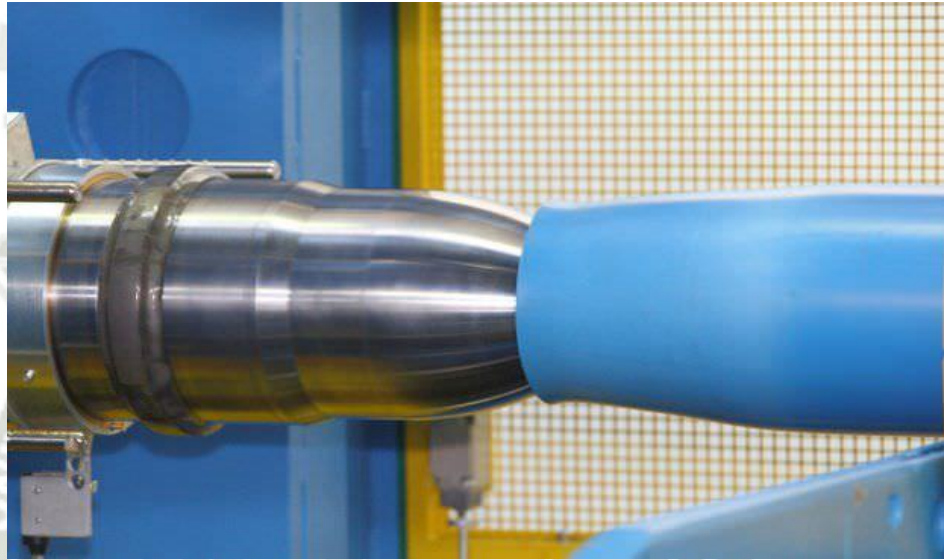


*Fuente: Empresa manufacturera*

2. Se realiza el calentamiento uniforme de un extremo de la tubería en la máquina acampanadora de manera automática.
3. La máquina acampanadora traslada de manera hidráulica la tubería al pin de acampanado.

**Figura 77**

*Pin de acampanado*



*Fuente: Empresa manufacturera*

4. La máquina acampanadora automática realiza el acampanado y enfriamiento por ventilación.
5. La máquina traslada la tubería a una canastilla.

De acuerdo a las actividades propuestas para el sub proceso de acampanado se realiza el diagrama de análisis de proceso propuesto el que se muestra en la Figura 78.

**Figura 78**

*Diagrama de análisis de proceso propuesto para el acampanado automático de la tubería*

ENTREGA DE PRODUCTO TERMINADO A ALMACÉN KANBAN									
DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO ACTUAL (DAP)									
PROCESO		ACAMPANADO AUTOMÁTICO DE TUBERÍAS		RESUMEN					
PUESTO DE TRABAJO		Maquinista de producción.		ACTIVIDAD	SÍMBOLO	ACTUAL	PROPUESTO	VAR.	
ÁREA		EXTRUSIÓN.		OPERACIÓN	●	4	2	-2	
HORA INICIO		10:05:00 a. m.		TRANSPORTE	➔	2	3	1	
HORA TERMINO		10:15:00 a. m.		INSPECCIÓN	■	0	0	0	
TIEMPO TOTAL (min)		00:10:00		DEMORA	◐	0	0	0	
FECHA		22/12/2021		ALMACENAMIENTO	▼	0	0	0	
TURNO		Turno A		DISTANCIA	metros	36	3	34	
TIEMPO		min		00:35:00	00:10:00	00:25:00			
Nº	ACTIVIDAD	Distancia	Tiempo (min)	●	➔	■	◐	▼	OBS.
1	La máquina jala la tubería mediante pistones al horno de acampanado.	1	00:00:35	○	➔	□	◐	▼	
2	Calentamiento uniforme de un extremo de la tubería.	0	00:03:39	●	➔	□	◐	▼	
3	La máquina traslada la tubería al pin de acampanado	0,5	00:00:42	○	➔	□	◐	▼	
4	La máquina realiza el acampanado y enfriamiento por ventilación.	0	00:04:09	●	➔	□	◐	▼	
5	La máquina traslada tubería a canastilla.	1	00:00:55	○	➔	□	◐	▼	
<b>TOTAL</b>		<b>3</b>	<b>00:10:00</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

*Fuente: Estudio de productividad*

Realizado el diagrama de análisis de proceso propuesto para el acampanado de tuberías tiene un tiempo total de 10 minutos donde se reparte en 2 operaciones y 3 transporte con una distancia recorrida de 3 metros.

## **5.7. APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA SMED EN EL PROCESO DE EXTRUSIÓN**

La aplicación de la herramienta SMED permite realizar la mejora continua por medio de los cambios rápidos de formato en la máquina extrusora en el proceso productivo para la elaboración de tuberías.

### **5.7.1. Objetivo**

El objetivo principal para la aplicación de la herramienta SMED es mejorar el tiempo de preparación de la máquina en el cambio de formato para realizar otra tubería con la finalidad de reducir el tiempo de espera y poder mejorar la productividad.

### **5.7.2. Alcance**

La herramienta SMED se aplica en el sub proceso de extrusión en la preparación de la máquina cuando se va a cambiar de formato.

### **5.7.3. Método actual**

El método actual del cambio de formato del sub proceso de extrusión de la tubería presenta un tiempo de regulación de 120 minutos donde se presenta demoras en el calentamiento de la máquina, en este tiempo se tiene el personal sin hacer nada en espera del calentamiento bajando la productividad del proceso productivo.

Los pasos para el cambio de formato de la máquina extrusora de tuberías en el proceso productivo de la planta se presentan a continuación.

1. El maquinista del sub proceso de extrusión se dirige a la zona donde se encuentra el compuesto purga para que pueda ingresar a la máquina extrusora e iniciar con la formación de la tubería.
2. El maquinista del sub proceso de extrusión llena un balde de compuesto purga para poder llevar a la máquina extrusora.
3. El maquinista de la máquina extrusora purga la máquina para poder dar inicio al proceso, es aquí donde se presentan demoras que reducen la productividad del proceso.

4. El maquinista de la máquina extrusora desafloja los pernos de la brida para realizar el cambio de formato.
5. El maquinista de la línea de extrusión saca el molde de la máquina para realizar el cambio y luego saca el pin.
6. El personal encargado del cambio de formato coloca el pin de la nueva medida en la máquina extrusora para iniciar con la producción de la tubería que se va a trabajar.
7. El personal encargado del cambio de formato instala la resistencia interna en la máquina extrusora.
8. El personal encargado del cambio de formato coloca el molde de la nueva medida en la máquina extrusora.
9. El personal encargado del cambio de formato ajusta los pernos del cabezal de la máquina extrusora para que quede listo el cambio de formato y se pueda dar inicio al proceso.
10. El personal encargado del cambio de formato coloca las resistencias en las zonas del cabezal.
11. Se realiza el calentamiento del herramental colocado para que la máquina extrusora quede lista para el inicio de las operaciones.

Para poder medir el tiempo y la distancia que demanda el cambio de formato actual de la máquina extrusora de la planta de extrusión se muestra el diagrama de análisis de procesos DAP actual, este se muestra en la Figura 79.

**Figura 79**

*Diagrama de análisis de proceso actual para el cambio de formato de la máquina extrusora*

PREPARACION DE LA MAQUINA EXTRUSORA - SMED									
DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO ACTUAL (DAP)									
PROCESO		Preparación de la maquina extrusora		RESUMEN					
PUESTO DE TRABAJO		Supervisor de turno.		ACTIVIDAD	SÍMBOLO	ACTUAL	PROPUESTO	VAR.	
ÁREA		EXTRUSIÓN.		OPERACIÓN	●	8	8	0	
HORA INICIO		10:05:00 a.m.		TRANSPORTE	➡	1	1	0	
HORA TERMINO		12:05:44 p.m.		INSPECCIÓN	■	0	0	0	
TIEMPO TOTAL (min)		02:00:44		DEMORA	◐	1	1	0	
FECHA		9/10/2021		ALMACENAMIENTO	▼	1	1	0	
TURNO		Turno A		DISTANCIA	metros	159	159	0	
				TIEMPO	min	02:00:44	01:30:24	00:30:20	
Nº	ACTIVIDAD	Distancia	Tiempo (min)	●	➡	■	◐	▼	OBS.
1	El maquinista se dirige a la zona donde se encuentra el compuesto purga.	5	00:00:10	○	➡	□	◐	▼	
2	El maquinista llena un balde de compuesto purga.	0	00:01:08	○	➡	□	◐	▼	
3	El maquinista encargado realiza la purga de la máquina.	5	00:14:42	●	➡	□	◐	▼	
4	El maquinista desafloja los pernos de la brida.	2	00:10:09	●	➡	□	◐	▼	
5	El maquinista retira el molde y el pin de la maquina.	10	00:07:10	●	➡	□	◐	▼	
6	El maquinista coloca el pin de la nueva medida.	1	00:04:03	●	➡	□	◐	▼	
7	El maquinista instala la resistencia interna.	1	00:04:07	●	➡	□	◐	▼	
8	El maquinista pone el molde de la nueva medida.	65	00:01:35	●	➡	□	◐	▼	
9	El maquinista ajusta los pernos del cabezal.	10	00:13:10	●	➡	□	◐	▼	
10	El maquinista coloca las resistencias en las zonas del cabezal.	50	00:04:05	●	➡	□	◐	▼	
11	Se realiza el calentamiento del herramental colocado.	10	01:00:25	○	➡	□	◐	▼	
<b>TOTAL</b>		<b>159</b>	<b>02:00:44</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	

*Fuente: Empresa manufacturera*

Realizado el diagrama de análisis de proceso actual para el cambio de formato de la máquina extrusora se tiene un tiempo total de 120 minutos donde se reparte en 8 operaciones, 1 transporte, 1 demora y 1 almacenamiento, esto se da en el subproceso de extrusión de la tubería.

#### 5.7.4. Método propuesto

El método propuesto del cambio de formato del sub proceso de extrusión de la tubería presenta un tiempo de regulación de 90 minutos, con la mejora propuesta en el calentamiento de la máquina realizándolo en paralelo a la preparación de la máquina con la materia prima y realizando un calentamiento automático se logra reducir 30 minutos pasando de un calentamiento de 60 minutos a 30 minutos disminuyendo el tiempo de preparación de la máquina y mejorando la productividad del sub proceso. Los pasos propuestos para el cambio de formato de la máquina extrusora de las tuberías en el proceso productivo de la planta se presentan a continuación.

1. El maquinista de la extrusora se dirige a la zona donde se encuentra el compuesto purga para poder trasladarlo a la zona de trabajo y poder dar inicio a la regulación de la máquina.
2. El maquinista de la extrusora llena un balde de compuesto purga y es llevado a la máquina.
3. El maquinista de la extrusora realiza la purga la máquina para que quede lista para la regulación.
4. El maquinista de la máquina extrusora desafloja los pernos de la brida para realizar el cambio de formato de la máquina.
5. El maquinista de la máquina extrusora saca el molde y el pin de la máquina.
6. El maquinista de la extrusora pone el pin de la nueva medida en la máquina extrusora para realizar el cambio de formato de la tubería a fabricarse.
7. El maquinista encargado del cambio de formato instala la resistencia interna en la máquina extrusora.
8. El maquinista de la extrusora pone el molde ya caliente de la nueva medida.
9. El maquinista encargado del cambio de formato ajusta los pernos del cabezal de la máquina extrusora.
10. El maquinista encargado del cambio de formato coloca las resistencias en las zonas del cabezal de la extrusora.
11. Se realiza el calentamiento del herramental colocado con anticipación aprovechando las actividades que se pueden realizar en paralelo reduciendo hasta 30 minutos el calentamiento de la máquina que también se realiza de manera automática.

Para poder medir el tiempo y la distancia que demanda el cambio de formato propuesto de la máquina extrusora de la planta de extrusión se muestra el diagrama de análisis de procesos DAP actual, este se muestra en la Figura 80.

**Figura 80**

*Diagrama de análisis de proceso propuesto para el cambio de formato de la máquina extrusora*

PREPARACION DE LA MAQUINA EXTRUSORA - SMED									
DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO PROPUESTO (DAP)									
PROCESO		Preparación de la maquina extrusora		RESUMEN					
PUESTO DE TRABAJO		Supervisor de turno.		ACTIVIDAD	SÍMBOLO	ACTUAL	PROPUESTO	VAR.	
ÁREA		EXTRUSIÓN.		OPERACIÓN	●	8	8	0	
HORA INICIO		10:05:00 a.m.		TRANSPORTE	➡	1	1	0	
HORA TERMINO		11:35:24 a.m.		INSPECCIÓN	■	0	0	0	
TIEMPO TOTAL (min)		01:30:24		DEMORA	◐	1	1	0	
FECHA		9/10/2021		ALMACENAMIENTO	▼	1	1	0	
TURNO		Turno A		DISTANCIA	metros	159	159	0	
TIEMPO		min		02:00:44	01:30:24	00:30:20			
Nº	ACTIVIDAD	Distancia	Tiempo (min)	●	➡	■	◐	▼	OBS.
1	El maquinista se dirige a la zona donde se encuentra el compuesto purga.	5	00:00:10	○	➡	□	◐	▼	
2	El maquinista de la extrusora llena un balde de compuesto purga.	0	00:01:08	○	➡	□	◐	▼	
3	El maquinista de la extrusora purga la máquina.	5	00:14:42	●	➡	□	◐	▼	
4	El maquinista de la extrusora desafloja pernos de la brida.	2	00:10:09	●	➡	□	◐	▼	
5	El maquinista saca el molde y el pin de la maquina extrusora.	10	00:07:10	●	➡	□	◐	▼	
6	El maquinista pone el pin de la nueva medida en la maquina extrusora.	1	00:04:03	●	➡	□	◐	▼	
7	El maquinista instala la resistencia interna en la maquina extrusora.	1	00:04:07	●	➡	□	◐	▼	
8	El maquinista pone el molde ya caliente de la nueva medida.	65	00:01:35	●	➡	□	◐	▼	
9	El maquinista ajusta los pernos del cabezal de la maquina extrusora.	10	00:13:10	●	➡	□	◐	▼	
10	El maquinista coloca resistencias en las zonas del cabezal de la extrusora.	50	00:04:05	●	➡	□	◐	▼	
11	Calentamiento del herramental colocado.	10	00:30:05	○	➡	□	◐	▼	
<b>TOTAL</b>		<b>159</b>	<b>01:30:24</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	

*Fuente: Estudio de productividad*

Realizado el diagrama de análisis de proceso propuesto para el acampanado de tuberías tiene un tiempo total de 90 minutos donde se reparte en 8 operaciones, 1 transporte 1 demora y 1 almacenamiento, con una distancia recorrida de 159 metros presentando la mejora en el calentamiento de la máquina que demanda una reducción de 30 minutos mejorando así la productividad del proceso.

## **5.8. APLICACIÓN DEL VALUE STREAM MAPPING PROPUESTO PARA LA PLANTA DE EXTRUSIÓN (VSM)**

La aplicación de la herramienta de Lean Manufacturing para representar de manera gráfica el proceso productivo de la planta de extrusión es el VSM, que se ha diseñado posterior a la aplicación de las herramientas como las 9S's, SMED, Kaizen y poka yoke en los diferentes sub procesos de la planta de producción con la finalidad de eliminar los desperdicios de tiempo y así poder mejorar la productividad del proceso productivo, se diseñó el VSM propuesto considerando la tubería ALC UF 160 mm S25 x 6m que es el producto más representativo de la planta de extrusión.

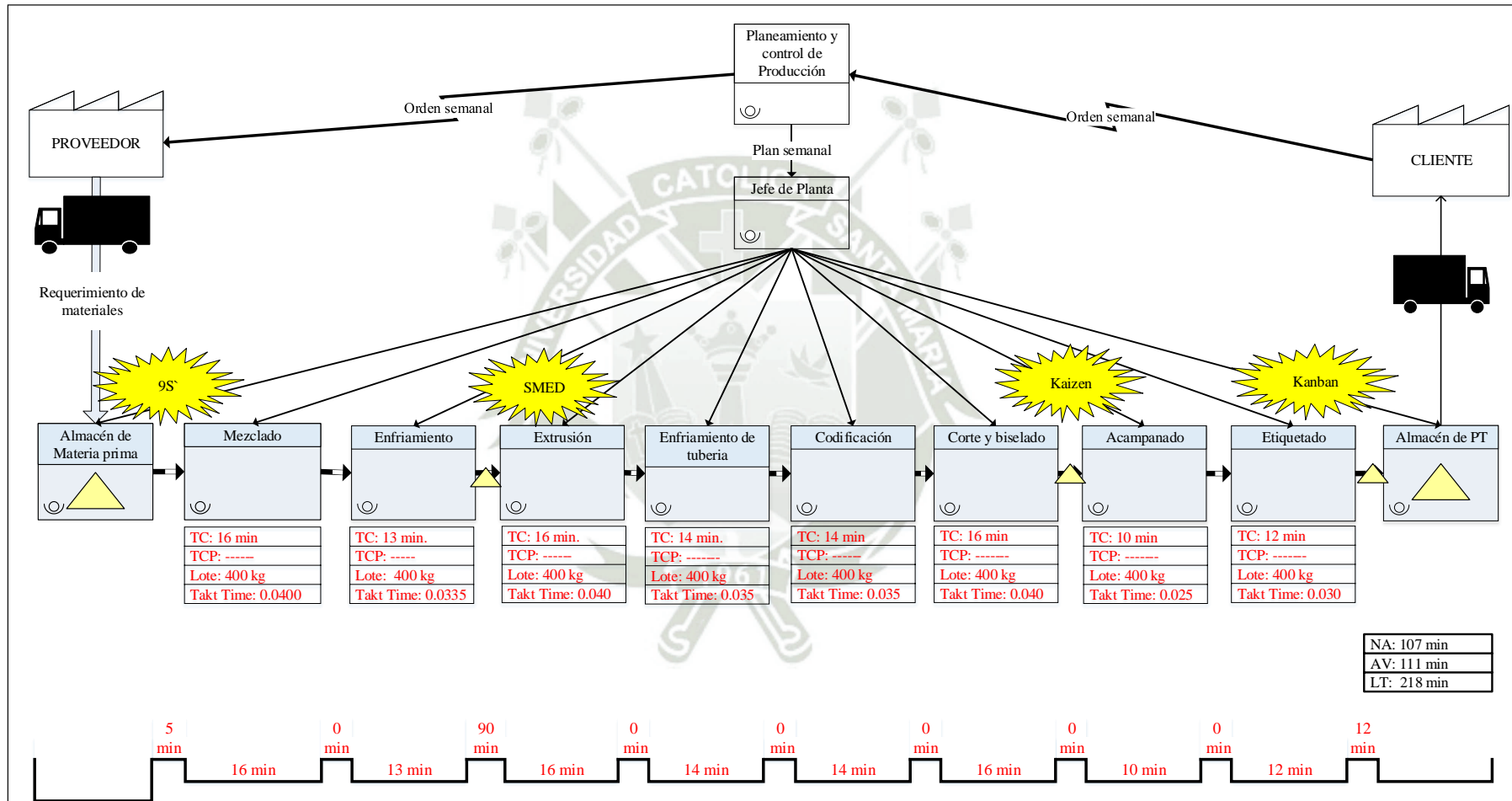
En el VSM propuesto se pueden identificar mejoras a lo largo del proceso productivo las cuales son:

- Aplicación de la herramienta SMED en el cambio de formato del sub proceso de extrusión.
- Aplicación de la metodología de las 9S's en la planta de producción como puntos principales los almacenes de materia prima y producto terminado.
- Aplicación de la herramienta poka yoke posterior al proceso de acampanado para llevar las tuberías al almacén transitorio
- Aplicación de la herramienta Kaizen mediante la automatización de la acampanadora.
- Reducción de una persona mediante la automatización de la acampanadora.

El diseño propuesto del VSM para el proceso de extrusión de la empresa manufacturera se muestra en la Figura 81.

**Figura 81**

*Value Stream Mapping propuesto en el proceso de extrusión de la Empresa Manufacturera*



*Fuente: Estudio de productividad*

En la elaboración del VSM del proceso de extrusión de la empresa Manufacturera se utilizó herramientas de Lean Manufacturing como las 9S's, SMED, Kaizen y poka yoke que se ubicaron en los puntos críticos y poder conocer donde se realizaron las mejoras que conllevan a incrementar la productividad del proceso:

- En el almacén de materia prima y los almacenes transitorios de la planta de extrusión se encuentran en mejores condiciones de distribución e identificación de los materiales e inventarios en proceso que se encuentran en cada zona que hace más rápido la ubicación de los materiales disminuyendo los tiempos de traslado y abastecimiento de los sub procesos.
- La aplicación de las 9S's también permite a los trabajadores realizar sus actividades de manera más segura ya que se pueden identificar las zonas de seguridad, se tiene libre las zonas de tránsito y puede trabajar en una planta más ordenada y limpia.
- La aplicación del poka yoke en la zona de almacén transitorio posterior al acampanado permite disminuir el tiempo de espera del personal que traslada las tuberías al almacén de producto terminado mediante la aplicación de las tarjetas de control que le permite identificar de manera rápida las carretas de tuberías listas para el traslado y las que se encuentran con alguna deficiencia que deben ser aprobadas por el área de calidad y la supervisión de la planta.
- La aplicación Kaizen de mejora continua del sub proceso de acampanado mediante la automatización de la máquina acampanadora que permite realizar una campana en las tuberías de manera más rápida incrementado la capacidad de producción y la productividad ya que se reducirá una persona que realizaba el acampanado manual.
- La aplicación SMED que se realiza en el cambio de formato de la máquina extrusora reduciendo el tiempo en el calentamiento de la máquina y reduciendo el cambio de condiciones para la producción de las tuberías.

Con la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing en el proceso de extrusión de la empresa manufacturera se obtiene los siguientes indicadores del VSM, que se muestran en la Tabla 11.

**Tabla 11***Comparación del VSM actual vs VSM propuesto*

<b>Indicador</b>	<b>VSM actual (minutos)</b>	<b>VSM propuesto (minutos)</b>	<b>Var (%)</b>
Tiempo de proceso (AV)	136,00	111,00	18,38%
Tiempo espera entre proceso (NA)	190,00	107,00	43.68%
Tiempo total de proceso (LT)	326,00	218,00	33.12%
Tiempo promedio para la producción (Takt time)	0,3400	0,2775	18.38%

*Fuente: Estudio de productividad / Elaboración propia*

Con la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing en el proceso productivo de extrusión se han mejorado los indicadores del VSM como el (LT) de 326,00 minutos a 218,00 minutos, reduciendo un 33,12%, el indicador Takt Time de 0,3400 min/kg a 0,2775 min/kg reduciendo un 18,38%, el tiempo de producción de 136 minutos a 111 minutos y el tiempo de espera entre procesos de 190 minutos a 107 minutos.

## CAPÍTULO VI:

## 6. EVALUACIÓN DEL ESTUDIO

La evaluación del estudio se realiza mediante la evaluación técnica, donde se mide y compara la productividad actual y la propuesta y mediante la evaluación económica donde se presentan los indicadores económicos y la inversión del estudio.

## 6.1. EVALUACIÓN TÉCNICA

Para realizar la evaluación técnica del estudio se realiza el análisis de la productividad del periodo 2021, mediante la producción de la planta de extrusión de la empresa manufacturera, para el análisis de la productividad se consideran los factores como la producción y la mano de obra. Los cálculos se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12

*Producción de la planta de extrusión del periodo 2021*

Fecha	Producción (kg)	Nro. Operarios	Horas totales	Días hábiles	Productividad Kg./h-h
Ene-21	316.630,00	09	2.808	26	112,76
Feb-21	319.640,00	10	3.000	25	106,55
Mar-21	313.530,00	09	2.808	26	111,66
Abr-21	318.160,00	10	3.120	26	101,97
May-21	348.070,00	11	3.564	27	97,66
Jun-21	322.570,00	10	3.240	27	99,56
Jul-21	233.840,00	07	2.100	25	111,35
Ago-21	210.360,00	06	1.872	26	112,37
Set-21	225.410,00	07	2.184	26	103,21
Oct-21	293.280,00	08	2.592	27	113,15
Nov-21	305.890,00	08	2.496	26	122,55
Dic-21	319.250,00	10	3.000	25	106,42
<b>Total 2021</b>	<b>3.526.630,00</b>		<b>32.784</b>	<b>312</b>	<b>107,57</b>

*Fuente: Estudio de productividad / Elaboración propia*

De acuerdo a la información proporcionada por la empresa manufacturera, el área de producción alcanzó un nivel de producción de 3.526.630,00 kg en el periodo 2021, también se recogió información del área de recursos humanos donde se analiza la mano de obra de cada mes durante el mismo periodo, calculando la productividad de la planta de extrusión que es de 107,57 kg/h.h.

### 6.1.1. Análisis de la productividad

Se ha calculado la productividad de la planta de extrusión de acuerdo a los datos históricos del periodo 2021, siendo 107,57 kg/h.h., en el estudio se ha implementado las herramientas de Lean Manufacturing para eliminar los desperdicios de tiempo y mejorar la productividad, el análisis se ha realizado con lotes de producción 400 kg de tubería ALC UF 160 mm S25 x 6m, donde se ha calculado indicadores como un LT de 326 minutos.

Con las mejoras aplicadas en el proceso productivo de la planta de extrusión de ha mejorado el Lead Time en un 18,38% lo que se ve reflejado en el incremento de la producción llegando un nivel de 4,174,824.60 kg/año, considerando la disminución de una persona debido a que ya no se contará con el operario de acampanado que será un sub proceso automatizado. La comparación de la productividad actual y propuesta se muestra en la Tabla 13 considerando la producción del periodo 2021 y la proyectada con la mejora del Lead Time, también con la nueva distribución del personal en el proceso.

**Tabla 13**

*Comparación de los indicadores de productividad de la planta de extrusión*

<b>Producción</b>	<b>Producción Kg/año</b>	<b>Mano de obra (h.h)</b>	<b>Productividad Kg/h.h</b>	<b>Lead Time</b>
Actual	3.526.630,00	32.784,00	107,57	326,00
Proyección	4,174,824.60	29.952,00	139,38	218,00
Diferencia	648,194.6	2.832,00	31,81	108,00
% Variación	18,38%	8.63%	29,57%	33,12%

*Fuente: Estudio de productividad / Elaboración propia*

- Se proyecta el incremento de la producción de los próximos periodos en un 18,38% pasando de 3.526.630,00 kg a 4,174,824.60 kg.

- Con la aplicación de las mejoras basadas en las herramientas de Lean Manufacturing se disminuye el personal en el sub proceso de acampanado pasando de 9 operarios promedio a 8 operarios.
- Se ha incrementado la productividad del proceso productivo de la planta de extrusión en un 29,57% pasando de 107,57 kg/h.h. a 139,38 kg/h.h.

## 6.2. EVALUACIÓN ECONÓMICA

La evaluación económica realizada en el estudio permite conocer los beneficios económicos que representan las mejoras aplicadas basadas en las herramientas de Lean Manufacturing en la planta de extrusión para ellos es importante calcular los indicadores económicos como el VAN, B/C, PRI y Kc que se calculan mediante los datos obtenidos en el estudio, se considera la evaluación de los indicadores económicos solo de la mejora obtenida, esto con el incremento de la producción, los ingresos se calcula con el margen de contribución del producto estrella.

### 6.2.1. Costos e ingresos

Para poder armar los estados financieros es importante conocer los ingresos generados con las mejoras aplicadas en el proceso productivo que permite el incremento de la productividad y por consecuencia de las ventas y los costos que demanda la implementación de las mejoras basadas en la filosofía Lean.

#### 6.2.1.1. Costos directos

La primera categoría de los costos son los directos que están compuestos por los que representan la mano de obra directa y materiales directos en el incremento de la producción y aplicación de las herramientas de mejora. Para la dirección y control de las herramientas de mejora se contrata a un coordinador de mejora con un sueldo mensual de 2.500,00 soles, para el cálculo del costo de mano de obra anual se consideran los beneficios laborales que representan el 33.32% (Vacaciones, CTS y gratificaciones)

En la Tabla 14 se muestra el costo de mano de obra directa que se va a utilizar en la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing en la planta de extrusión.

**Tabla 14**

*Valorización de la mano de obra directa*

Puesto	Cantidad	Rem. Mensual (soles)	Rem. Anual (soles)
Coordinador de mejora continua	1	2.500,00	30.000,00
Sub – Total	1		30.000,00
Más 33.33% Beneficios sociales			10.000,00
		<b>TOTAL</b>	<b>40.000,00</b>

*Fuente: Análisis económico / Elaboración propia*

Se ha calculado un total de 40.000,00 soles de costo de mano de obra de un periodo.

Con la mejora en la productividad se proyecta el incremento en los niveles de producción de la planta de extrusión para lo cual es necesario la adquisición y consumo de materiales directos relacionados a la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing, los valores de los materiales directos se muestran en la Tabla 15.

**Tabla 15**

*Valorización de materiales directos*

IT	Cantidad	Descripción	Unidad	PU (soles)	Total (soles)
<b>Herramienta 9'S – Poka yoke – Kaizen - SMED</b>					
1	300	Tarjetas de identificación	Unidades	2,00	600,00
2	7	Carretas metálicas	Unidades	800,00	5.600,00
3	9	Letreros de metal	Unidades	120,00	1.080,00
4	12	Baldes de pintura	Galones	52,00	624,00
1	300	Tarjetas de color	Unidades	2,00	600,00
2	6	Letreros de identificación	Unidades	120,00	720,00
3	2	Baldes de pintura amarilla	Galones	52,00	104,00

*Fuente: Análisis económico / Elaboración propia*

El costo de materiales requeridos para la aplicación de las herramientas aplicadas es de 9.328.00 soles.

Se ha calculado el costo de mano de obra directa que está representada por el coordinador de mejora continua y de los materiales directos que se incurren en la aplicación de las herramientas, a continuación, se presentan los costos directos totales en la Tabla 16.

**Tabla 16**

*Costo directo total*

<b>Años</b>	<b>Mano de obra directa</b>	<b>Materiales directos</b>	<b>Total (soles)</b>
1	40.000,00	9.328,00	49.328,00
2	40.000,00	9.328,00	49.328,00
3	40.000,00	9.328,00	49.328,00

*Fuente: Análisis económico / Elaboración propia*

El costo directo total para el estudio es de 49.328,00 soles el que está compuesto por la mano de obra y los materiales directos.

#### 6.2.1.2. Costos indirectos

El incremento del coordinador de mejora continua en la planta de extrusión tiene consigo el incurrir en materiales indirectos como lo es la vestimenta que se le proporciona a todos los trabajadores de la empresa y se muestra en la Tabla 17.

**Tabla 17**

*Costos de materiales indirectos*

<b>IT</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>PU (soles)</b>	<b>Total (soles)</b>
1	3	Pantalón de vestir	82,00	246,00
2	3	Camisa de la empresa	48,00	144,00
3	2	Casco de seguridad	24,00	48,00
4	2	Zapatos de seguridad	42,00	84,00
<b>TOTAL</b>				<b>522,00</b>

*Fuente: Análisis económico / Elaboración propia*

Se tiene un costo de materiales indirectos en la planta de extrusión de 522 soles que está conformado por la vestimenta del personal nuevo.

Dentro de los costos indirectos se presentan los gastos indirectos donde el principal es la depreciación de los equipos a adquirir, los gastos se muestran en la Tabla 18.

**Tabla 18**

*Resumen de gastos indirectos*

<b>Rubros</b>	<b>Monto Anual (S/.)</b>
Servicios básicos	4.200,00
Depreciaciones	39.333,33
<b>TOTAL</b>	<b>43.533,33</b>

*Fuente: Análisis económico / Elaboración propia*

Los gastos indirectos tienen un valor de 43.533,33 soles, siendo la depreciación el principal gasto.

Con el cálculo de los gastos y costos de materiales indirectos se calcula el costo indirecto total que se muestra en la Tabla 19.

**Tabla 19**

*Resumen de costos indirectos totales*

<b>Años</b>	<b>M.I. (S/.)</b>	<b>Gastos Indir. (S/.)</b>	<b>Costos Indir. Total (S/.)</b>
1	522,00	43.533,33	44.055,33
2	522,00	43.533,33	44.055,33
3	522,00	43.533,33	44.055,33

*Fuente: Análisis económico / Elaboración propia*

El costo indirecto total tiene un valor de 44.055,33 soles.

### 6.2.1.3. Costos administrativos

Se tiene los costos administrativos para el estudio que los conforman las capacitaciones que se van a recibir a todo nivel jerárquico en la empresa en relación a las herramientas implementadas en la planta de extrusión, estos costos se muestran en la Tabla 20.

**Tabla 20***Costos administrativos*

IT	Cantidad	Descripción	Horas	C/HH (soles)	Total (soles)
1	1	Capacitación de gerentes	8	38,46	307,69
2	2	Capacitación de jefaturas	8	28,85	461,54
3	2	Capacitación de supervisores	8	21,63	346,15
4	1	Capacitación de auxiliar	8	9,62	76,92
5	7	Capacitación de colaboradores	8	5,29	296,15
<b>TOTAL</b>					<b>1.488,46</b>

*Fuente: Análisis económico / Elaboración propia*

El valor del costo administrativo en él se incurre principalmente por la capacitación recibida es de 1.488,46 soles.

**6.2.1.4. Costos comerciales**

No se incurre en costos comerciales ya que el incremento de ventas es cubierto por el personal que se tiene en la actualidad.

**6.2.1.5. Ingresos**

Se calculan los ingresos generados con el incremento de la productividad de la planta de extrusión, que se muestran en la Tabla 13, siendo 648.194,00 kilogramos de tubería ALC UF 160 mm S25 x 6m la cual es valorizada de acuerdo al margen de contribución que fue proporcionado por el área de contabilidad. El cálculo de los ingresos se muestra en la Tabla 21.

**Tabla 21**

*Proyección de los ingresos*

Periodo	Proyección de ventas mensual (Kilogramos)	Incremento de ventas anual (Kilogramos)	Margen de contribución (soles/kg)	Valor (soles)
1	54.016,17	648.194,00	4,20	2.722.583,38
2	54.016,17	648.194,00	4,20	2.722.583,38
3	54.016,17	648.194,00	4,20	2.722.583,38

*Fuente: Análisis económico / Elaboración propia*

Los ingresos generados en la planta de extrusión son de 2.722.583,38 soles por periodo.

## 6.2.2. Inversión

Para calcular la inversión que se va a requerir en el desarrollo del trabajo se necesita calcular el activo tangible, intangible y capital de trabajo.

### 6.2.2.1. Activo intangible

El cálculo del activo intangible que es requerido para el estudio está conformado principalmente por los gastos que representan la elaboración del estudio y el montaje de la máquina acampanadora, los valores se muestran en la Tabla 22.

**Tabla 22**

*Activo intangible*

Rubros	Monto Estimado (S/.)
Gastos para realizar el estudio	11.500,00
Montaje de maquinaria y equipos	9.200,00
Gastos puesta en marcha 5%	1.035,00
<b>TOTAL</b>	<b>21.735,00</b>

*Fuente: Análisis económico / Elaboración propia*

Se ha calculado un valor de 21.735,00 soles de activo intangible para la ejecución del estudio.

### 6.2.2.2. Activo tangible

Para determinar el activo tangible que es requerido para la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing en la planta de extrusión se considera principalmente la máquina acampanadora que se va a instalar, los valores se muestran en la Tabla 23.

**Tabla 23**

*Activo tangible*

<b>Rubros</b>	<b>Monto estimado (S/.)</b>
Trabajos civiles	23.800,00
Maquinaria y equipos	118.000,00
Imprevistos 5%	7.090,00
<b>TOTAL</b>	<b>148.890,00</b>

*Fuente: Análisis económico / Elaboración propia*

El valor de activo tangible requerido es de 148.890,00 soles siendo el valor de la máquina acampanadora el principal activo.

### 6.2.2.3. Capital de trabajo

Dentro del cálculo de la inversión se requiere capital de trabajo para el inicio de las operaciones, este se muestra en la Tabla 24.

**Tabla 24**

*Capital de trabajo*

<b>Rubros</b>	<b>Reserva</b>	<b>Totales (soles)</b>
Mano de obra directa	1 mes	3.333,33
Materiales directos	1 mes	777,33
Gastos indirectos	1 mes	3.671,28
Gastos de administración	1 mes	124,04
<b>TOTAL</b>		<b>7.905,98</b>

*Fuente: Análisis económico / Elaboración propia*

El valor del capital de trabajo es de 7.905,98 soles que se considera en el inicio del proyecto para poder cubrir los pagos del primer mes de trabajo.

#### 6.2.2.4. Inversión total de la propuesta

La inversión que se requiere para el estudio es la suma del activo tangible, intangible y capital de trabajo, estos valores se muestran en la Tabla 25.

**Tabla 25**

*Inversión total*

<b>Rubros</b>	<b>Monto Total (soles)</b>
Inversión Tangible	148.890,00
Inversión Intangible	21.735,00
Capital de Trabajo	7.905,98
<b>TOTAL</b>	<b>178.530,98</b>

*Fuente: Análisis económico / Elaboración propia*

La inversión total para la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing en la planta de extrusión es de 178.530,98 soles.

#### 6.2.3. Indicadores económicos

Los indicadores económicos que se calculan para realizar la evaluación económica del trabajo son el VAN, B/C, PRI y el Kc y el flujo de caja los cuales permiten decidir la factibilidad económica del proyecto.

##### 6.2.3.1. Flujo de Caja

El flujo de caja presentado tiene un horizonte de 03 años de acuerdo a la evaluación económica, se consideran los ingresos generados por el incremento de la producción, los costos generados en la aplicación de las herramientas y en la proyección de la inversión requerida, el flujo de caja se muestra en la Tabla 26.

**Tabla 26**

*Flujo de caja*

Rubro	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
<b>Ingresos ( Cobranzas)</b>		2.242.127,49	2.242.127,49	2.242.127,49
<b>Actividades de Operación</b>				
(-) Costo de producción				
(-) Materiales directos		9.328,00	9.328,00	9.328,00
(-) Mano de obra		40.000,00	40.000,00	40.000,00
(-) Gastos indirectos		44.055,33	44.055,33	44.055,33
(-) Gastos de administración		1.488,46	1.488,46	1.488,46
(-) Gastos de ventas		0,00	0,00	0,00
(-) Balance de IGV		393.706,03	393.706,03	393.706,03
(-) Impuesto a la renta		633.440,43	633.440,43	633.440,43
(-) Participaciones		214.725,57	214.725,57	214.725,57
<b>(aumento ó disminución de caja)</b>		<b>905.383,67</b>	<b>905.383,67</b>	<b>905.383,67</b>
Menos:				
<b>Actividades de Inversión</b>				
(-) Adquisición de Activo Fijo	<b>-178.530,98</b>			
<b>(aumento ó disminución de caja)</b>				
Menos:				
<b>Actividades de Financiamiento</b>				
Ingreso de préstamo para adquis A.F		0,00		
Devolución de préstamo A.F.		0,00	0,00	0,00
Intereses del Financiamiento		0,00	0,00	0,00
<b>(aumento ó disminución de caja)</b>		<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
Saldo inicial de caja		0,00	726.852,69	1.632.236,36
<b>Variación de caja del período</b>		<b>726.852,69</b>	<b>905.383,67</b>	<b>905.383,67</b>
<b>Saldo final de caja</b>		<b>726.852,69</b>	<b>1.632.236,36</b>	<b>2.537.620,03</b>

*Fuente: Análisis económico / Elaboración propia*

Se ha calculado un flujo acumulado al tercer periodo de 2.537.620,03 soles con una inversión de 178.530,98 soles.

### 6.2.3.2. Valor actual neto (VAN)

Para realizar el cálculo de los indicadores económicos se ha utilizado la información que se presenta en el flujo de caja, se ha trabajado con un Kc de 25% debido a que en proyectos similares y se ha proyectado el cálculo del B/C, VAN y PRI. Los resultados se muestran en la Tabla 27.

**Tabla 27**

*Resumen de indicadores*

Indicador		Valor
VAN	=	1.588.777,94
B/C	=	1,68
KC	=	25%
PRI	=	1 Año

*Fuente: Análisis económico / Elaboración propia*

Se ha calculado un VAN de 1.588.777,94 soles siendo bueno para el proyecto, un B/C de 1,66 que estaría ganando 68 céntimos por cada sol invertido y el PRI es en el primer año. La base de datos para el cálculo de los indicadores se muestra en el Anexo 01.

## CONCLUSIONES

- Primera:** Realizado el estudio en la planta de extrusión se concluye que, si se incrementa la productividad en el proceso productivo de la tubería ALC UF 160 mm S25 x 6m, en un 29,57%, de la misma manera se obtiene mejoras económicas en la producción de tubería PVC.
- Segunda:** De acuerdo a la problemática que presenta la empresa se escogen las herramientas de Lean Manufacturing como el SMED, 9S`s Kaizen y Poka yoke, para lo cual se capacita al personal de todos los niveles como el gerente general, jefaturas y colaboradores que son parte de la mejora, para que puedan conocer las herramientas, sus objetivos y que estas sean sostenibles en el tiempo.
- Tercera:** Se realiza el análisis situacional de la planta de extrusión, mediante el análisis de la productividad y el proceso productivo, concluyendo que los principales problemas que afectan la productividad son la falta de automatización de acampanadora manual, el desorden y poca disciplina de limpieza, los inventarios en proceso después del proceso de acampanado y el producto que va ingresar al almacén de producto terminado, demoras en el cambio de formato de extrusión y la falta de señalización de planta, obteniendo una productividad actual de 107,57 kg/h.h. de tubería ALC UF 160 mm S25 x 6m.
- Cuarta** Identificados los principales problemas se aplica la herramienta de las 9S`s, para mejorar el orden y limpieza de la planta, se aplica el Poka yoke en la entrega de producto intermedio, se aplica el SMED en el cambio de formato de extrusión y por último se aplica el Kaizen en el sub proceso de acampanado de la tubería con la automatización de la máquina, la aplicación de las herramientas permite mejorar el Lead Time del proceso productivo y la productividad a 139.38 kg/h.h. de tubería.
- Quinta** Se realiza la evaluación económica donde se concluye que se obtiene un VAN de 1.588.777,94 soles con una inversión de 178.530,98 soles, y un B/C de 1,68 y una recuperación de la inversión en el primer periodo.

## RECOMENDACIONES

- Primera:** Elaborado el estudio con la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing en el proceso productivo, se recomienda exponer los resultados y el uso de las herramientas a la gerencia general para su pronta ejecución de las herramientas faltantes.
- Segunda:** Con la información consultada para la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing en la planta de extrusión se recomienda formar grupos de trabajo para la capacitación del personal de la planta.
- Tercera:** En el levantamiento de la problemática de la planta de extrusión se pudieron identificar otros problemas que no se tomaron en cuenta para la aplicación de las herramientas se recomienda, realizar su evaluación para dar alternativas de solución mediante el grupo de mejora continua.
- Cuarta:** Identificadas las herramientas de Lean Manufacturing a aplicar se recomienda tomar estas como piloto y puedan ser implementadas en todas las áreas de la empresa manufacturera partiendo de la aplicación de la metodología de las 9S's.
- Quinta:** Con las mejoras propuestas en el proceso productivo en la planta de extrusión se recomienda que los equipos de trabajo estén liderados por los principales talentos humanos de cada área como el supervisor de producción y los responsables de mejora continua.

**REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA**

- Asociación Nacional de la Industria química. (2015). *PVC Policloruro de Vinilo*. México DF, México.
- Beltrán, M., & Marcilla, A. (2012). *Tecnología de Polímeros*. Alicante, España: Unión de editoriales universidades Españolas.
- Calla, C. (2018). *Propuesta de mejora de la productividad en la sección tops de la planta de tintorería de una empresa textil en la ciudad de Arequipa*. Universidad Católica San Pablo, Arequipa, Perú.
- Cañon, L. (2021). *Evaluación del impacto de la aplicación de herramientas de lean manufacturing en la productividad del proceso de calzado convencional en la empresa Croydon Colombia S.A.* Bogota, Colombia.
- Fajardo, R. (2007). *Aseguramiento de calidad de extrusión de tubería de policloruro de vinilo*. Guatemala.
- Ferreira, J., & Natividad, L. (2019). *Propuesta de mejora de la productividad del área de flexibles de una empresa manufacturera de productos plásticos descartables mediante la metodología lean manufacturing*. Lima, Perú.
- Hernandez, A. (2019). *Implementación de las Herramientas Lean Manufacturing en el Área de Producción de Plásticos Mype de la Corporación Bolsipol S.A.C.* Lima, Peru.
- Indecopi. (2010). *Norma Técnica Peruana - ISO 21138-3*. Lima, Perú.
- Nicoll, P. (2006). *Catálogo y manual técnico sistema de presión NTP-ISO 4422*. Lima, Perú: Nicoll Perú S,A.
- QuimiNet. (2006). *¿Qué es el carbonato de calcio?* México.
- Rajadell, M., & Sanchez, J. (2010). *Lean Manufacturing la evidencia de una necesidad*. Madrid, España: Ediciones Diaz de Santos.
- Shintech Inc. (2022). *Resina PVC*. Hiuston Texas.
- Universidad Tecnológica de Tijuana. (2015). *Manual 9 S*. Tijuana, México.

Urbina, C. (2018). *Productividad, factores e indicadores*.

Vargas, L. (2019). *Propuesta de mejora en el proceso de fabricación de productos en plástico reforzado en fibra de vidrio en una Empresa Metalúrgica, aplicando Lean Manufacturing*. Universidad Tecnológica del Perú, Arequipa, Perú.

Villaseñor, A., & Galindo, E. (2015). *Manual de lean manufacturing: Guía básica*. Mexico: Editorial Limusa.





# ANEXOS

**Anexo 01: Base de datos para los indicadores económico**

<b>Años</b>	<b>Beneficio</b>	<b>Costo</b>	<b>Factor de actualización</b>	<b>Beneficio</b>	<b>Costo</b>	<b>Beneficio actual</b>
0	-178.530,98	0,00	1,000000	-178.530,98	0,00	-178.530,98
1	2.242.127,49	1.336.743,82	0,800000	1.793.701,99	1.069.395,06	724.306,94
2	2.242.127,49	1.336.743,82	0,640000	1.434.961,59	855.516,04	579.445,55
3	2.242.127,49	1.336.743,82	0,512000	1.147.969,28	684.412,84	463.556,44
	<b>6.726.382,47</b>	<b>4.010.231,46</b>		<b>4.376.632,86</b>	<b>2.609.323,94</b>	<b>1.767.308,92</b>



## Anexo 02: Máquina acampanadora



### Anexo 03: Indicadores de productividad

INDICADORES – PRODUCTIVIDAD				EMPRESA MANUFACTURERA
Objetivo	Identificar la productividad del proceso productivo para tubería ALC UF 160 mm S25 x 6m. en la planta de la empresa manufacturera.			
Indicador	PRODUCTIVIDAD			Frecuencia : Diario
				Unidad Índice
Descripción	índice que calcula la producción real en relación a las horas hombre utilizadas en la planta de extrusión de la empresa manufacturera.			
Formula	$\text{PRODUCTIVIDAD} = \frac{\text{Producción real ( kg )}}{\text{Horas. hombre (hrs/h)}}$			
Fuente de información	Control estadístico de la empresa manufacturera			
Rangos de desempeño	Bajo	Menor a 104	Bueno	115 a 125
	Medio	105 a 115	Excelente	Mayor a 126
Área responsable	Jefatura de la planta de extrusión			

El indicador actual de productividad se encuentra en 107, 57 kg/h.h con las mejoras propuestas se pretende alcanzar un valor de 139,38 kg/h.h

INDICADORES - PLANIFICACIÓN	EMPRESA MANUFACTURERA
-----------------------------	--------------------------

Objetivo	Medir el % de cumplimiento del programa de producción de la plana de extrusión de la empresa manufacturera.			
Indicador	% CUMPLIMIENTO DE PROGRAMA PRODUCCIÓN			
	Frecuencia : Mensual			
Indicador	Unidad %			
Descripción	Índice que calcula el % de cumplimiento del programa de producción de la planta de extrusión de la empresa manufacturera			
Formula	$\% \text{ CUMPLIMIENTO} = \frac{\text{Producción real ( kg )}}{\text{Producción planificada ( kg )}} \times 100$			
Fuente de información	Control estadístico de la empresa manufacturera			
Rangos de desempeño	Bajo	Menor a 85%	Bueno	90% a 95%
	Medio	85% a 89%	Excelente	Mayor a 95%
Área responsable	Jefatura de la planta de extrusión			

El indicador actual de la planificación del programa de producción se encuentra en 81.6 % con una producción mensual de 293,885.83 kg/mes, el incremento de la productividad se puede mejorar los niveles de producción como se muestra en la Tabla 13 alcanzando una producción mensual de 347,902.05 kilogramos de tubería pasando a un cumplimiento de 96.6 % de acuerdo al estándar de producción mensual requerido por el jefe de planta de 360.000,00 kg/mes.

#### Anexo 04: Indicadores de seguimiento de disponibilidad

Según el procedimiento regional del OEE de la empresa manufacturera se realizan algunos cálculos; la empresa tiene un área en Costa Rica que se encarga de realizar los gráficos y reportes a todos los países, se hace mediante un extractor de SAP y haciendo los cálculos de acuerdo a la base de datos, los siguientes indicadores:

1. Factor disponibilidad: Mide el tiempo productivo en función del tiempo programado; Es el cociente del tiempo operativo (Tb) y el tiempo programado (Tc) para un periodo de producción determinado. Se ve afectado por las paradas que se producen en el proceso de fabricación como, por ejemplo: arranques de máquinas, cambios de formato, averías y esperas.

1.1. Tiempo operativo (Tb): Es cuando el equipo está trabajando según lo programado, no importa si fabricando piezas buenas o malas o si está corriendo según la velocidad óptima del equipo.

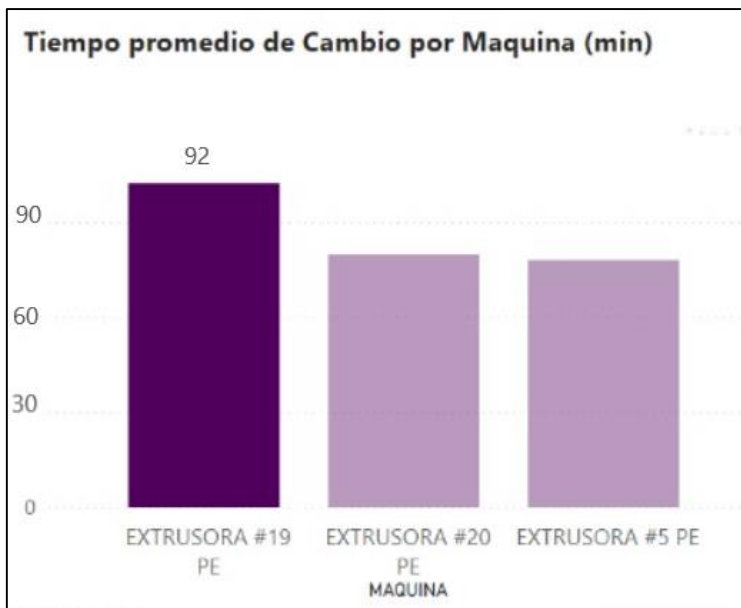
1.2. Tiempo programado (Tc): Es cuando la planta debe ser capaz de producir según lo solicitado por el proceso de Planning.

1.3. Paro planeado: Es el tiempo de paro anticipado por planning, por ejemplo, paro de mantenimiento preventivo, entrenamiento de personal, pruebas de prototipos, pruebas de materiales sin producción, días feriados.

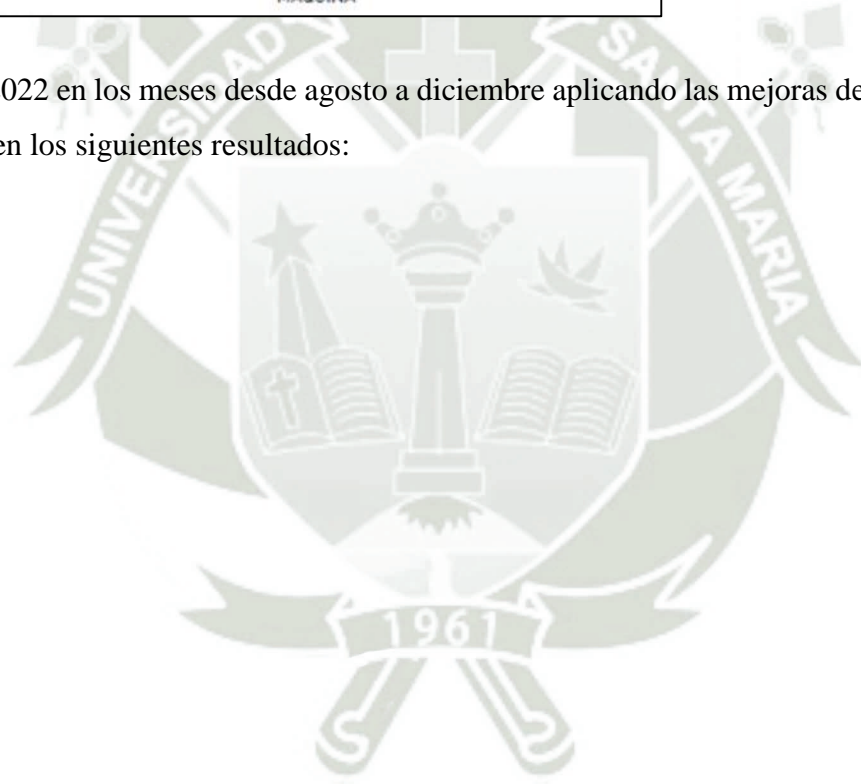
1.4. Paro No Planeado: Es el tiempo que la máquina no está trabajando y estaba programado para hacerlo, por ejemplo, paros por mantenimiento correctivo, tiempos de calentamiento de líneas, arranques de producción, falta de operador. En él se incluye los tiempos de cambio de producto para optimizar estos tiempos muertos.

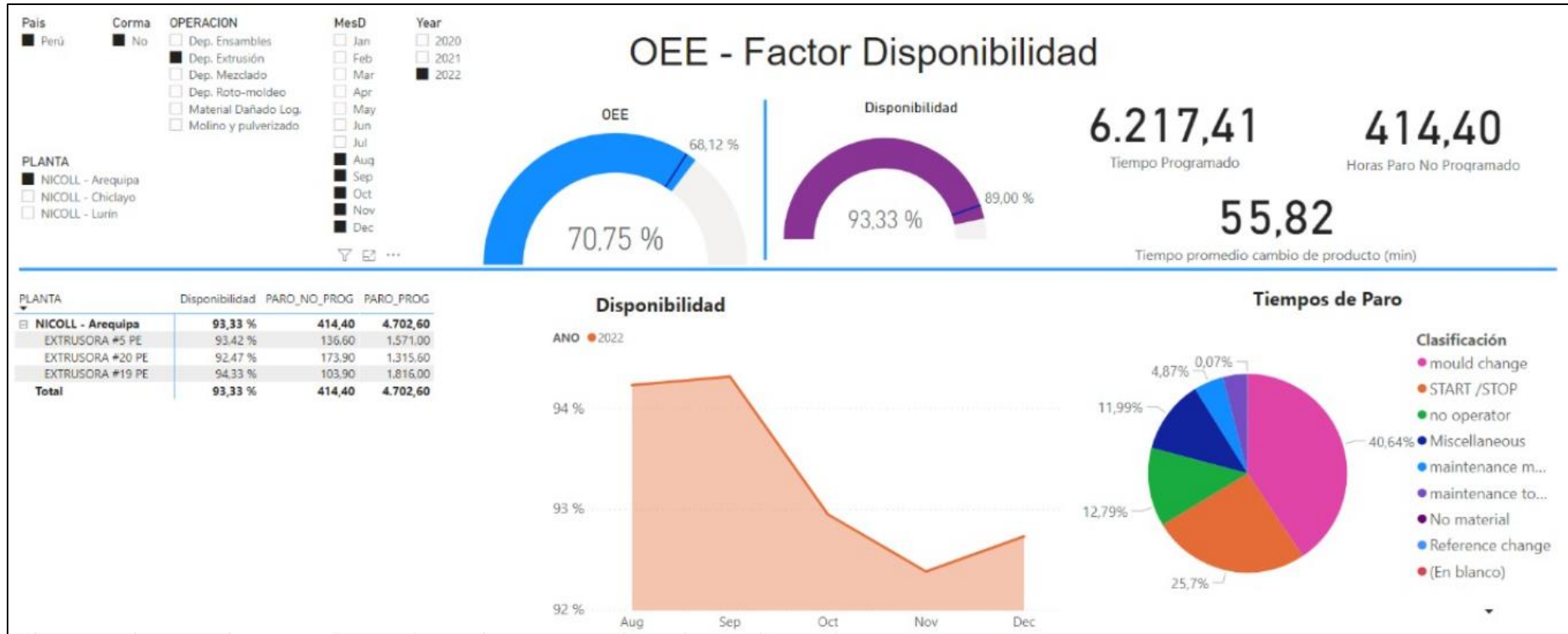
- Se observa en el reporte de POWER BI que en el año 2021 hay un tiempo promedio de cambio de molde de 92 minutos. Con una disponibilidad de 87.78% fuera de la meta (92%).

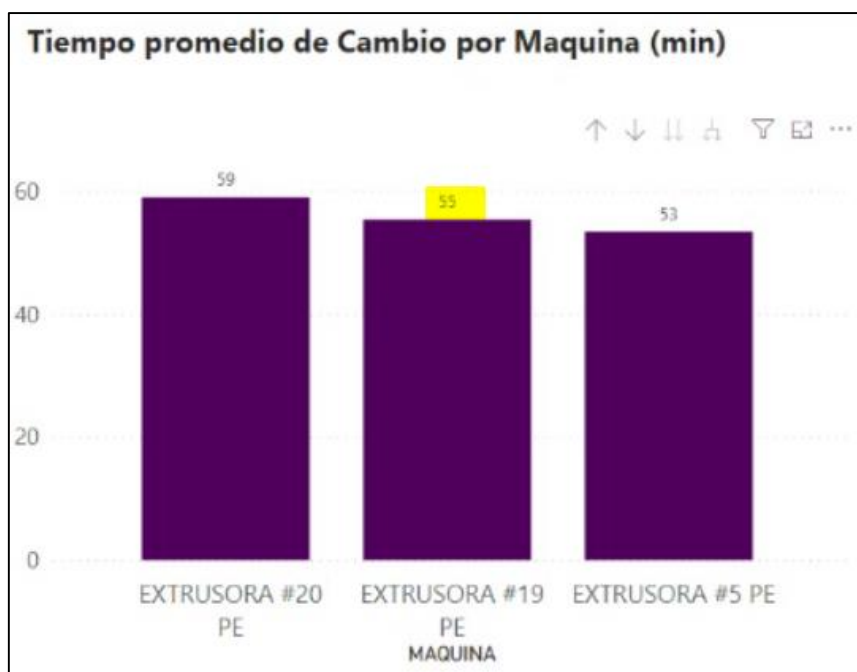




En el 2022 en los meses desde agosto a diciembre aplicando las mejoras de SMED y 9S's se obtienen los siguientes resultados:







En el 2022 se observa un tiempo de cambio de molde de 55 minutos con una disponibilidad de 93.34% dentro de la meta (89%).