



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

FACULTAD DE

---

INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTIÓN DE  
PRODUCCIÓN Y DESPERDICIOS A TRAVÉS DE  
HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING PARA  
REDUCIR COSTOS OPERACIONALES EN UNA  
EMPRESA DE FABRICACIÓN TUBOS DE PLÁSTICO  
DE PVC”**

Tesis para optar el título profesional de:  
**Ingeniero Industrial**

**Autor:**

Bach. Hernán Alejandro Medina Luna  
Bach. Gerardo Jesús Sánchez Ronceros

**Asesor:**

Ing. Miguel Ángel Rodríguez Alza

Trujillo – Perú  
2017

## **APROBACIÓN DE LA TESIS**

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, APRUEBAN la tesis desarrollada por los Bachilleres Hernán Alejandro Medina Luna y Gerardo Jesús Sánchez Ronceros, denominada:

**“PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTIÓN DE PRODUCCIÓN Y  
DESPERDICIOS A TRAVÉS DE HERRAMIENTAS DE LEAN  
MANUFACTURING PARA REDUCIR COSTOS OPERACIONALES EN UNA  
EMPRESA DE FABRICACIÓN TUBOS DE PLÁSTICO DE PVC”**

Ing. Miguel Ángel Rodríguez Alza  
ASESOR

Ing. Marcos Gregorio Baca Lopez  
JURADO  
PRESIDENTE

Ing. Rafael Luis Alberto Castillo Cabrera  
JURADO

Ing. Ramiro Fernando Mas MCGOWEN  
JURADO

## DEDICATORIA

A nuestros padres y familiares por el sacrificio constante y el ejemplo diario de renovación y superación.

A nuestros abuelos que quisieron cumplir el sueño de vernos realizados en el ámbito profesional y que ahora nos acompañan espiritualmente.

Este documento de investigación está dedicado a todas las personas que influyeron directamente en nuestra formación profesional.

Los Autores.

## AGRADECIMIENTO

A Dios por habernos otorgado la oportunidad de existir y colmarnos de amor y salud para poder llegar a esta etapa.

A la vida por enseñarnos que las cosas más placenteras son las que se obtienen con mayor sacrificio.

A nuestros padres, tíos, hermanos y demás familiares que fueron pilares y nos apoyaron para cumplir todas nuestras metas.

Los Autores.

## EPÍGRAFE

“Libérate de tu esclavitud mental, nadie excepto nosotros puede liberar nuestras mentes.  
No tengas miedo de la energía atómica, porque ni ello pudo detener el tiempo.”

Robert Nesta Marley Booker

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo general reducir los costos operacionales de la empresa de Tubos de Plásticos de PVC mediante una propuesta de gestión en la producción y de desperdicios. Inicialmente se realizó un diagnóstico de la situación actual de la empresa para cada área de estudio. Seleccionando las áreas de mezclado y extrusión, puesto que eran las de mayor problemática, ocasionando altos costos operativos.

Una vez culminada la etapa de identificación de los problemas, se procedió a redactar el diagnóstico de la empresa, en el cual se tomó en cuenta todas las problemáticas que se evidenciaron con el fin de demostrar lo mencionado anteriormente. Posteriormente se realizó la priorización de causas raíces mediante el diagrama de Pareto para dar paso a determinar el impacto económico que genera en la empresa éstas problemáticas, representado en pérdidas monetarias. Adicionalmente en el trabajo aplicativo se explica a detalle el proceso productivo de Tubos de plástico de PVC incluido los tiempos de cada proceso y las herramientas que son utilizadas.

El presente trabajo aplicativo detalla además las propuestas de mejora como son, en la gestión de producción: la herramienta de Lean Manufacturing; mientras en la gestión de desperdicios: 5 S y Mejora de Métodos de Trabajo.

La propuesta de implementación que se pretende diseñar contiene procedimientos de desarrollo, formatos normalizados que permiten controlar los procesos de producción y la gestión adecuada de los materiales.

Finalmente y con toda la información analizada, recolectada y a partir del diagnóstico que ha sido elaborado, se presenta un análisis de resultados y discusión para poder corroborar con datos cuantitativos las evidencias presentadas y la mejora lograda con la implementación de la gestión de la producción y de desperdicios en la fabricación de los tubos de plásticos de PVC para reducir costos operativos de la empresa.

En referencia a indicadores económicos, la propuesta tiene un VAN de S/. 70 799,60; TIR de 142% y un Beneficio/Costo de 1,38.

## ABSTRACT

The main objective of this work was to reduce the operational costs of the PVC Plastic Pipes company through a management proposal in production and waste.

First, a diagnosis was made of the current situation of the company for each study area. Selecting the areas of mixing and extrusion, since they were the most problematic, causing high operating costs.

Once the identification stage of the problems was completed, the diagnosis of the company was drafted, in which all the problems that were evidenced in order to demonstrate the aforementioned were taken into account. Subsequently, the prioritization of root causes was carried out using the Pareto diagram to make way for determining the economic impact generated in the company by these problems represented in monetary losses. Additionally in the application work is explained in detail the production process of plastic PVC pipes including the times of each process and the tools that are used.

The present application work also details the improvement proposals such as: in production management: the Lean Manufacturing tool; while in waste management: 5 S and Improvement of Work Methods.

The proposed implementation that is intended to design contains development procedures, standardized formats that allow to control the production processes and the adequate management of materials and inventories.

Finally and with all the information analyzed and collected; and from the diagnosis that has been prepared, an analysis of results and discussion is presented to corroborate with quantitative data the presented evidences and the improvement achieved with the implementation of the production and waste management of the PVC plastic pipes for Reduce operating costs of the company of PVC Plastic Pipes. In reference to economic indicators, the proposal has a NPV of S /. 70 799.60; IRR of 142% and a Benefit / Cost of 1.38.

## INDICE GENERAL

APROBACIÓN DE LA TESIS.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
EPÍGRAFE .....	V
RESUMEN .....	VI
ABSTRACT .....	VII
INDICE GENERAL .....	VIII
INDICE DE FIGURAS .....	X
CAPITULO 1 GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Realidad problemática .....	2
1.2. Formulación del Problema .....	4
1.3. Hipótesis .....	4
1.4. Objetivos .....	4
1.5. Justificación.....	4
1.6. Tipo de Investigación .....	5
1.7. Diseño de la investigación.....	5
1.8. Duración del proyecto .....	5
1.9. Variables .....	6
1.10. Operacionalización de variables .....	6
CAPITULO 2 MARCO REFERENCIAL .....	7
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	8
2.2 Base Teórica.....	12
2.3 Definición de Términos.....	28
CAPÍTULO 3 DIAGNÓSTICO DE LA REALIDAD ACTUAL .....	31
3.1 Descripción general de la empresa.....	32
3.2 Descripción particular del área de la empresa objeto de análisis.....	36
3.3 Identificación del problema e indicadores actuales .....	38
CAPÍTULO 4 SOLUCIÓN PROPUESTA.....	42
4.1 Desarrollo de la matriz de indicadores de variables.....	43
4.2 Gestión de Producción.....	45
4.3 Gestión de Desperdicios .....	55
CAPÍTULO 5 EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA.....	63
CAPÍTULO 6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	68
CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	75
BIBLIOGRAFÍA .....	78



ANEXOS .....80

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales actividades económicas demandantes de productos plásticos.....	2
Figura N°2. Modelo de Gestión Lean .....	14
Figura N°3. Gráfica de los tipos de Kanban .....	23
Figura N°4. Diagrama de Operaciones de Formulación y Extrusión para la obtención de Tubos de PVC Actual.....	38
Figura N°5. Diagrama de Ishikawa del Área de Gestión de la Producción.....	39
Figura N°6. Diagrama de Ishikawa del Área de Gestión de Desperdicios.....	40
Figura N°7. Diagrama de Pareto de las causas raíces del área de producción .....	41
Figura N°8. Tiempos Internos y Externos antes de la aplicación de la herramienta SMED .....	51
Figura N°9. Tiempos Internos y Externos después de la aplicación de la herramienta SMED .....	51
Figura N° 10. Montaje con Poka YokeFigura .....	53
Figura N°11. Porcentaje por área del costo perdido total.....	69
Figura N°12. Comparación por áreas de costos perdidos antes y después de las propuestas.....	70
Figura N°13. Comparación por causa raíz de costos perdidos antes y después de las propuestas.....	71
Figura N°14. Comparación de costos perdidos antes y después de las propuestas.....	72
Figura N°15. Comparación por causa raíz de costos perdidos antes y después de las propuestas.....	73
Figura N°16. Comparación de costos perdidos antes y después de las propuestas.....	73

## INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Cronograma de Actividades .....	5
Tabla N° 2. Operacionalización de variables.....	6
Tabla N° 3. Pasos en un proceso de preparación de máquina .....	25
Tabla N° 4. Tipos de Tuberías de doble Pared Estructurada para Sistemas de Alcantarillado Sanitario .....	34
Tabla N° 5. Tipos de Tuberías de HDPE Fabricada de acuerdo a la Norma ASTM 414.....	35
Tabla N° 6. Tipos de Tuberías de PEAD para Agua NTP – ISO 4427 .....	35
Tabla N° 7. Tipos de Tuberías de PEAD para Drenaje y Alcantarillado NTP – ISO 8772.....	36
Tabla N° 8. Causas raíz del área de producción de acuerdo a su nivel de influencia .....	40
Tabla N° 9. Indicadores de las causas raíces de los problemas .....	41
Tabla N° 10. Matriz resumen de indicadores de variables .....	44
Tabla N° 11. Costos por falta de diseño ergonómico del puesto de trabajo .....	46
Tabla N° 12. Costos por falta de método de trabajo.....	46
Tabla N° 13. Costos por falta de Control y Tecnología .....	47
Tabla N° 14. SMED de Extrusora Actual.....	49
Tabla N° 15. SMED de Extrusora Propuesta .....	51
Tabla N° 16. Distribución de planta Actual .....	52
Tabla N° 17. Distribución de planta Propuesta.....	53
Tabla N° 18. Costos perdidos antes y después del desarrollo de la propuesta de Gestión de Producción .....	54
Tabla N° 19. Pérdidas por falta de métodos estandarizados .....	56
Tabla N° 20. Pérdidas por falta de métodos estandarizados .....	57
Tabla N° 21. Cronograma de Actividades de Implementación de las 5S .....	60
Tabla N° 22. Cronograma de Actividades de Implementación de las 5S .....	61
Tabla N° 23. Costos perdidos antes y después del desarrollo de la propuesta de Gestión de Producción .....	62
Tabla N° 24. Inversión de personal para gestión de la producción y desperdicios .....	64
Tabla N° 25. Inversión de materiales y equipos para gestión de la producción .....	65
Tabla N° 26. Depreciación y reinversión de equipos para gestión de la producción .....	65
Tabla N° 27. Beneficio de la propuesta de gestión de la producción .....	66
Tabla N° 28. Beneficio de la propuesta de gestión de desperdicios .....	66
Tabla N° 29. Requerimientos para la elaboración del flujo de caja .....	67
Tabla N° 30. Flujo de Caja .....	67
Tabla N° 31. VAN, TIR, PRI y B/C.....	67
Tabla N° 32. Resumen de costos perdidos actuales y beneficio de las propuestas .....	69
Tabla N° 33. Participación de costos perdidos actuales y beneficio de las propuestas .....	70

# **CAPITULO 1**

# **GENERALIDADES DE LA**

# **INVESTIGACIÓN**

## 1.1. Realidad problemática

En el Perú, la industria plástica transforma en productos finales los insumos de resina elaborados por la industria petroquímica extranjera. Estos insumos en su forma primaria son importados y representan la base de la cadena productiva de dicha industria.

La industria del plástico, según la Sociedad Nacional de Industria – SNI (2016), presentó durante los años 2014 – 2015 “una tendencia decreciente, caracterizada por una desaceleración durante el año 2014 y tasas negativas de crecimiento durante el 2015. Esto en línea con el menor dinamismo de los principales sectores demandantes de productos plásticos (construcción y comercio)”.

Por otro lado, el Ministerio de la Producción en la estadística que publica respecto a los principales productos que marcan la tendencia en el sector industrial, registra al consumo de plásticos en formas primarias, mostrando que la estructura productiva se concentra en la mayor utilización de Resina PET para envases y policloruro de vinilo, en línea con una mayor producción de envases plásticos e insumos para el sector construcción (SNI, 2016).

**Figura 1. Principales actividades económicas demandantes de productos plásticos.**



Fuente: Tabla Insumo producto – INEI. Elaborado por IEES –SIN.

En los diversos procesos de transformación de los insumos primarios se tiene la extrusión, inyección, soplado o el termoformado, entre otros procedimientos que de manera general realizan un calentamiento del material plástico que luego será derivado a una matriz destinada a darle una forma específica para finalmente ser enfriado por sopladores o inmersión en agua.

En ese sentido, la existencia de nuevos materiales o insumos, y la necesidad de presentar productos innovadores de alta calidad, obliga a las industrias a tener una mayor eficiencia productiva e invertir en maquinaria y equipo moderno que les permita competir en el mercado interno y externo con productos de mayor valor agregado cada vez más diferenciados.

Lean Manufacturing, tiene su origen en el sistema de producción Just in Time (JIT) desarrollado en los años 50 por la empresa automovilística Toyota, ésta consiste en la aplicación sistemática y habitual de un conjunto de técnicas de fabricación que buscan la mejora de los procesos productivos a través de la reducción de todo tipo de “desperdicios”, definidos éstos como los procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios.

La clave del modelo está en generar una nueva cultura tendente a encontrar la forma de aplicar mejoras en la planta de fabricación, tanto a nivel de puesto de trabajo como de línea de fabricación, y todo ello en contacto directo con los problemas existentes para lo cual se considera fundamental la colaboración y comunicación plena entre directivos, mandos y operarios (Hernández, 2013).

La empresa de Tubos de Plástico fue creada en 1997 y gracias al empuje de su propietario y de sus colaboradores se ha ubicado en una posición privilegiada en el mercado norte del país. Pero ese crecimiento ha sido sin una guía sin un planeamiento estratégico, lo que ha llevado a una serie de procesos que no agregan valor a la empresa. Dicha situación se manifiesta también en su proceso de elaboración de tubos de PVC durante la actividad de “acampanar”, el tubo llano se procede a calentar a altas temperaturas y para evitar su deformación se coloca en agua, esto genera que durante el enfriamiento de los tubos de PVC se presenten algunas deformaciones. Del mismo modo, en muchas ocasiones el producto final no cumple con las especificaciones o medidas estándar ya que la manipulación hace que varíe el tamaño del diámetro del producto; los tubos que no cumplen con las especificaciones son dirigidos para reproceso y en algunas ocasiones el material es desechado como merma, donde actualmente tiene una pérdida promedio de materia prima de 8% siendo el promedio estándar de 3%; lo que representa un desperdicio de 5%.

En el área de extrusión se presentan defectos sobre longitud menor al nominal, picaduras, superficie rugosa, perfil ovoide y tubos doblados y/o aplastados y en el área de formulación se presenta la falta de mantenimiento en las áreas de trabajo, falta de limpieza y ambientes inadecuados, inadecuado llenado y pesado de insumos y falta de métodos estandarizados para llenado y pesado. Las pérdidas ascienden a 6 bolsones por mes, cada bolsón tiene un costo de S/. 1 279,23; lo que representa un costo de S/. 7 675,38 en el área de extrusión y en el área de formulación las pérdidas ascienden a S/. 35 818,36 lo que representa 19,6 bolsones mensuales.

La empresa maneja 8 fórmulas que emplea para la elaboración de sus productos. Asimismo utiliza una fuerza de trabajo igual a 112 colaboradores en el área de producción. Su nivel de producción mensual es de 1 100 Toneladas, siendo su capacidad de planta de 1 900 toneladas.

## 1.2. Formulación del Problema

¿La mejora mediante las técnicas de Lean Manufacturing reducen los desperdicios operaciones de la empresa de Tubos de Plástico de PVC?

## 1.3. Hipótesis

Mediante las técnicas de Lean Manufacturing se reduce los costos operacionales en la gestión de producción y desperdicios de la empresa de Fabricación Tubos de Plástico de PVC.

## 1.4. Objetivos

### 1.4.1. Objetivo General

Crear una propuesta de mejora para reducir las pérdidas operacionales aplicando técnicas de Lean Manufacturing en la empresa de Tubos de Plástico de PVC.

### 1.4.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar el nivel de desperdicios en el proceso productivo de la empresa de Tubos de Plástico de PVC.
- Analizar las fuentes y causas de desperdicios en el proceso productivo de la empresa de Tubos de Plástico de PVC.
- Realizar una evaluación de costo-beneficio que justifique la propuesta de mejora.

## 1.5. Justificación

La presente investigación, servirá de base metodológica para posteriores investigaciones en la universidad, considerando que aportará los procedimientos y métodos específicos utilizados para establecer sistema de Lean Manufacturing en una empresa fabricación de Tubos plásticos.

A consecuencia de las mejoras del Lean Manufacturing que se desprenden en la reducción de los desperdicios de materiales, de tiempos, etc., lo cual retribuirá en la rentabilidad para los dueños o accionistas de la firma, así como para el personal a través de la repartición de las utilidades. Asimismo también el cliente recibirá un producto de calidad mejorando su satisfacción y recibiendo un producto a menor costo.

El aporte teórico de la presente investigación se sustenta en el conocimiento particular respecto del efecto significativo que pudiera tener la aplicación del Lean Manufacturing en mejorar productividad de la empresa de Tubos de Plástico de PVC.

## 1.6. Tipo de Investigación

### 1.6.1. Por la orientación

La investigación es aplicada ya que busca resolver problemas específicos que se presentan en las organizaciones.

### 1.6.2. Por el diseño

El presente trabajo de investigación es No Experimental Correlacional.

## 1.7. Diseño de la investigación

### 1.7.1. Localización de la investigación

La Libertad, Trujillo, La Esperanza.

### 1.7.2. Alcance

El proyecto se ejecutara en una empresa de fabricación de Tubos de Plástico de PVC de la ciudad de Trujillo y la de gabinete en las instalaciones de la Carrera Profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad Privada del Norte – Trujillo.

## 1.8. Duración del proyecto

**Tabla N° 1. Cronograma de Actividades**

N°	Actividades	Año 2017					
		ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
1	Revisión del Problema de Investigación (Planteamiento, Formulación del Problema, Justificación, antecedentes, Objetivos de investigación).	x	x	x			
2	Revisión del Marco Teórico (Contextualización de la investigación, Marco Teórico, Marco conceptual e hipótesis de investigación)	x	x	x			
3	Revisión del marco metodológico (Variables, tipo y diseño de investigación, población, muestra y muestreo, técnicas e instrumentos de recolección de datos, métodos de análisis de datos)	x	x	x			
4	Revisión de resultados			x	x	x	



5	Revisión de Análisis de los resultados y conclusiones					x	x
6	Presentación de la tesis (Informe completo preliminar)						x
7	Revisión de tesis						x

Elaboración propia.

### 1.9. Variables

Variable independiente: Propuesta de mejora mediante Técnicas de Lean Manufacturing.

Variable dependiente: Costos Operaciones en la gestión de Producción y desperdicios de la empresa de Fabricación de tubos de Plástico de PVC.

### 1.10. Operacionalización de variables

**Tabla N° 2. Operacionalización de variables**

Variable	Indicadores	Fórmula
Variable independiente: Técnicas de Lean Manufacturing	Inventario sobrante (%)	$\text{Inventario sobrante} * 100\% / \text{Total Producción}$
	Tiempos estándar (%)	$\text{Procesos con tiempos estándar} * 100\% / \text{Número total de procesos}$
	Tiempo de cambio de línea (%)	$\text{Tiempo de cambio de línea} * 100\% / \text{tiempo total de producción}$
	% de Desperdicio	$1 - (\text{Producto Final(Kg)} / \text{Materia Prima ingresada(Kg)})$
Variable dependiente: Costos operacionales en la gestión de producción y desperdicios de la empresa de Fabricación de tubos de Plástico de PVC	Costo de tiempo improductivo	$\text{Horas improductivas} * \text{Costo HH}$
	Costo de sobre producción	$\text{Unidades sobre producidas} * \text{Costo de producción unitario}$

Elaboración propia

# CAPITULO 2

# MARCO REFERENCIAL

## **2.1 Antecedentes de la Investigación**

### **2.1.1 Internacionales**

La tesis titulada “DISEÑO DE UNA LÍNEA DE ENSAMBLE PARA UNA EMPRESA DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ” de Alducin (2015), publicada por el Instituto Politécnico Nacional, México, la cual tiene como finalidad Diseñar una línea de ensamble para la empresa PLASTIC TEC, con base en conceptos de Lean Manufacturing y estudio del trabajo con el fin de mejorar la calidad y productividad de los difusores. Los resultados obtenidos fueron la reducción de espacio de 10 m<sup>2</sup> a 6 m<sup>2</sup> por línea de difusor. Implementación de la metodología chaku chaku en las líneas de ensamble y mejorar el LAYOUT donde se dio espacio para que la línea albergue más componentes, reduciendo con esto el tiempo de paso del material.

El antecedente contribuye a afirmar que la implementación del Lean Manufacturing en líneas de producción produce mejoras en la productividad de la empresa.

La tesis titulada “PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE GESTIÓN LEAN MANUFACTURING EN LA EMPRESA AJOVER S.A.” de Peralta & Rocha (2015), publicada por la Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias, Colombia, la cual tiene como finalidad diseñar una propuesta para implementar el modelo de gestión Lean Manufacturing en la empresa AJOVER S.A. mejorando la fluidez en sus procesos y sus niveles de eficiencia para lograr mayor competitividad. Se puede concluir al finalizar este trabajo, que la aplicación del modelo de gestión Lean Manufacturing en la empresa AJOVER S.A. es perfectamente posible, ajustando sus procesos para que se alineen con los 5 principios de la filosofía, adoptando las estrategias propuestas y ante todo, revaluando los paradigmas

El antecedente contribuye a afirmar que la implementación del Lean Manufacturing en líneas de producción en una empresa es factible.

La tesis titulada “PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA PRODUCTIVO EN LA EMPRESA DE CONFECCIONES MERCY EMPLEANDO HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING” de Gacharná & González (2013), publicada por la Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia, la cual tiene como finalidad elaborar una propuesta de mejoramiento en el sistema productivo de la Empresa de Confecciones Mercy aplicando herramientas de Lean Manufacturing. Concluye que el análisis o diagnóstico de la situación actual bajo las herramientas de Lean Manufacturing permitieron identificar los problemas o desperdicios en el proceso productivo, los cuales son los siguientes: Sobreproducción (hacer antes del siguiente proceso), Espera del material (producto en proceso estancado) y Exceso de inventario (en este caso de producto en proceso). A través de la matriz de priorización de problemas, la cual relaciona criterios como la frecuencia, la magnitud, el impacto

en la calidad y el impacto en el servicio de las 19 variables críticas encontradas para la empresa Mercy, se escogieron las 9 de mayor puntaje para ser tratadas, a través de las propuestas a realizar. Para lograr determinar las herramientas de Lean Manufacturing aplicables a la empresa Mercy, se realizó una matriz de asignación a partir de las 9 variables críticas donde se escogieron aquellas herramientas con frecuencia mayor a 5, dando como resultado: MPT, Manufactura Celular, 5's, Kanban y Jidoka. Para la valoración económica se establecieron los diferentes costos de las propuestas por cada herramienta, y a través de un flujo de fondos se encontró el Valor Presente Neto que al resultar positivo, demuestra la viabilidad del proyecto y los beneficios económicos esperados a través de los seis meses de estudio.

El antecedente contribuye a firmar que la implementación del Lean Manufacturing en líneas de producción en una empresa es factible y a la vez rentable.

La tesis titulada "PROPUESTA DEL SISTEMA LEAN MANUFACTURING EN LA FABRICACIÓN DE GABINETES PARA REFRIGERADORAS EN LA EMPRESA INDURAMA-INDUGLOB S.A." de Abril (2013), publicada por la Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador, la cual tiene como finalidad realizar una propuesta del sistema Lean Manufacturing en la fabricación de gabinetes para refrigeradoras en la Empresa Indurama-Induglob S.A., y así lograr aumentar el flujo de producción, la entrega oportuna de los productos y la satisfacción del cliente. Se concluye que el análisis sobre tiempos y procesos para la elaboración de gabinetes en 3 áreas propuestas: termoformado, acabados plásticos y poliuretano. Pasado los 3 procesos se producen al día un promedio de 878 gabinetes RI-425 y 905 del modelo RI-587. Se propone reducir el tiempo que pasa el producto en proceso para en el modelo RI-425 de 50,16 a 25,13 horas con una mejora del 50,09% y con respecto al modelo RI-587 de 50,03 a 24,98 horas con una mejora del 49,93%. El tiempo de ciclo para el modelo RI-425 es de 1 236,50 s y para el RI-587 de 1 239,50 s; estos no cambian debido a que la empresa presenta maquinas automatizadas que trabajan a tiempo completo. Con la propuesta de reducción del lead time del RI-425 al 50,09% y del RI-587 al 43,93%, se disminuye las unidades del inventario en proceso por lo que se propone un ahorro en el costo de \$23 317,66 con lo que se mejorará un 61,34%. Con la aplicación de esta mejora se prevé una reducción del espacio utilizado en las áreas de almacenamiento para el modelo RI-425 a 238 m<sup>2</sup> con un ahorro anual de \$11 424 y para el RI-587 a 224 m<sup>2</sup> con un ahorro de \$10 752, tomando en cuenta que el m<sup>2</sup> de arrendamiento en el sector es de \$4 dólares mensual.

El antecedente contribuye a afirmar que la implementación del Lean Manufacturing en líneas de producción ayuda a reducir los cuellos de botella y asimismo la reducción de espacios en almacenaje con lo que mejora la satisfacción del cliente.

La tesis titulada “DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORAS EN UNA INDUSTRIA DE PLÁSTICO APLICANDO TÉCNICAS DE MANUFACTURA ESBELTA” de Bravo (2008), publicada por la Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador, la cual tiene como finalidad analizar las fuentes y causas de desperdicios en el proceso productivo de la empresa y diseñar un plan de mejoras que logren su reducción mediante la aplicación de las técnicas de Manufactura Esbelta. Concluye que de las líneas de producto de la empresa, se selecciona la línea de etiquetas termoencogibles de PVC en base a los ingresos generados y el elevado costo de sus desperdicios. Se analizan los indicadores de volumen de producción, capacidad, eficiencia y costo del desperdicio en los procesos para la fabricación de etiquetas termoencogibles de PVC. Se selecciona al proceso de impresión para ser considerado como el proceso crítico. En el análisis del proceso crítico se identifican los principales problemas que generan desperdicios: ajustes de color en aprobaciones, betas en la impresión, problemas en fotopolímeros y ganancias de puntos. Estos problemas generan el 73% de los desperdicios. Las técnicas de Manufactura Esbelta seleccionadas van a permitir la reducción de tiempos de cambio de productos, desperdicios en el proceso productivo y de las distancias que recorren el personal y los materiales. El análisis Costo-Beneficio demuestra que es conveniente la implementación de las técnicas seleccionadas, con un el costo de implementación es de \$35 160,00 y los beneficios esperados \$ 47 770,02 por lo cual el proyecto se pagaría al primer año de ser implementado.

El antecedente contribuye a afirmar que la implementación de herramientas de Lean Manufacturing en líneas de producción en una empresa es factible y a la vez rentable.

### **2.1.2 Nacionales**

La tesis titulada “PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MEJORA CONTINUA, EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS DE PLÁSTICO DOMÉSTICOS APLICANDO LA METODOLOGÍA PHVA” de Rojas (2015), publicada por la Universidad de San Martín de Porras, Lima, Perú, la cual tiene como finalidad implementar un sistema de mejora continua en el proceso de producción de productos de plástico aplicando la metodología de PHVA. Concluyendo que de la evaluación en la empresa LEÓN PLAST, se determinó que el problema actual es una baja productividad en el proceso de producción. Con el diagnóstico de la empresa LEÓN PLAST, se precisó que la baja productividad se debe a la tecnología y a la baja

capacidad de producción. Además puede observar maquinaria deficiente y mal manejo de estas por falta de capacitación. Con la definición de los lineamientos necesarios se eligió la metodología PHVA para el desarrollo e implementación del sistema de mejora continua, debido a su clara estructura de pasos a seguir, en la cual puedan intervenir todos los niveles de la empresa. Con la implementación de la metodología PHVA, se hizo uso de herramientas de calidad como las 5S para eliminar elementos innecesarios de las áreas de trabajo y crear orden, la implementación de la distribución de planta, a través de los factores de la producción (hombre, máquina, materia) analizados, se logró la adquisición de nuevas maquinarias; ordenamiento de todas las áreas, se redujo los traslados en las áreas hasta en un 31%, y una reducción de 14,70 minutos en el proceso de producción. De la evaluación técnica del proyecto, se obtuvo mejoras en los indicadores de productividad, obteniendo un 16,32% para los ganchos de Ropa tipo Chupón, 35,83% para los ganchos de ropa tipo bisagra y 90% para los coladores de cuatro piezas. De la evaluación económica se obtuvo del flujo de caja, como valor actual neto: S/. 1 087 232 y una tasa interna de rendimiento: 93%.

El antecedente contribuye a afirmar que la implementación de herramientas de Lean Manufacturing en procesos de producción genera rentabilidad para la empresa.

La tesis titulada "OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS EN LA FABRICACIÓN DE TERMAS ELÉCTRICAS UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING" de Rojas (2015), publicada por la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, la cual tiene como finalidad realizar el caso de estudio de la empresa la cual presenta los principales problemas que padece el sector metal mecánico (dedicado a la fabricación de termas eléctricas y comercialización de calentadores instantáneos), así como las propuestas de mejora utilizando las herramientas del Lean Manufacturing. Concluye en la importancia de la filosofía Lean, su aplicabilidad y el grado de impacto que puede tener en el desarrollo de una empresa con la visión a seguir creciendo y ser cada vez más competitiva. Luego de realizar la evaluación económica, se concluye que la inversión necesaria para la implementación de las propuestas de mejora son justificables, ya que presentan un VAN positivo y una TIR por encima del 20% (rentabilidad mínima esperada por la empresa). Los principales desperdicios detectados en la etapa del diagnóstico serán reducidos luego de la implementación del balance de línea, el sistema Kanban y el sistema SMED propuesto. Así mismo, es necesario la culminación de las 5 S's para la implementación de estas propuestas de mejora.

El antecedente contribuye a afirmar que la implementación de herramientas de Lean Manufacturing en procesos de producción genera rentabilidad para la empresa.

La tesis titulada “PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CARPETAS VINÍLICAS EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE PLÁSTICOS APLICANDO LA METODOLOGÍA LEAN MANAGEMENT” de Salazar (2011), publicada por la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú, la cual tiene como finalidad identificar el método o los métodos para mejorar el proceso de producción, lo que tendrá como efecto aumento de la eficiencia, aumento de la productividad y la reducción de los costos incurridos por mermas, reprocesos y defectos. Concluye que la identificación de los desperdicios es lo que permite el planteamiento de mejoras, ya que al buscar eliminarlos del proceso se debe de analizar cómo hacer para que las actividades generen valor. Es entonces que se logra la reducción de tiempos del 17% en las actividades del proceso y del 74% en los tiempos de reproceso. Se evidenció la necesidad de desarrollar un formato de control de producción, con la finalidad de que ésta sea administrada por el Supervisor y controle más de cerca las fallas o errores del proceso que disminuyen la cantidad de productos buenos a distribuir. Mediante el análisis de costo-beneficio se demuestra que la implementación de la metodología a través de cada una de las propuestas planteadas es totalmente rentable. Ello conlleva a obtener un VAN de S/. 1,527 con una TIR de 34%.

El antecedente contribuye a afirmar que la implementación de herramientas de Lean Manufacturing en procesos de producción genera reducción de desperdicios y rentabilidad para la empresa.

## 2.2 Base Teórica

### 2.2.1 Manufactura Esbelta

Manufactura Esbelta (Lean manufacturing) es una metodología que se enfoca en la eliminación de cualquier tipo de pérdidas, temporal, material, eficiencia, o procesos.

- La manufactura flexible o manufactura esbelta ha sido definida como una filosofía de excelencia de manufactura de acuerdo con Villaseñor (2009).
- La eliminación planeada de todo tipo de desperdicio
- El respeto por el trabajador: Kaizen
- La mejora consistente de productividad y calidad

## **2.2.2 Principios de Manufactura Esbelta**

Según Womack (1996), el pensamiento lean es un proceso que da sentido a todos los métodos y técnicas especificadas, para guiar a la dirección más allá de la producción en masa.

A continuación, se explicara los 5 principios lean que toda organización debe tener en cuenta para poder mejorar su flujo de valor.

### **1. Definir el valor desde el punto de vista del cliente**

De acuerdo con Womack (1996) se entiende como valor a un producto (bien o servicio) que satisface las necesidades del cliente a un precio determinado y a un tiempo determinado, es por ello que se debe definir e identificar el valor desde la perspectiva del cliente con el fin de eliminar desperdicios y considerar aquellas actividades de valor añadido en la cual el cliente esté dispuesto a pagar por ellas.

### **2. Identificación de la cadena de valor**

Se debe hacer visible a través de un mapa de flujo de valor de información y de materiales, y por medio de indicadores con el fin de eliminar desperdicios encontrados y pasos que no agregan valor, aunque algunos de ellos son inevitables.

### **3. Flujo de pasos que generan valor**

Se debe hacer que todo el proceso fluya suave y directamente de un paso que agregue valor a otro, desde la materia prima hasta el consumidor y que los problemas se puedan visualizar.

### **4. Producir el jale del cliente**

Una vez, hecho el flujo adoptar un sistema pull (Justo a Tiempo) con el objetivo de mantener pequeñas cantidades de inventario y evitar sobreproducción.

### **5. Mejoramiento Continuo**

Una vez que una empresa consigue los primeros cuatro pasos, se vuelve claro para aquellos que están involucrados, que añadir eficiencia siempre es posible mediante una filosofía de mejoramiento continuo. De acuerdo con Imai (2001) hay que tener presente que el contexto bajo el que se mueve la empresa es dinámico y por ende cambiante; de igual manera, como parte de ese contexto se encuentran los clientes quienes constantemente redefinen y cambian sus necesidades. Es por

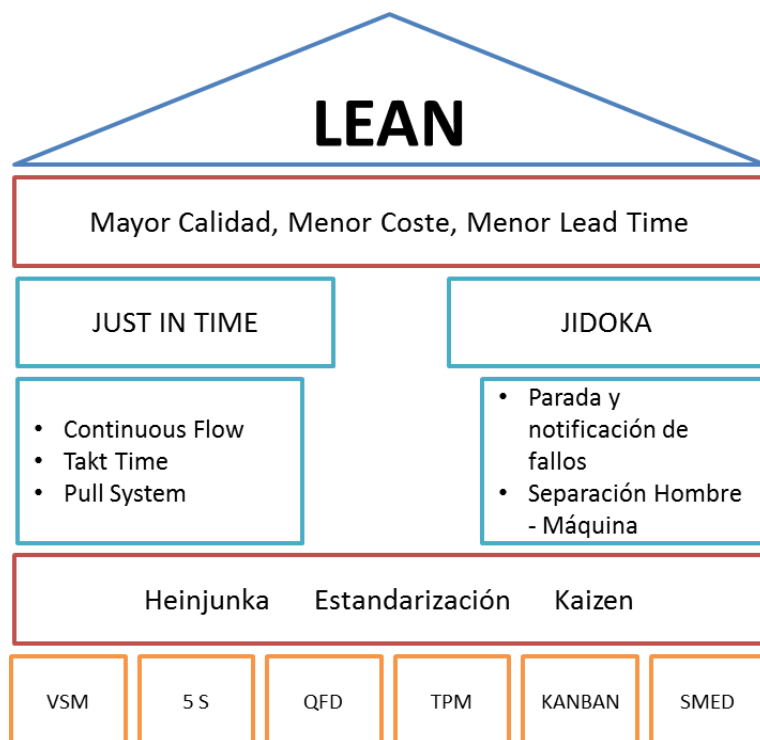


ello que debido a la alta competitividad que enfrentan las empresas, estas deben estar preparadas para responder con la misma velocidad con la cual el cliente cambia sus necesidades para mantenerse competitivo.

### 2.2.3 Modelo de Gestión Lean: características, elementos y herramientas para su implantación

El esquema del Sistema de Producción Toyota, muestra en que se basa Lean. En la figura N°3 se muestra la base de la pirámide compuesta por el VSM, 5S, QFD, entre otros; las dos columnas las cuales son el Just-in-Time y el Jidoka y por último el foco principal donde se orienta el modelo de gestión lean compuesto por la mayor calidad, menor costo y menor lead time.

**Figura N°2. Modelo de Gestión Lean**



Fuente: Hernández, 2013.

### 2.2.3.1 Estabilidad y Estandarización

#### A) Estandarización

Es una de las herramientas Lean más potentes pero menos utilizada. Observar la situación inicial es el punto base de cualquier iniciativa de mejora. Aprender a observar, establecer unos puntos sobre los que focalizar la vista, fijar un métrico sobre los que focalizar la mejora estandarizando la forma en que lo vemos; nos sirve como base para detectar el desperdicio y los caminos más eficientes de mejora.

Se basa en cuatro elementos básicos:

1. Detección de los desperdicios a partir de la observación de los procesos, para su posterior eliminación.
2. Identificación de los elementos de trabajo, obtenidos de los procesos de observación.
3. Análisis del Takt Time, ritmo al que se deben hacer los distintos productos en un proceso para satisfacer la demanda del cliente.
4. Las herramientas de trabajo estandarizado para cada proceso, operario y situación de Takt Time.

#### B) Takt Time

Es el tiempo requerido para hacer una pieza de acuerdo a la demanda del cliente quien marca el ritmo, decide la manera y forma en la que se le entregaran los productos o servicios que desea; además es quien decide que agrega y que no agrega valor dentro de los procesos, que es lo que genera desperdicio y por lo cual no está dispuesto a pagar Hay (2003). El takt time se calcula dividiendo el tiempo de producción disponible (o el tiempo disponible de trabajo por turno) entre la cantidad total requerida (o la demanda del cliente por turno).

$$Takt\ Time = \frac{Tiempo\ de\ producción\ disponible}{Cantidad\ Total\ Requerida}$$

#### C) Pitch (lote controlado)

Es una cantidad de piezas por unidad de tiempo, basada en el takt time requerido para que las operaciones realicen unidades que formen paquetes con cantidades predeterminadas de trabajo en procesos (WIP, por sus siglas en inglés).

En consecuencia, pitch es el takt time de producto y la cantidad de unidades en el paquete. Villaseñor (2009).

$$\text{Pitch} = \text{takt Time} \times \text{cantidad de unidades en el paquete}$$

## D) Metodología de las 5'S

Este concepto se refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, más organizadas y más seguras. Las 5'S provienen de términos japoneses, estos son: Seiri, Seiton, Seiso, Shitsuke y Seiketsu según Dorbessan (2002).

### 1. Seiri – Necesarios

Consiste en identificar, clasificar y separar los materiales necesarios de los innecesarios y desprenderse de éstos. Sólo se dispone de los materiales necesarios. Material innecesario es todo aquello que no se utiliza y no se prevé utilizar en el futuro.

El material innecesario:

- Dificultan el flujo de procesos.
- Complican las operaciones de los trabajadores; múltiples manipulaciones.
- Complican la búsqueda de elementos necesarios.
- Impiden la mejora de distribución en planta, expansión de la actividad e implantación de otras nuevas.
- Causan accidentes
- Son desperdicio:
  - Empleo de recursos de almacenamiento adicionales
  - Costes de financiación
  - Deterioro progresivo y pérdida de valor

Propósito

- Disponer en la actividad diaria sólo del material necesario
- Tener identificado y separado el material innecesario del necesario
- Evitar retroceso de la mejora conseguida, identificando sólo el material necesario que debe haber en el puesto.

## 2. Seiton – Orden

Se establece el modo en que deben ubicarse e identificarse los materiales necesarios, de manera que sea fácil y rápido encontrarlos, utilizarlos y reponerlos por “cualquiera”

Es necesario porque:

- Existen pérdidas de tiempo en buscar y localizar piezas, herramientas, materiales, etc.
- Gasto de dinero en:
  - Comprar materiales que no se localizan.
  - Reemplazar material deteriorado por mal almacenamiento.
- Imagen negativa de lugar desordenado.

Fin perseguido:

- Todos conocen donde encontrar materiales necesarios para su trabajo.
- Acceso, uso y devolución de estos materiales sea fácil, cómodo y rápido.
- Reducir o eliminar tiempos de búsqueda, uso y devolución de materiales.
- Reducir errores humanos.
- Evitar interrupciones de proceso.
- Reducir tiempos de cambio.
- Reducir stocks.

## 3. Seiso – Limpieza

Básicamente es cuidar del material necesario y devolverlo a sus condiciones de funcionamiento

Consiste en:

- Identificar y eliminar las fuentes de suciedad, lugares difíciles de limpiar, piezas deterioradas y dañadas y los apaños de forma que todos los medios se encuentren en perfecto estado de uso
- Hacer visibles las anomalías y corregirlas
- Mantener en buen estado requiere establecer o normalizar los procedimientos de limpieza

Es necesario cuando:

- Dificultad en la detección de los síntomas de averías

- Zonas difíciles y/o peligrosas de limpiar
- Realización de “zafarranchos de limpieza” ensuciándose de nuevo rápidamente
- Aceptación de la situación conviviendo con la suciedad
- Escasa atención a los detalles

Deriva en:

- Imagen general de abandono
- Defectos permanecen ocultos
- Penosidad en trabajos simples
- Mayor número de accidentes

Propósito:

- Quien llega a trabajar a un puesto, se lo encuentra limpio y todo en perfecto estado de uso.
- El conocimiento de los operarios de sus máquinas mejora día a día
- Se devuelve el equipo a sus condiciones básicas de funcionamiento
- Las anomalías se hacen visibles antes de que provoquen averías o defectos
- Aumentar el sentimiento de orgullo, satisfacción y seguridad en el trabajo.

#### **4. Seiketsu – Control Visual**

Es difícil mantener los pasos anteriores

- Consiste en:
- Facilitar el control por excepción.
- Requiere establecer el cómo actuar para corregir las anomalías.

Es necesario cuando se desconoce:

- Si aparecen nuevos materiales innecesarios.
- Si están todos los elementos necesarios o falta alguno.
- Si los elementos necesarios están en su sitio correcto.
- Si existe más o menos cantidad de lo necesario.
- Si se cumplen procedimientos de limpieza.
- Si están “todos” los medios de limpieza y en su sitio.
- Si los indicadores están por encima o por debajo de los valores adecuados.
- El estado de funcionamiento de las máquinas e instalaciones.

## 5. Shitsuke-Disciplina y Hábito

Consiste en:

- Trabajar permanentemente de acuerdo con las normas establecidas
- Hacer de la organización, orden y limpieza una práctica diaria en la empresa, asumida por todos.
- La realización de evaluaciones periódicas. Ayuda a identificar desviaciones y nuevas oportunidades de mejora.
- Asumir el compromiso de todos para mantener y mejorar el nivel de organización, orden y limpieza.

Necesario cuando:

- Empiezan a aparecer innecesarios, escondiéndose por las esquinas y amontonándose.

Propósito:

- Mantiene viva la concienciación de todos los que trabajan en el área hacia la organización, orden y limpieza.
- Formación continua del trabajador.
- A través de la ejecución disciplinada de las normas y procedimientos se crea el hábito.

Para lograrlo:

- Se pretende que todos los que trabajan en el área conozcan el nivel existente de organización, orden y limpieza. Las causas de desviación respecto al objetivo marcado y que actúe en consecuencia.

### E) Mantenimiento Productivo Total – TPM

Este método se usa para maximizar la disponibilidad del equipo y maquinaria productiva de manufactura, evitando las fallas inesperadas y los defectos generados; el mantenimiento se logra al conservar la maquinaria actualizada y en condiciones óptimas de operación a través de la participación de diversos departamentos en un esquema parecido a la Calidad Total, pero enfocado a los equipos de manufactura, este método se denomina Mantenimiento Productivo Total (TPM). Tavares (2000).

Según Villaseñor (2009), el TPM consiste de seis actividades, las cuales se describen a continuación:

1. Eliminación de las seis grandes pérdidas, basándose en los proyectos por equipos organizados en producción, mantenimiento y los departamentos de ingeniería de las plantas. Las pérdidas que hay que eliminar son:
  - Fallas en los equipos, causadas por defectos que requieren algún tipo de reparación.
  - Para menores, que son provocados por eventos tales como interrupciones, que la máquina se trabe, etc.
  - Pérdida de velocidad, causado por la reducción de la velocidad de la operación.
  - Set-up y ajustes, que son causados por cambios en las condiciones de las operaciones, tales como en los inicios de las corridas de la producción o en cada cambio de turno, de producto o de las condiciones de las operaciones.
  - Reducción de la eficiencia, lo cual es causado por la materia prima que no se usa o se desperdicia como scrap, rechazos, etc.
  - Defectos y re-trabajos de los procesos, que son provocados por productos fuera de especificaciones o defectuosos, manufacturados durante una operación manual.
2. Planeación del mantenimiento, hecha por el departamento de mantenimiento. Para este punto se requiere de una serie de actividades que se implementan dentro del piso de producción. Estas se pueden dividir en cuatro fases.
  - Reducir la variabilidad de las partes.
  - Extender la vida de las partes.
  - Restaurar las partes deterioradas periódicamente.
  - Predecir la vida de las partes.
3. Mantenimiento autónomo, trabajo hecho por el departamento de producción. Aquí los operadores son entrenados en el programa de los 7 pasos (educación y práctica paso a paso) para lograr estos objetivos y establecer las condiciones básicas del equipo.
4. Ingeniería preventiva, llevada a cabo principalmente por el departamento de ingeniería de la planta. Aquí se busca eliminar las causas de los problemas que se presentan en el periodo de lanzamiento de una nueva línea de producción. Desde antes se

tiene que cuidar la administración del equipo, y aquí es cuando ingeniería se involucra, ya que se pretende eliminar los problemas provocados por los atributos de los equipos; para ello se analizan diferentes factores tales como rentabilidad, mantenimiento, economía, operación, etc.

5. Diseño de productos, fáciles de hacer, actividad hecha por el departamento de diseño. Al momento de diseñar un producto, a las otras áreas se les olvida lo complicado que es fabricarlo, lo cual provoca grandes problemas. A pesar de los trabajos que se están haciendo para evitar esto, el diseño sigue siendo un punto importante dentro del TPM.
6. Educación y práctica, para dar soporte a las primeras 5 actividades. Sin lugar a dudas, esto es un punto importante ya que sin un buen entrenamiento, los operadores y sus respectivas áreas no podrían brindar el soporte adecuado al TPM. Por ello es vital tener un buen programa de entrenamiento para todas las áreas involucradas dentro del programa.

#### **F) Heijunka**

Según Villaseñor (2009) Heijunka es un sofisticado método para planear y nivelar la demanda del cliente a través del volumen y variedad a lo largo del turno o del día. Si hay una pequeña variedad o no en el producto, tal vez no necesite este nivel de sofisticación. Si se manejan lotes pequeños o flujo continuo de una pieza, la demanda de partes está sujeta a repentinas fluctuaciones (picos y valles) de producción. Las órdenes de producción grandes tal vez ocasionen inmediatamente inventarios, haciendo más difícil la administración.

#### **2.2.3.2 Justo A Tiempo (Just In Time)**

Es un conjunto integrado de actividades diseñadas para alcanzar grandes volúmenes de producción usando inventarios mínimos de materia prima, trabajo en proceso y productos terminados. Por lo tanto, justo a tiempo es una filosofía industrial que consiste en la reducción de desperdicio (actividades que no agregan valor) es decir todo lo que implique subutilización desde compras hasta producción. Chase (2014).



### **A) Pull system**

Es un sistema de señalización que permite entregar el pedido correcto en el momento preciso, esto permite nivelar la producción, una excelente forma de balancear la línea de producción. Se ha desarrollado diversas formas para aplicar este sistema, las conocidas tarjetas o Kanban, pero también señales luminosas. Hay (2003).

### **B) Kanban**

Su significado japonés es “etiqueta de instrucción”. Su principal función es ser una orden de trabajo, es decir, un dispositivo de dirección automático que nos da información acerca de qué se va a producir, en que cantidad, mediante qué medios y cómo transportarlo. Kanban cuenta con dos funciones principales: control de la producción y mejora de procesos. En este sistema de producción, el proceso se conduce de tal forma que cada operación vaya jalando el producto necesario de la operación anterior, solamente a medida que lo necesite. Según Villaseñor (2009) el Kanban tiene cuatro propósitos:

1. Prevenir la sobreproducción (y la sobre transportación) de materiales entre todos los procesos de producción.
2. Proporcionar instrucciones específicas entre los procesos, basadas en los principios de surtido. Kanban logra esto mediante el control del tiempo del movimiento de materiales y la cantidad de material que se transporta.
3. Servir como una herramienta de control visual para los supervisores de producción y para determinar cuándo la producción va por debajo o por arriba de lo programado. Con una mirada rápida al dispositivo que tiene el kanban en el sistema, se puede ver si el material y la información están fluyendo acorde a lo planeado o existen anomalías.
4. Establecer una herramienta para el mejoramiento continuo. Cada kanban representa un contenedor de inventario en el mapa de procesos. Conforme pase el tiempo, la reducción planeada de los kanbans en el sistema será directamente igual a la reducción de inventarios y proporcional a la disminución del tiempo de entrega para los consumidores. Existen dos tipos de kanban: kanban de producción (también conocido como kanban para hacer) y

kanban de retiro (también conocido como kanban para mover). A continuación se da una breve descripción de los tipos de kanban.

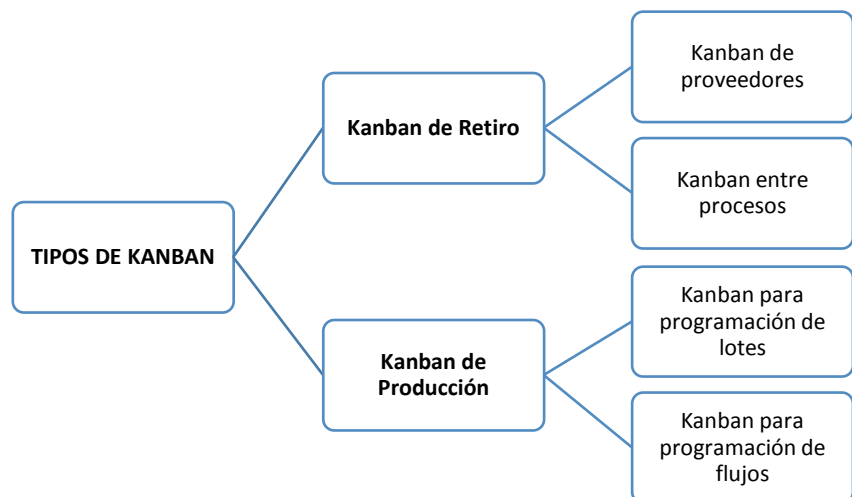
**Kanban en proceso:** es usado para tener una instrucción de transporte de una pequeña cantidad (idealmente sería producción de una en una o, al menos, lo correspondiente a un pitch) para los siguientes procesos.

**Señal kanban:** es usada para tener instrucciones de transporte de materiales para los siguientes procesos, que manejan lotes tales como prensas estampado y máquinas moldeadoras.

**Kanban de retiro o entre procesos para propósitos internos:** es usado como señal cuando se necesitar retirar (mover) partes de un área de almacenamiento y transportarlas a los siguientes procesos dentro de la planta.

**Kanban de proveedor:** es usado como señal para indicar que se necesita retirar partes desde un proveedor externo y transportarlas a un supermercado de partes para los consumidores de los siguientes procesos. En la figura 3 se muestra los tipos de Kanban.

**Figura N°3. Gráfica de los tipos de Kanban**



Fuente: Villaseñor (2009).

### **C) SMED Métodos de cambios rápidos (Single Minute Exchange of Dies).**

Este método, consiste en el “Cambio de troqueles en minutos de un solo dígito”, son teorías y técnicas para realizar el cambio del “Set-up” o preparación, o sea, el cambio de moldes o herramientas para cortar en una prensa, en un tiempo menor de diez minutos. Y esto aplica desde la última pieza buena que se fabrica, hasta la primera pieza buena del cambio en diez minutos. Las maquinas tienen que ser rápidamente preparadas para producir los modelos en la línea ya que las normas son desplazar pequeños tamaños de lote. Tavares (2000).

A continuación se listan pasos básicos para el procedimiento de preparación según Villaseñor (2009).

- Preparación, ajustes post-proceso y verificación de materiales, herramientas, troqueles, plantillas, calibres, etc. Este primer paso sirve para asegurarnos de que todos los componentes y herramientas están donde deben y funcionan correctamente. También se incluye en este paso el periodo en el cual todos ellos se retiran y guardan, se limpia la maquinaria, etc.
- Montar y desmontar herramientas. Se incluye aquí el retiro de piezas y herramientas después de concluido un lote y la colocación de las partes necesarias para el siguiente.
- Medidas, montajes y calibraciones. Este paso comprende todas las medidas y calibraciones necesarias para realizar una operación de producción, como centrado, dimensionado, medición de presión y temperatura, etc.
- Pruebas y ajustes. En estas etapas, los ajustes se efectúan tras realizar una pieza de prueba. Los ajustes serán tanto más fáciles cuanto mayor sea la precisión de las medidas y calibraciones del equipo de trabajo.
- La frecuencia y duración de las pruebas y ajustes dependen de la habilidad del ingeniero de preparación. La mayor dificultad de una operación de preparación estriba en el correcto ajuste del equipo, y la gran proporción del tiempo empleado en las pruebas deriva de los problemas de ajustes. Si se quiere facilitar y reducir las pruebas y ajustes, el procedimiento más efectivo es incrementar

la precisión de las mediciones y calibraciones realizadas en la etapa precedente. En la Tabla 4 se muestra los pasos en un proceso de preparación de máquina.

**Tabla N° 3. Pasos en un proceso de preparación de máquina**

Operación	Proporción
Preparación, ajustes post-proceso y verificación de materiales, herramientas, troqueles, plantillas, calibres, etc.	30%
Montar y desmontar herramientas, etc.	5%
Centrar, dimensionar y fijar otras condiciones.	15%
Producción de piezas de ensayo y ajustes	50%

Fuente: Shingo (1997)

#### **D) Value Stream Mapping o Mapeo de la Cadena de Valor – VSM.**

Es una herramienta que ayuda a la gente a ver y entender el flujo de material e información de cómo se hace un producto a través del Value Stream.

Value Stream Son todas las actividades en un negocio que son necesarias para diseñar, producir un producto y entregarlo al cliente final. Bravo (2011).

Según Villaseñor (2009) el mapa de valor, nos recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Establecer compromisos hacia la implementación de Lean.
  2. Escoger la familia o producto a analizar.
  3. Capacitar acerca de Lean.
  4. Dibujar (hacer el mapa) el mapa actual.
  5. Determinar los medibles.
  6. Dibujar el mapa futuro.
  7. Crear los planes de mejora o planes kaizen.
  8. Implementar los planes kaizen.
- Value Streaming Mapping (VSM)/ Mapa del valor presente.

Es un diagrama que muestra en cada paso el flujo de información y materiales necesarios desde que el cliente solicita su producto hasta que se le entrega. Tiene como beneficio la relación entre

tiempos de valor agregado y tiempos de espera o no valor agregado.

- Value Streaming Future (VSF)/ Mapa del valor futuro.

El mapa de valor futuro muestra cómo debería quedar el proceso de flujo de información y materiales, así como las áreas de oportunidad mostradas como actividades de kaizen. También muestra cómo puede realizarse el cambio de mapa presente a futuro por medio de loops para definir áreas de trabajo.

### 2.2.3.3 Jidoka

La palabra *jidoka* se refiere a la “automatización con un toque humano”, en contraposición a una máquina automática que sólo se mueve bajo la vigilancia y supervisión de un operador. *Jidoka* permite que el proceso tenga su propio autocontrol de calidad. *Jidoka* no funciona sólo con el simple hecho de detectar una anomalía y parar la línea, es algo más, es corregir la condición anormal e investigar la causa raíz para eliminarla para siempre. Hay (2003).

#### A) PokaYoke

Esta herramienta es otro aspecto desarrollado por Shigeo Shingo después de la segunda guerra mundial, fue diseñado para enfocarse en la búsqueda de la calidad de la fuente y en la recolección de los defectos tanto como sea posible desde su frente. Shingo (1997).

A continuación se listan los cinco mejores Poka Yoke:

1. Pines de guía de distintos tamaños.
2. Alarmas y detección de errores.
3. Switch de límites.
4. Contadores.
5. Lista de chequeo.

El poka yoke emplea tres funciones básicas contra los defectos: parada, control y aviso. El reconocimiento de que un defecto está a punto de ocurrir se denomina “predicción”, y reconocer que un defecto ha ocurrido ya se denomina “detección”.

#### B) Andon

Es el término japonés que significa “ayuda”. Es un tablero de luces o señales luminosas que indican las condiciones de trabajo de un área entera de producción, el color indica el tipo de problema o la condición de trabajo. Hay (2003).

#### **2.2.3.4 Desperdicios de manufactura (muda)**

Según Pérez Rave, et al. (2011) representan todo aquello que no es la cantidad mínima de equipos, materiales, insumos, piezas, locaciones y tiempos de máquinas o de trabajadores, que resultan absolutamente esenciales para añadir valor al producto o servicio. A continuación se describen los siete +1 tipos en que se clasifican los desperdicios de manufactura:

##### **A) Sobreproducción**

Es la madre de los desperdicios y depende en su mayoría de los responsables de la toma de decisiones estratégicas y tácticas. La sobreproducción se refiere a programar la utilización de recursos en un momento y en cantidades que realmente no se requieren para satisfacer al consumidor.

##### **B) Inventarios**

Su sostenimiento prolongado y excesivo es perjudicial. Se divide en: materia prima, producto en proceso y terminado, genera costos de almacenaje y manipulación, propicia obsolescencia, defectos y sensación de poca capacidad.

##### **C) Transporte**

Se caracteriza por el desplazamiento de elementos, bienes materiales, producto en proceso/terminado, personas o herramientas. Durante ese lapso de tiempo la organización no está modificando características, de forma o fondo, del producto, por las cuales el cliente esté dispuesto a pagar.

##### **D) Movimientos innecesarios**

A veces son poco efectivos los diseños de puestos, que obligan al colaborador a efectuar movimientos que fuerzan los desplazamientos normales de las extremidades, obligándolos a agacharse para recoger un insumo o herramienta, inclinarse, estirarse forzosamente, entre

otras, colocando en riesgo la salud y generando un entorno poco productivo.

### **E) Tiempos de espera**

Representa el evento de que los recursos cuya misión, en un momento dado, es no detenerse, se encuentran en dicho estado. Por ejemplo, cuando en un centro de trabajo sale una unidad de producto y debe esperar un tiempo para que sea procesada. Esto genera costos innecesarios y puede posibilitar pereza en la persona ociosa y bajo rendimiento cuando se vuelva a ocupar. Las esperas se deben a carencia de nivelación de cargas de trabajo, fallas en la programación o en equipos, ausencia de 5S, entre otros.

### **F) Procesos innecesarios**

Comprende actividades que existen por el diseño de procesos poco robustos e ineficientes, o por presencia de defectos. Por ejemplo, suponga el evento de reprocesar una pieza, ante control ineficiente a la calidad del proveedor.

### **G) Defectos**

Se requiere a aceptar, producir o enviar productos que no cumplen con las especificaciones del cliente que no cumplen con las especificaciones del cliente, bien sea interno o externo. Genera, a su vez, procesos innecesarios. Se le atribuyen directamente los costos de no calidad, hace perder tiempo valioso y puede afectar no solo la parte productiva o la económica, sino la misma satisfacción del cliente interno y externo.

### **H) Recursos humanos mal utilizados**

Este tipo de muda no toma en cuenta las ideas (intelecto) de los trabajadores que pueden generar una subutilización o sobreutilización de sus habilidades y conocimientos del personal al realizar sus funciones. Cuatrecasas (2012).

## **2.3 Definición de Términos**

### **5S**

- Seiri – Clasificación (remover lo que no se requiere y quedar con lo necesario)

- Seiton- Organización (Colocar las cosas en una manera que puedan ser localizados cuando sea necesario)
- Seiso – Limpieza (mantener limpio todo- no basura o suciedad en el lugar de trabajo)
- Seiketsu – Estandarización (Unificar y estandarizar a través de normas)
- Shitsuke - Disciplina (Auto-disciplina y compromiso)

### **8 tipos de desperdicios**

1. Transporte: Mover gente, productos e información.
2. Inventario: Inventario de partes, piezas y documentos.
3. Movimiento: Caminar, alcanzar, subir, doblarse, voltearse.
4. Espera: Espera de partes, información, instrucciones o máquina.
5. Sobre producción: Fabricar más de lo que inmediatamente es requerido.
6. Procesamiento inadecuado: Tolerancias inadecuadas, herramientas complejas, procesos como inspección, preparación, conteo, desempaque, etc.
7. Defectos: Re-trabajos, piezas defectuosas, documentos incorrectos.
8. Talento no aprovechado: Capacidad y habilidad no utilizada, delegar tareas con entrenamiento inadecuado.

### **Jidoka**

Es la transferencia de la inteligencia humana a máquinas automáticas para detectar la producción de partes defectuosas y parar de inmediato mientras se pide ayuda. Este concepto, también conocido como Automatización, fue desarrollado por Sakichi Toyoda en el siglo XX.

### **Justo A Tiempo (JIT)**

Es uno de los dos pilares del TPS. Un sistema para producir y entregar los artículos correctos al momento correcto y en cantidades correctas. Este sistema asegura un flujo de una sola pieza al combinar conceptos como Takt, Flujo, jalar y trabajo estandarizado.

### **Kaizen**

Es una filosofía de mejora continua en pasos incrementales. Cada proceso debe de ser evaluado y mejorado continuamente en términos de tiempo, recursos, calidad y otros aspectos relevantes.

### **Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

TPM tiene como objetivo la maximización de la efectividad del equipo a través de formación de pequeños equipos y actividades autónomas al involucrar a todos en todos los departamentos y de todos los niveles.

### **Manufactura esbelta**



Una filosofía basada en el Sistema Producción Toyota (TPS) que tiene como objetivo minimizar el desperdicio y maximizar el flujo.

### **Poka Yoke**

Una técnica japonesa que utiliza un mecanismo o procedimiento para prevenir los errores y equivocaciones humanas que causaría los defectos. Un mecanismo de Poka Yoke típicamente ejecuta una (o varias) de las siguientes funciones: Parar, controlar y/o avisar

### **S.M.E.D.**

Una técnica desarrollada por Shigeo Shingo para cambiar dados en una máquina estampado, prensa, etc. En menos de diez minutos. En general es la habilidad para hacer cualquier preparación de máquinas o procesos al dividirla en la preparación interna y externa.

### **Tiempo Takt**

Tiempo Takt establece el ritmo (paso) de la producción de acuerdo al ritmo de la demanda del cliente y se convierte en el “latido de corazón” del sistema esbelto. El Takt es utilizado para determinar la velocidad que un proceso necesita operar para alcanzar la demanda del cliente. Se calcula dividiendo el tiempo de producción por la cantidad requerida por el cliente durante el mismo tiempo.

# **CAPÍTULO 3**

# **DIAGNÓSTICO DE LA**

# **REALIDAD ACTUAL**

### **3.1 Descripción general de la empresa**

#### **3.1.1 Historia**

Una empresa peruana de fabricación de tubos de PVC con más de 18 años en el mercado nacional, dedicada a la fabricación y comercialización de tuberías y accesorios de PVC-U, CPVC y PEAD/HDPE para su uso en los sectores productivos y domésticos en la conducción de agua, efluentes y energía.

#### **3.1.2 Organigrama**

Ver Anexo N°1.

#### **3.1.3 Visión**

“Ser una Industria Peruana reconocida por su alto nivel de calidad, con liderazgo en los productos y servicios que brindamos, para el mercado nacional e internacional.”

#### **3.1.4 Misión**

“Somos una industria peruana que ofrece productos de óptima calidad; con la finalidad de obtener un alto grado de satisfacción de nuestros clientes, teniendo como principios la mejora continua, responsabilidad social y respeto al medio ambiente.

#### **3.1.5 Productos**

Entre la gama de productos que ofrecen se subdividen de la siguiente forma.

##### **3.1.5.1 Conexión y accesorios**

Este se divide en:

A) Agua potable (NTP 399.019)

Se tiene:

- Codo 1/2" x 90°,
- Codo 1/2" x 45°,
- Codo 3/4" x 90°,
- Codo 1" x 90°,
- Tee 1/2" S/P,
- Tee 3/4" S/P,

- Tee 1" S/P,
- Tapón hembra 1/2" S/P,
- Tapón hembra 3/4" S/P,
- Tapón hembra 1" S/P,
- Tapón macho 1/2" C/R,
- Tapón macho 3/4" C/R,
- Tapón macho 1" C/Rvº,
- Unión simple 1/2",
- Unión simple 3/4",
- Unión simple 1",
- UPR 1/2" C/R,
- UPR 3/4" C/R y
- UPR 1" C/Rv.

B) Desagüe (NTP 399.019)

Se tiene:

- Codo 2" x 90º,
- Codo 2" x 45º,
- Codo 3" x 90º,
- Codo 3" x 45º,
- Codo 4" x 90º,
- Codo 4" x 45º,
- Codo 4" x 2",
- Tee 2" x 2",
- Tee 3" x 3",
- Tee 4" x 4",
- Tee 4" x 2",
- Tee sanitaria 2" x 2",

- Yee 2" x 2",
- Yee 3" x 3",
- Yee 4" x 4",
- Yee 4" x 2",
- Reducción 4" x 2",
- Reducción 4" x 3",
- Trampa DSG 2" C/R 3/4" y
- Trampa DSG tipo botella.

C) Luz:

- En cuanto a LUZ se tienen: cajas de pasos PVC rectangular y cajas de pasos PVC octogonal.

### 3.1.5.2 Tuberías de doble pared estructurada para sistemas de alcantarillado sanitario.

A continuación en la Tabla 4, se presenta los distintos tipos de productos según los parámetros establecidos de medidas como diámetros, altura, longitud, etc.

**Tabla N° 4. Tipos de Tuberías de doble Pared Estructurada para Sistemas de Alcantarillado Sanitario**

Diámetro Nominal (mm)	Diámetro Exterior (mm)	Espesor Min. de pared (mm) e4	Espesor Min. de pared (mm) e5	Diámetro Interior medio (mm) di	Alt. de const. media (mm) ec	Long. total mt	Long. aprox. campana (mm)	Long. aprox. útil (mm)
160	160	1.2	1.0	146.5	6.9	6	120	5.880
200	200	1.4	1.1	183.6	8.2	6	138	5.862
250	250	1.7	1.4	227.0	11.5	6	140	5.860
315	315	1.9	1.6	287.2	13.9	6	170	5.830
355	355	2.1	1.8	324.8	15.1	6	180	5.820
400	400	2.3	2.0	363.0	18.5	6	200	5.800
450	450	2.5	2.3	405.2	22.4	6	220	5.780
500	500	2.8	2.8	453.0	23.5	6	232	5.768
630	630	3.3	3.3	573.0	28.5	6	260	5.740

Fuente: Empresa EUROTUBO S.A.C.

### 3.1.5.3 Tuberías de polietileno de alta densidad (HDPE)

A) Tuberías de HDPE fabricada de acuerdo a la norma ASTM F714.

A continuación se presenta en la Tabla 5, los distintos tipos de productos según los parámetros establecidos de medidas como

diámetro, alturas longitud, etc., referentes a tuberías de HDPE fabricada de acuerdo a la norma ASTM F714.

**Tabla N° 5. Tipos de Tuberías de HDPE Fabricada de acuerdo a la Norma ASTM 414**

Fuente: Empresa EUROTUBO S.A.C

	SDR 7.3		SDR 8.3		SDR 9		SDR 9.3		SDR 11		SDR 13.5		SDR 15.5		SDR 17		SDR 21		SDR 26		SDR 32.5		SDR 41	
PE 3608	254 PSI 17.5 BAR		219 PSI 15.1 BAR		200 PSI 13.8 BAR		193 PSI 13.3 BAR		160 PSI 11.0 BAR		128 PSI 8.8 BAR		110 PSI 7.6 BAR		100 PSI 6.9 BAR		80 PSI 5.5 BAR		64 PSI 4.4 BAR		51 PSI 3.5 BAR		40 PSI 2.8 BAR	
PE 4710	317 PSI 21.9 BAR		274 PSI 18.9 BAR		250 PSI 17.2 BAR		241 PSI 16.6 BAR		200 PSI 13.8 BAR		160 PSI 11.0 BAR		138 PSI 9.5 BAR		125 PSI 8.6 BAR		100 PSI 6.9 BAR		80 PSI 5.0 BAR		63 PSI 4.3 BAR		50 PSI 3.4 BAR	
Diam. Nominal (pulg)	Esesor pared (mm)	Diam. Int. (mm)	Esesor pared (mm)	Diam. Int. (mm)	Esesor pared (mm)	Diam. Int. (mm)	Esesor pared (mm)	Diam. Int. (mm)	Esesor pared (mm)	Diam. Int. (mm)	Esesor pared (mm)	Diam. Int. (mm)	Esesor pared (mm)	Diam. Int. (mm)	Esesor pared (mm)	Diam. Int. (mm)	Esesor pared (mm)	Diam. Int. (mm)	Esesor pared (mm)	Diam. Int. (mm)	Esesor pared (mm)	Diam. Int. (mm)	Esesor pared (mm)	Diam. Int. (mm)
2"	8.26	43.78	7.27	45.76	6.70	46.90	6.48	47.34	5.48	49.34	4.47	51.36	3.89	52.52	3.55	53.20	2.87	54.56	2.32	55.66	1.86	56.58	0.00	0.00
2 1/2"	10.00	53.03	8.80	55.43	8.11	56.81	7.85	57.33	6.64	59.75	5.41	62.21	4.71	63.61	4.30	64.43	3.48	66.07	2.81	67.41	2.25	68.53	1.78	69.47
3"	12.17	64.64	10.72	67.46	9.88	69.14	9.55	69.80	8.08	72.74	6.58	75.74	5.74	77.42	5.23	78.44	4.24	80.42	3.43	82.04	2.74	83.42	2.16	84.58
4"	15.65	83.00	13.77	86.76	12.70	88.90	12.29	89.72	10.39	93.52	8.46	97.38	7.37	99.56	6.73	100.84	5.44	103.42	4.39	105.52	3.51	107.28	2.79	108.72
6"	23.06	122.18	20.27	127.76	18.69	130.92	18.09	132.12	15.29	137.72	12.47	143.36	10.85	146.60	9.91	148.48	8.00	152.30	6.48	155.34	5.18	157.94	4.12	160.06
8"	30.02	159.06	26.39	166.32	24.33	170.44	23.55	172.00	19.91	179.28	16.23	186.64	14.12	190.86	12.88	193.34	10.44	198.22	8.43	202.24	6.73	205.64	5.33	208.44
10"	37.41	198.28	32.89	207.32	30.33	212.44	29.36	214.38	24.82	223.46	20.22	232.66	17.63	237.84	16.05	241.00	13.01	247.08	10.49	252.12	8.41	256.28	6.66	259.78
12"	44.37	235.06	39.01	245.78	35.99	251.82	34.82	254.16	29.44	264.92	23.98	275.84	20.90	282.00	19.05	285.70	15.42	292.96	12.45	298.90	9.96	303.88	7.87	308.06
14"	48.72	258.16	42.85	269.90	39.78	276.04	38.23	279.14	32.33	290.94	26.30	303.00	22.94	309.72	20.93	313.74	16.94	321.72	13.67	328.26	10.95	333.70	8.66	338.28

B) Tuberías de PEAD para abastecimiento de agua NTP – ISO 4427

A continuación se presenta en la Tabla 6, los distintos tipos de productos según los parámetros establecidos de medidas como diámetro, alturas longitud, etc., referentes a tuberías de PEAD para abastecimiento de agua NTP – ISO 4427.

**Tabla N° 6. Tipos de Tuberías de PEAD para Agua NTP – ISO 4427**

	SDR 26 (PN 6)		SDR 21 (PN 8)		SDR 17 (PN 10)		SDR 13.6 (PN 12.5)		SDR 11 (PN 16)		SDR 9 (PN 20)		SDR 7.4 (PN 25)	
PE 100	6 BAR 85.2 PSI		8 BAR 113.6 PSI		10 BAR 142 PSI		12.5 BAR 177.5 PSI		16 BAR 227.2 PSI		20 BAR 294 PSI		25 BAR 368 PSI	
PE 80	5 BAR 71 PSI		6 BAR 85.5 PSI		8 BAR 113.6 PSI		10 BAR 142 PSI		12.5 BAR 177.5 PSI		16 BAR 227.2 PSI		20 BAR 294 PSI	
Diam. Ext. (mm)	Esesor pared (mm)	Diam. Int. (mm)	Esesor pared (mm)	Diam. Int. (mm)	Esesor pared (mm)	Diam. Int. (mm)	Esesor pared (mm)	Diam. Int. (mm)	Esesor pared (mm)	Diam. Int. (mm)	Esesor pared (mm)	Diam. Int. (mm)	Esesor pared (mm)	Diam. Int. (mm)
16											2.0	12.0	2.3	11.4
20 (1/2")									2.0	16.0	2.3	15.4	3.0	14.0
25 (3/4")							2.0	21.0	2.3	20.4	3.0	19.0	3.5	18.0
32 (1")					2.0	28.0	2.4	27.2	3.0	26.0	3.6	24.8	4.4	23.2
40 (1 1/4")			2.0	36.0	2.4	35.2	3.0	34.0	3.7	32.6	4.5	31.0	5.5	29.0
50 (1 1/2")	2.0	46.0	2.4	45.2	3.0	44.0	3.7	42.6	4.6	40.8	5.6	38.8	6.9	36.2
63 (2")	2.5	58.0	3.0	57.0	3.8	55.4	4.7	53.6	5.8	51.4	7.1	48.8	8.6	45.8
75 (2 1/2")	2.9	69.2	3.6	67.8	4.5	66.0	5.6	63.8	6.8	61.4	8.4	58.2	10.3	54.4
90 (3")	3.5	83.0	4.3	81.4	5.4	79.2	6.7	76.6	8.2	73.6	10.1	69.8	12.3	79.8
110 (4")	4.2	101.6	5.3	99.4	6.6	96.8	8.1	93.8	10.0	90.0	12.3	85.4	15.1	116.2
160 (6")	6.2	147.6	7.7	144.6	9.5	141.0	11.8	136.4	14.6	130.8	17.9	124.2	21.9	142.5
200 (8")	7.7	184.6	9.6	180.8	11.9	176.2	14.7	170.6	18.2	163.6	22.4	155.2	27.4	181.8
250 (10")	9.6	230.8	11.9	226.2	14.8	220.4	18.4	213.2	22.7	204.6	27.9	194.2	34.2	181.6
315 (12")	12.1	290.8	15.0	285.0	18.7	277.6	23.2	268.6	28.6	257.8	35.2	244.6	43.1	228.8
355 (14")	13.6	327.8	16.9	321.2	21.1	312.8	26.1	302.8	32.2	290.6	39.7	275.6	48.5	258.0

Fuente: Empresa EUROTUBO S.A.C.

C) Tuberías de PEAD para drenaje y alcantarillado NTP – ISO 8772

A continuación se presenta en la Tabla 7, los distintos tipos de productos según los parámetros establecidos de medidas como diámetro, alturas longitud, etc., referentes a tuberías de PEAD para drenaje y alcantarillado NTP – ISO 8772.

**Tabla N° 7. Tipos de Tuberías de PEAD para Drenaje y Alcantarillado NTP – ISO 8772**

Diam. Ext. (mm)	SDR 33	SDR 26	SDR 21
	S16	S12.5	S10
	SN2 (S 25)	SN4 (S 20)	SN2 (S 16.7)
	Espesor pared (mm)	Espesor pared (mm)	Espesor pared (mm)
110.0	-	4.2	5.3
160.0	4.9	6.2	7.7
200.0	6.2	7.7	9.6
250.0	7.7	9.6	11.9
315.0	9.7	12.1	15.0
355.0	10.9	13.6	16.9

Fuente: Empresa EUROTUBO S.A.C.

### 3.2 Descripción particular del área de la empresa objeto de análisis

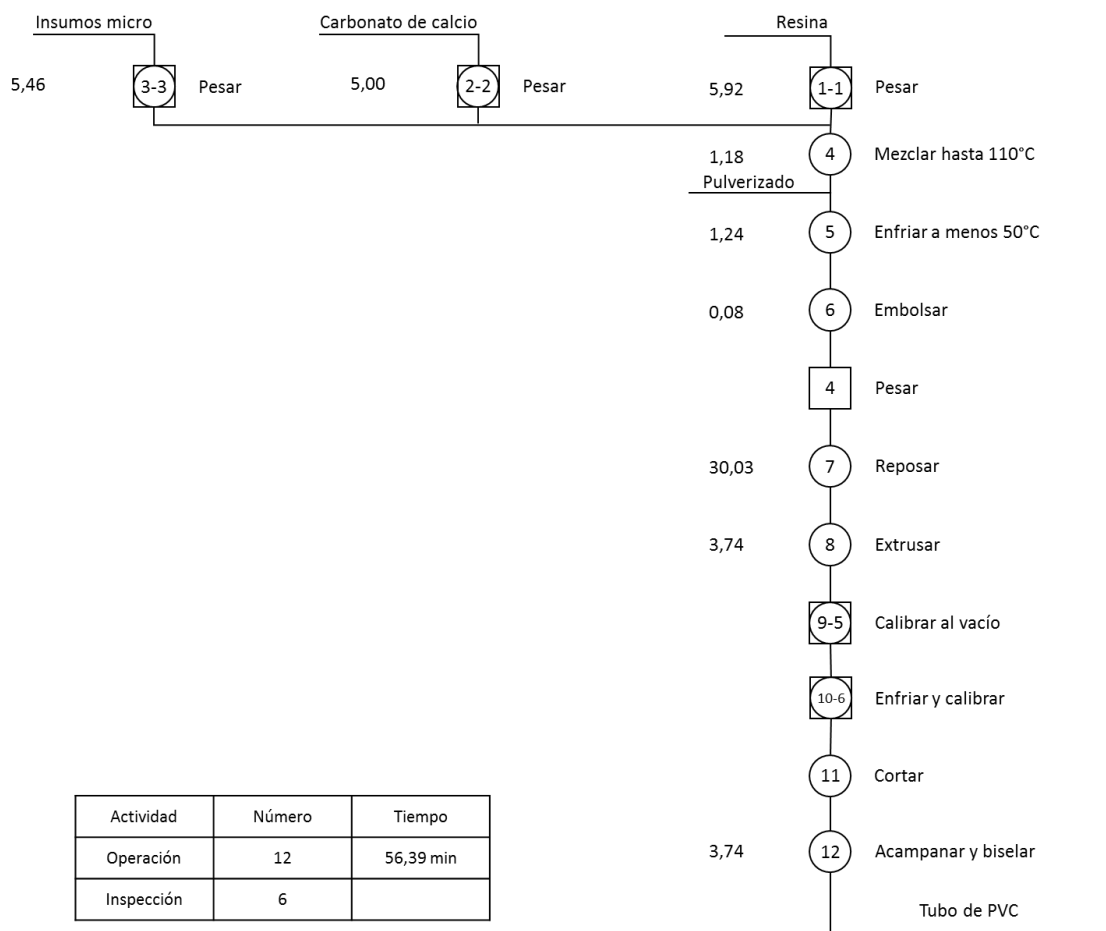
El área objeto de estudio del presente proyecto es el departamento de Formulación y Extrusión, donde se realiza la mezcla de los insumos y la elaboración del tubo. El proceso de fabricación (Ver Figura 4) se inicia en el área de pesado donde se dosifica la cantidad exacta de cada uno de los insumos según la receta, dichos componentes son estabilizante térmico, pigmento, lubricante mecánico y térmico, etc.; luego es trasladada a la ubicación de los mixer, donde se adiciona a la carga (insumo) la resina, dicha mezcla alcanza una temperatura de 110° C inducido por la fricción de los componentes provocado por la velocidad de giro de las paletas del formulador, una vez terminado pasa automáticamente al enfriador donde simultáneamente es vaciado el pulverizado llegando a una temperatura de mayor de 50°C aprox., luego es vaciado a un big bag donde se acumula hasta alcanzar un peso de 1 100 a 1 300 kg. Este big bag es pesado y etiquetado según formuladora, operario formulador, turno, fecha, hora y peso; dejándolo en reposo durante 16 a 24 horas aproximadamente.

El Operario Tolvero debe solicitar al Operario de Montacargas la entrega de bolsones con compuesto de acuerdo al Programa de Producción, haciendo hincapié en que deben tener más de 24 horas de producidos. Recepcionar e indicar al Operario de Montacargas la distribución del compuesto en cada máquina extrusora de acuerdo al programa.

Registrar en el formato de Ingreso de Compuesto a Tolva - Tubería Lisa y Corrugada, las cantidades de compuesto por línea de producción. Verificar que tengan más de 24 horas de

haber sido producidas (ver ticket de producción). El Responsable de Extrusión de acuerdo al programa de producción, coordina con el operario maquinista el armado de cabezal/molde, calibrador, preparar la tina de enfriamiento e iniciar el calentamiento de la máquina a una temperatura de arranque de 170°C. Concluido el calentamiento de la máquina, encender el motor principal de la extrusora e iniciar el proceso de extrusión. Las temperaturas pueden variar con respecto a lo sugerido +/- 25° aproximadamente. El Operador Tolvero debe realizar la purga de los cabezales de la máquina extrusora, vaciando un compuesto "purga" en la tolva de la extrusora. Asimismo debe verificar que la purga fluya de manera homogénea. Realizada la purga, se debe agregar el compuesto del bolsón en la tolva de recepción y accionar el alimentador para que el compuesto ingrese a la extrusora para su procesamiento. En la extrusora el compuesto pasa por un proceso de calentamiento para su fluidización.

**Figura N°4. Diagrama de Operaciones de Formulación y Extrusión para la obtención de Tubos de PVC Actual.**



Elaboración propia.



El Operario maquinista al visualizar la salida del compuesto en proceso por el molde del cabezal, debe centrar el molde. Encender las bombas de agua de la tina de vacío/enfriamiento y posteriormente el jalador.

En la tina de vacío y enfriamiento el compuesto en proceso se transforma en tubería. Regular velocidad del jalador dependiendo del aspecto del tubo (sin puntos negros, grumos, ralladuras internas, ralladuras externas) hasta estabilizar la línea. Regular la distancia entre el molde de la máquina extrusora y la tina de vacío/enfriamiento.

Al ingreso de la tubería extruida al jalador, el Electricista debe encender el marcador electrónico y programar el rotulado de la tubería. El rótulo indica: Nombre del fabricante, Norma de técnica peruana, descripción del producto (clase, diámetro nominal, presión nominal), Información del fabricante (fecha, hora, turno y línea de producción).

El jalador transporta la tubería a la cortadora para seccionarla en tramos de acuerdo al tamaño solicitado por el cliente. El Inspector de Aseguramiento de la Calidad debe verificar que la tubería cumpla con las especificaciones de las normas técnicas correspondientes. En caso la tubería no cumpla con las especificaciones de las normas técnicas correspondientes, el Inspector de Aseguramiento de la Calidad debe coordinar con el Operario maquinista la verificación y ajustes en la máquina extrusora (como temperaturas, velocidad, presión, etc.)

El Operario maquinista debe trasladar la tubería que no cumple con las normas técnicas a la zona de descarte asignada. La cortadora empuja la tubería cortada hacia la acampanadora en donde es trasladada al horno de calentamiento y seguidamente al molde de la zona de campana. Al finalizar el turno, debe registrar la producción de tuberías en el Reporte de Producción Extrusión.

### **3.3 Identificación del problema e indicadores actuales**

En esta investigación se trabaja en base a dos procesos: Formulación y Extrusión, ambos representan los procesos iniciales y fundamentales de toda la producción, así mismo ambos procesos generan un considerado nivel de desperdicios.

En el área de Formulación se presentan tres tipos de desperdicios, siendo estos:

**Barrido:** Es el material que cae a la superficie en todo el proceso, debido a la mala manipulación en el pesado, mal llenado o vaciado en tolva y la falta de ergonomía entre el operario y la máquina.

**Bolsones Contaminados:** Es el material acumulado que descarta el proceso debido a que estos han sido físicamente modificados o alterados por agentes externos o errores humanos referentes a selección de cargas incorrectas.

**Bolsones Observados:** Es la producción que no cumple con los parámetros establecidos por el área de calidad, esto es originado por errores en enfriamiento, inadecuada pigmentación, falla de pesado, etc.

En el área de Extrusión se presentan otros tipos de desperdicios tales como:

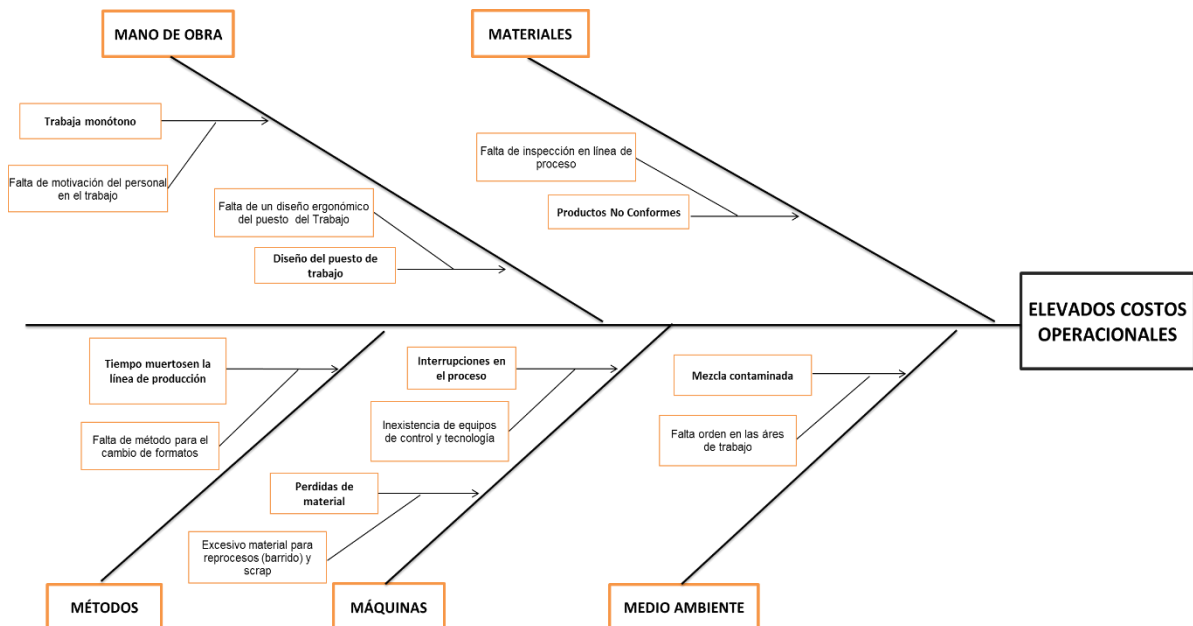
**Tiempos Muertos:** Este problema es típico de tiempo de cambio de formato y tiempo de lanzamiento de línea.

**Descarte:** Es el compuesto extruido que no llegó a completar el proceso debido a aspecto físico incorrecto, rotura o caídas de línea.

**Scrap:** Es el compuesto degradado en el proceso de extrusión originado por contaminación en cabezal, por mal armado de cabezal, por parámetros erróneos de temperatura en lanzamiento y sobretiempo en etapa de calentamiento de máquina.

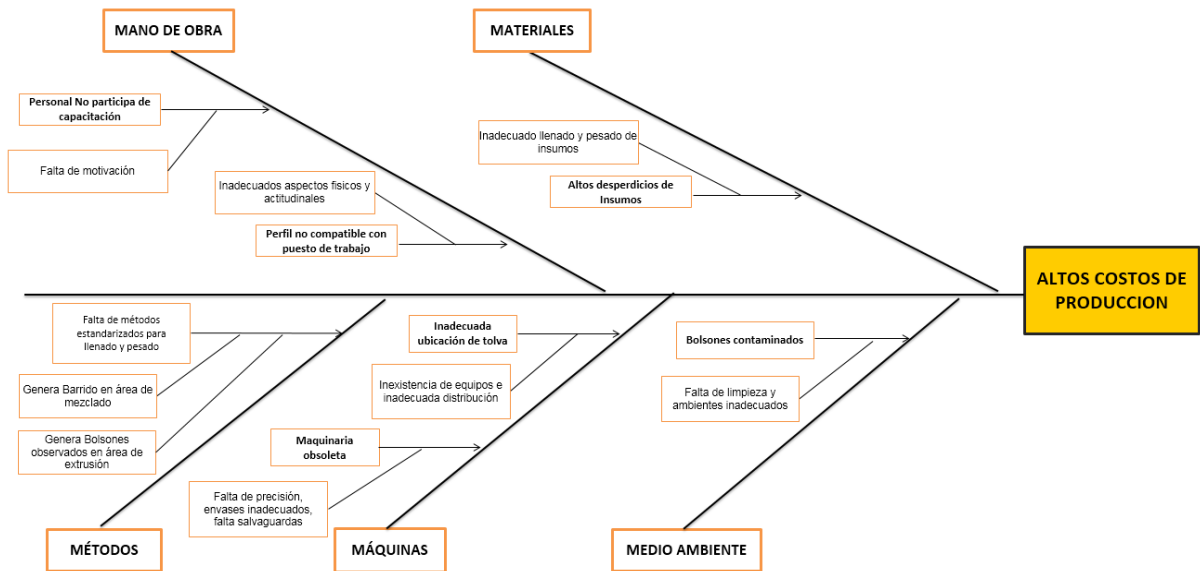
Luego de haber identificado las causas raíces que influyen en el área de estudio, se realizó una encuesta (ver anexo 02) a los diferente trabajadores de la empresa a fin de poder darle una priorización de acuerdo al nivel de influencia de la problemática de estudio, esto se logró gracias a la herramienta de diagrama Pareto en donde del total de 14 causas raíces, se llegó a priorizar a 7 causas según su puntuación del resultado de las encuestas aplicadas.

**Figura N°5. Diagrama de Ishikawa del Área de Gestión de la Producción.**



Elaboración propia.

Figura N°6. Diagrama de Ishikawa del Área de Gestión de Desperdicios.



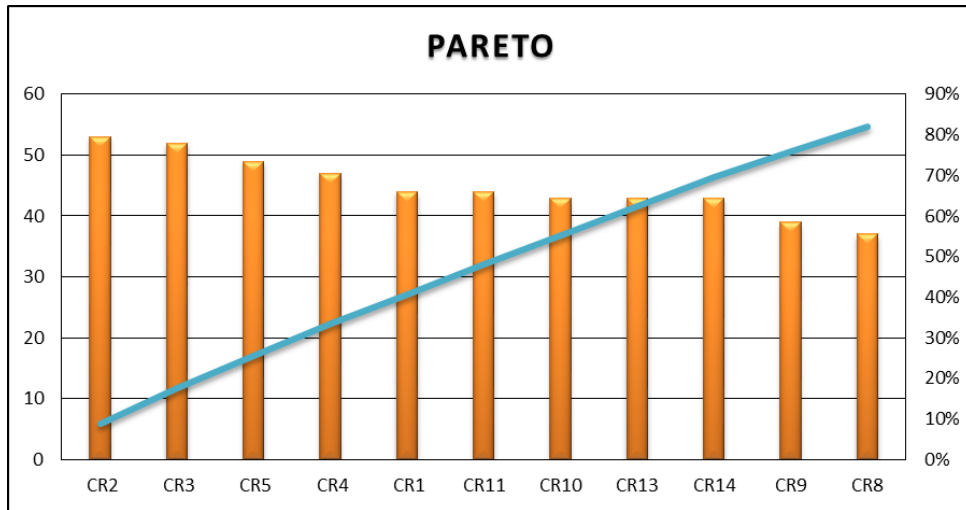
Elaboración propia.

Tabla N° 8. Causas raíz del área de producción de acuerdo a su nivel de influencia

ITEM	CAUSA	FRECUENCIA PRIORIZACIÓN	% Impacto	% Acumulado	80 - 20
CR2	Falta de método para el cambio de formatos	53	10,2%	10%	80%
CR3	Inexistencia de equipos de control y tecnología	52	10,0%	20%	80%
CR5	Falta de mantenimiento en las áreas de trabajo	49	9,4%	30%	80%
CR4	Excesivo material para reprocesos (barrido) y scrap	47	9,0%	39%	80%
CR1	Falta de un diseño ergonómico del puesto del Trabajo	44	8,4%	47%	80%
CR11	Inexistencia de equipos e inadecuada distribución	44	8,4%	55%	80%
CR10	Inadecuado llenado y pesado de insumos	43	8,2%	64%	80%
CR13	Falta de limpieza y ambientes inadecuados	43	8,2%	72%	80%
CR14	Falta de métodos estandarizados para llenado y pesado	43	8,2%	80%	80%
CR9	Inadecuados aspectos físicos y actitudinales	28	5,4%	85%	20%
CR8	Falta de motivación	20	3,8%	89%	20%
CR12	Falta de precisión, envases inadecuados, falta salvaguardas	19	3,6%	93%	20%
CR6	Falta de motivación del personal en el trabajo	19	3,6%	97%	20%
CR7	Falta de inspección en línea de proceso	18	3,4%	100%	20%
	<b>TOTAL</b>	522			

Fuente: Elaboración propia.

**Figura N°7. Diagrama de Pareto de las causas raíces del área de producción**



Fuente: Elaboración propia.

En este apartado se evalúan las 7 causas raíces que fueron resultado de una priorización de los problemas encontrados en el área producción de tubos de PVC.

Estas causas raíces serán medidas mediante indicadores, y así decidir la herramienta de mejora a aplicar por cada causa raíz o grupo de ellas. Así mismo la inversión que presentará la aplicación de las herramientas de mejora para la empresa de fabricación de Tubos de PVC.

**Tabla N° 9. Indicadores de las causas raíces de los problemas**

CR	CAUSA RAÍZ	INDICADOR	FÓRMULA	VALOR ACTUAL
CR2	Falta de método para el cambio de formatos	OEE	$OEE = \frac{TO}{TD} \times \frac{PR}{PP} \times \frac{PC}{PR}$	45%
CR3	Inexistencia de equipos de control y tecnología	Rendimiento de la máquina	$\frac{N^{\circ} \text{ de unidades producidas}}{\text{Capacidad Máxima}} \times 100$	60%
CR11	Inexistencia de equipos e inadecuada distribución			60%
CR5	Falta de mantenimiento en las áreas de trabajo	Nivel de cumplimiento	$\frac{N^{\circ} \text{ alineamientos cumplidos}}{N^{\circ} \text{ de alineamientos totaltes}} \times 100$	15%
CR13	Falta de limpieza y ambientes inadecuados			40%
CR4	Excesivo material para reprocesos (barrido) y scrap	Cumplimiento de la secuencia de fabricación	$\frac{N^{\circ} \text{ de piezas producidas para el mix}}{N^{\circ} \text{ de piezas reales}} \times 100$	86%
CR1	Falta de un diseño ergonómico del puesto del Trabajo	Absentismo por problemas salud laboral	$\frac{\text{Horas de descanso médico}}{\text{Horas totales de trabajo}} \times 100$	35%
CR10	Inadecuado llenado y pesado de insumos	% Desperdicios	$\frac{\text{Kg de barrido}}{\text{Kg de Insumos Utilizados}} \times 100$	9%
CR14	Falta de métodos estandarizados para llenado y pesado	% Desperdicios	$\frac{N^{\circ} \text{ de bolsones observados}}{\text{Total de bolsones}} \times 100$	8%

Fuente: Elaboración propia.

# CAPÍTULO 4

# SOLUCIÓN PROPUESTA

#### **4.1 Desarrollo de la matriz de indicadores de variables**

En este campo se desarrolló la matriz de indicadores de variables, donde las 9 causas priorizadas fueron consideradas y formuladas con indicadores para cada una de ellas en relación a la variable independiente, de la misma manera esta tabla muestra la pérdida anual antes de desarrollar las herramientas de mejora y los ahorros con las propuestas de mejora, como también los valores actuales y futuros, el beneficio que se obtiene con la propuesta al área de producción.

**Tabla N° 10. Matriz resumen de indicadores de variables**

CR	CAUSA RAÍZ	INDICADOR	FÓRMULA	VALOR ACTUAL	PÉRDIDA ACTUAL	VALOR META	PÉRDIDA MEJORADA	BENEFICIO	HERRAMIENTA DE MEJORA	METODOLOGIA DE GESTION
CR1	Falta de un diseño ergonómico del puesto del Trabajo	Absentismo por problemas salud laboral	$\frac{\text{Horas de descanso médico}}{\text{Horas totales de trabajo}} \times 100\%$	35%	S/.1 489,20	5%	S/.0,00	S/.1 489,20	Diseño de puesto de Trabajo	SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL
CR2	Falta de método para el cambio de formatos	OEE	$OEE = \frac{TO}{TD} \times \frac{PR}{PP} \times \frac{PC}{PR}$	45%	S/.10 800,00	85%	S/.5 378,40	S/.5 421,60	SMED	MANUFACTURA ESBELTA
CR4	Excesivo material para reprocesos (barrido) y scrap	Cumplimiento de la secuencia de fabricación	$\frac{\text{N° de piezas producidas para el mix}}{\text{N° de piezas reales}} \times 100\%$	86%	S/.1 279,23	90%	S/.0,00	S/.1 279,23	LAYOUT	INGENIERIA DE METODOS
CR3	Inexistencia de equipos de control y tecnología	Rendimiento de la máquina	$\frac{\text{N° de unidades producidas}}{\text{Capacidad Máxima}} \times 100\%$	60%	S/.21 598,92	85%	S/.8 313,42	S/.13 285,50	POKA YOKE	MANUFACTURA ESBELTA
CR11	Inexistencia de equipos e inadecuada distribución									
CR5	Falta de mantenimiento en las áreas de trabajo	Nivel de cumplimiento	$\frac{\text{N° alineamientos cumplidos}}{\text{N° de alineamientos totaltes}} \times 100\%$	15%	S/.7 675,38	85%	S/.2 558,46	S/.5 116,92	5 S	GESTION DE CALIDAD
CR13	Falta de limpieza y ambientes inadecuados			40%		80%				
CR10	Inadecuado llenado y pesado de insumos	% Desperdicios	$\frac{\text{Kg de barrido}}{\text{Kg de Insumos Utilizados}} \times 100\%$	3%	S/.35 818,36	1%	S/.16 949,25	S/.18 869,11	Mejora de Métodos	MANUFACTURA ESBELTA
CR14	Falta de métodos estandarizados para llenado y pesado	% Desperdicios	$\frac{\text{N° de bolsones observados}}{\text{Total de bolsones}} \times 100\%$	2%		1,5%			Mejora de Métodos	MANUFACTURA ESBELTA

## 4.2 Gestión de Producción

### 4.2.1 Descripción de causas raíces

A continuación se detallan las causas raíces del área de producción:

CRP1 Falta de un diseño ergonómico del puesto de Trabajo

CRP2 Falta de método para el cambio de formatos

CRP4 Excesivo material para reprocesos (barrido) y scrap

CRP3 Inexistencia de equipos de control y tecnología

CRR11 Inexistencia de equipos e inadecuada distribución

### 4.2.2 Diagnóstico de pérdidas

A pesar de que las causas raíz sean diferentes, todas tienen en común ser parte de procedimientos de producción, es por eso que al calcular una causa raíz, las demás se verán influenciadas. A partir de esto, se puede determinar 4 costos fundamentales.

#### 4.2.2.1 Costo por falta de un diseño ergonómico del puesto de Trabajo (CRP1)

Se cuenta con una alta tasa de ausentismo laboral por causas de lesiones y dolores musculo esqueléticos debido principalmente a que los puestos de trabajo no se encuentran en armonía con un sistema ergonómico que permita el desarrollo de las labores de manera factible.

Tenemos un promedio de índice que el 25% de personal operativo se encuentra o ha tenido descanso médico por múltiples factores asociados a la falta de ergonomía en el trabajo.

Esto se debe a la rigidez y a la falta de estructuras que faciliten la labor del operador sin generar sobreesfuerzos ni posturas inadecuadas. Se requiere adecuar los equipos para obtener una mejor armonía Hombre – Máquina.



**Tabla N° 11. Costos por falta de diseño ergonómico del puesto de trabajo**

Descripción	Cantidad
Costo por operario por mes	S/. 1 241,00
Costo por operario día	S/. 41,37
N° Operarios con descansos médicos por lumbalgias	6
Días promedio por descanso médico	6
Costos por descansos médicos por mes	S/. 1 489,20

Elaboración propia.

#### 4.2.2.2 Costo por falta de método para el cambio de formatos (CRP2)

Actualmente el cambio de formato de las líneas de extrusión conlleva a la utilización de mucho tiempo, teniendo un tiempo promedio de 3 horas aproximadamente y dependiendo del formato a lanzar. Este tiempo utilizado para realizar la preparación de las líneas se podría optimizar eliminando algunas actividades que usualmente el maquinista realiza con la maquina parada.

El no contar con métodos estandarizados de cambio de formato ocasiona sobretiempo de parada en las líneas, el mismo que económicamente se traduce en costo de lucro cesante.

**Tabla N° 12. Costos por falta de método de trabajo**

Descripción	Cantidad
Producción en extrusora/turno	7 504
Perdida por 3 horas en kg	2814
Perdida por turno en tubos	100
Perdida por turno en soles	S/.10 800

Elaboración propia.

#### 4.2.2.3 Excesivo material para reprocesos (barrido) y scrap (CRP4)

Actualmente manejamos un sistema de reproceso que incluye volver a tratar el desperdicio que se ha recolectado de la polución y caída de materia prima a la superficie, aproximadamente equivale a un bolsón mensual cuyo monto asciende a S/. 1 279,23. Básicamente se cuentan con tres tipos de desperdicios: Barrido, Bolsones contaminados, Bolsones Observados.

Tenemos un alto índice de desperdicios que sumados generan un perjuicio económico que reduce los niveles de productividad de la empresa.

Los desperdicios clasificados se pueden definir de la siguiente manera:

**Barrido:** Es el material que cae a la superficie en todo el proceso, debido a la mala manipulación en el pesado, mal llenado o vaciado en tolva y la falta de ergonomía entre el operario y la máquina.

**Bolsones Contaminados:** Es el material acumulado que descarta el proceso debido a que estos han sido físicamente modificados o alterados por agentes externos o errores humanos referentes a selección de cargas incorrectas.

**Bolsones Observados:** Es la producción que no cumple con los parámetros establecidos por el área de calidad, esto es originado por errores en enfriamiento, inadecuada pigmentación, falla de pesado, etc.

**Descarte:** Es el compuesto extruido que no llegó a completar el proceso debido a aspecto físico incorrecto, rotura o caídas de línea.

#### 4.2.2.4 Costo de falta de equipos de control y tecnología (CRP3)

Frecuentemente existen interrupciones forzadas en el proceso de producción debido a que se detectan problemas en temas de calidad de producto procesado.

Esta mezcla muchas veces es detectada cuando el proceso está muy avanzado o en etapa de culminación (Finalización de extrusión) este impedimento podría reducirse y/o hasta evitarse si se contaran dispositivos de control que detecten no conformidades en etapas iniciales de tal manera que se evite que la mezcla dañada se encuentre mucho tiempo en proceso de producción (llámese extrusión netamente).

**Tabla N° 13. Costos por falta de Control y Tecnología**

Descripción	Cantidad
Producción en extrusora/turno	7 504
Perdida por 6 horas en kg	5628
Perdida por turno en tubos	200
Perdida por turno en soles	S/.21 598,92

Elaboración propia.

#### **4.2.2.5 Costo por Inexistencia de equipos e inadecuada distribución (CRR11)**

La empresa, en un inicio fue diseñada empíricamente sin contar con diseños de optimización de traslado de personal, optimización de espacios y diseño de distribución de planta.

Uno de los principales problemas de esta condición es la ubicación de la tolva en el MIXER que impide que el obrero tenga un correcto vaciado, debido a la altura, ubicación y forma.

Así mismo, los equipos que se cuentan no son los idóneos para el proceso y se encuentran desfasados frente a los requerimientos de producción, algunos equipos son muy antiguos lo que los vuelve obsoletos.

Otro problema que se tiene es el traslado de la mezcla que resulta de la formuladora hacia la olla de enfriamiento constantemente sufre de contaminación debido al equipo que se utiliza (Serpentín) al momento de ejecutar su función genera escoria debido a la fricción del metal con la mezcla. Esto genera que la mezcla se degrade.

También el cambio de estaciones dentro del mismo, por la ubicación entre la zona de vaciado, mezclado y zona de enfriamiento genera demasiada polución por consecuencia aumenta la cantidad de desperdicio (Barrido).

En el proceso de formulado, el vaciado a tolva es manual, lo que genera que la mezcla se propague por el ambiente ocasionando desperdicios. Esto aparte de ser una demora, genera desperdicio lo que podría evitarse con un sistema semiautomatizado de vaciado a tolva que ingrese todo el material a la tolva de manera directa y con sistema de vaciado.

### **4.2.3 Herramientas de mejora**

#### **4.2.3.1 Diseño de puesto de trabajo**

Según la ingeniería de métodos los puestos de trabajo bien diseñados tienen en cuenta las características mentales y físicas del trabajador y sus condiciones de salud y seguridad. En el caso de la fábrica en el área de pesado existe una balanza donde se realiza el pesado del carbonato de calcio y de los micromateriales y el operario lo hace encorvándose para pesar y luego trasladar el material pesado. Para mejorar el puesto de trabajo y reducir los problemas de los operarios sobre el sistema musculoesquelético se ha construido una estructura de metal para colocar la balanza

al nivel del operario de pie y una mesa donde colocar los materiales. Por otro lado para evitar que por las distintas tallas de los operarios (altos y bajos) se ha diseñado una plataforma de madera (Anexo N°4) con lo cual se mantiene el nivel. Asimismo una mesa donde colocar los materiales para el pesado y evitar que el operario este encorvándose. En el área de mezclado se cambió la tolva de vaciado en olla mezcladora a una tolva de vaciado por sistema de vacío (Anexo N°5).

#### 4.2.3.2 SMED

A continuación se registra las operaciones internas para el área de extrusión como se aprecia en la Tabla N°14 y en el Gráfico N° 8 donde las actividades internas están representadas de color azul.

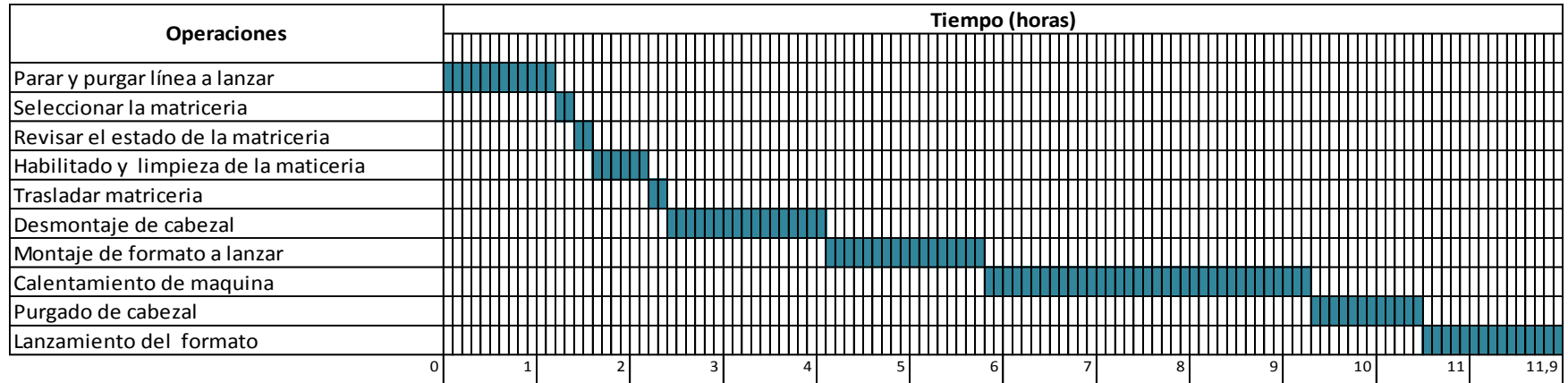
**Tabla N° 14. SMED de Extrusora Actual**

Operaciones	TI/TE	Tiempo inicial (horas)
Parar y purgar línea a lanzar	TI	1,2
Seleccionar la matricería	TI	0,15
Revisar el estado de la matricería	TI	0,15
Habilitado y limpieza de la matricería	TI	0,6
Trasladar matricería	TI	0,2
Desmontaje de cabezal	TI	1,7
Montaje de formato a lanzar	TI	1,7
Calentamiento de maquina	TI	3,5
Purgado de cabezal	TI	1,2
Lanzamiento del formato	TI	1,5
<b>Tiempo Interno (TI)</b>		<b>11,9</b>
<b>Tiempo Externo (TE)</b>		<b>0</b>
<b>TIEMPO TOTAL</b>		<b>11,9</b>

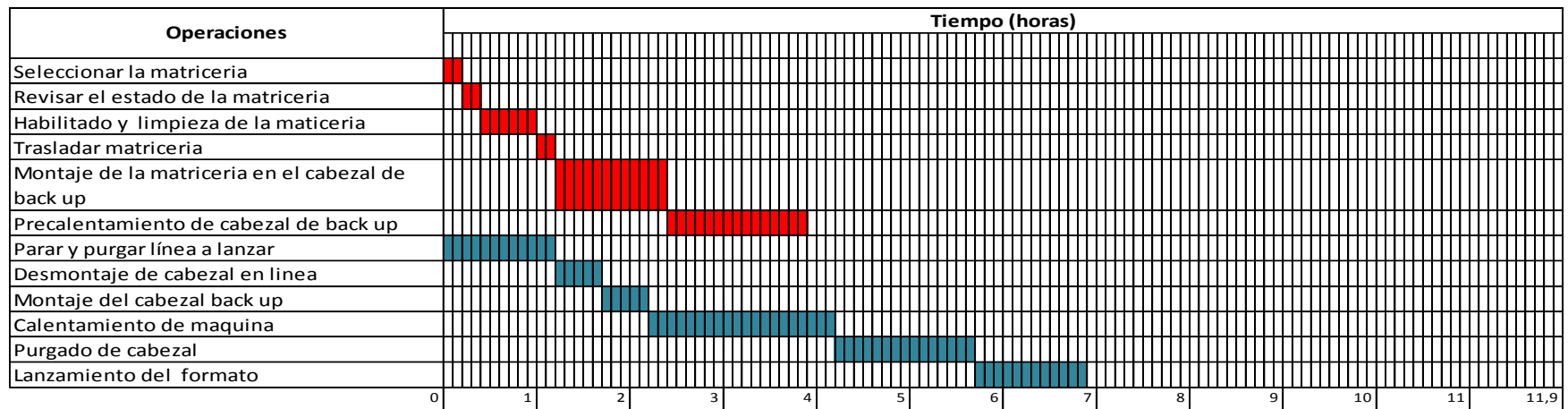
Elaboración propia.

Se convierte las operaciones internas en externas del proceso del área de extrusión como se puede apreciar en la Tabla N°15, Gráfico N°9 donde las actividades internas se representan de color azul y las actividades externas de color rojo.

**Figura N°8. Tiempos Internos y Externos antes de la aplicación de la herramienta SMED**



**Figura N°9. Tiempos Internos y Externos después de la aplicación de la herramienta SMED**



**Tabla N° 15. SMED de Extrusora Propuesta**

Operaciones	T/TE	Tiempo inicial (horas)
Seleccionar la matricería	TE	0,15
Revisar el estado de la matricería	TE	0,15
Habilitado y limpieza de la matricería	TE	0,6
Trasladar matricería	TE	0,2
Montaje de la matricería en el cabezal de back up	TE	1,2
Pre calentamiento de cabezal de back up	TE	1,5
Parar y purgar línea a lanzar	TI	1,2
Desmontaje de cabezal en línea	TI	0,5
Montaje del cabezal back up	TI	0,5
Calentamiento de maquina	TI	2,0
Purgado de cabezal	TI	1,2
Lanzamiento del formato	TI	1,5
<b>Tiempo Interno (TI)</b>		<b>6,9</b>
<b>Tiempo Externo (TE)</b>		<b>3,8</b>
<b>TIEMPO TOTAL</b>		<b>10,7</b>

Elaboración propia.

Dentro de las actividades internas realizadas para el cambio de “Formato” se observa que el personal operativo realiza la selección, revisión, habilitado, limpieza y traslado de la matricería una vez finalizada o parada la línea de producción, en la mayoría de las ocasiones, con un tiempo promedio de 11,9 horas.

Del total del tiempo utilizado para el cambio de formato inicial, se convirtió a tiempos externos las actividades de armado de cabezal con lo cual se redujo el tiempo de parada a 6,9 horas.

#### 4.2.3.3 Poka Yoke

En el área de Formulación existe un número elevado de bolsones contaminados y observados, siendo una de las principales causas de esta merma, el error humano, dado que existen múltiples combinaciones de fórmulas, estos problemas se presentan con el pesado del carbonato de calcio y los microinsumos denominado “cargas” los cuales se combinan finalmente con las resinas en el área de mezclado.

Dichos problemas se presentan en:

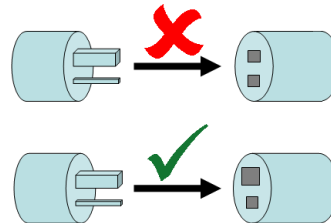
- Mala identificación de las “cargas” pesadas para vaciado de microinsumos.
- Mala identificación para la entrega de “carga” pesada a la zona de mezclado.

Para reducir los errores de la identificación de estos insumos se realizara el pintado de la zona, pintado de parihuela que contienen las “cargas” y rotulado a una determinada carga de la parihuela.

En el área de extrusión se presentan los siguientes problemas:

- Identificación de matricería/ubicación y rotulado basándonos en especificaciones técnicas de requerimiento de líneas de producción
- Error de montaje por mala identificación de piezas a montar/codificación de las partes para su correcta identificación
- Error de montaje por mal sellado de pieza/se propone añadir guías que permitan la posición correcta de las piezas (Ver Figura N°7).

**Figura N° 10. Montaje con Poka Yoke**



Fuente: <https://www.pdcahome.com/wp-content/uploads/2012/05/enchufe.png>

#### 4.2.3.4 Redistribución de planta

Se analizó el recorrido de la resina e insumos que van desde el almacén de materias primas hasta la zona de mezcla y pesado del área de formulación. Dicho recorrido actual se puede apreciar en la Tabla N°16 y el recorrido propuesto se puede apreciar en la Tabla N°17 (Ver Anexo N°6).

**Tabla N° 16. Distribución de planta Actual**

Propuesta	
Descripción	L(m)
Resina (Almacén – Zona Mezclado)	98,17
Insumos (Almacén – Zona Pesado)	102,10
Resina (Mezcla – Almacén Mezcla)	83,80
Cargas (Laboratorio – Mezclado)	19,18

Elaboración propia.

**Tabla N° 17. Distribución de planta Propuesta**

<b>Propuesta</b>	
<b>Descripción</b>	<b>L(m)</b>
Resina (Almacén – Zona Mezclado)	32,06
Insumos (Almacén – Zona Pesado)	37,98
Resina (Mezcla – Almacén Mezcla)	19,11
Cargas (Laboratorio – Mezclado)	20,51

Elaboración propia.

#### **4.2.4 Beneficio por la gestión de producción**

Con la propuesta de gestión de producción, utilizando como herramientas: Mejora de métodos, SMED y Poka Yoke, se logrará tiempos de espera en la producción, tiempos muertos en el cambio de formatos y errores de productos terminales, así como un correcto y uniforme método de trabajo, para lograr incrementar la eficiencia del trabajo. A continuación se muestran los costos por causas raíces antes y después de la propuesta de gestión de producción.



**Tabla N° 18. Costos perdidos antes y después del desarrollo de la propuesta de Gestión de Producción**

CR	CAUSA RAÍZ	INDICADOR	FÓRMULA	PÉRDIDA ACTUAL	PÉRDIDA MEJORADA	BENEFICIO	HERRAMIENTA DE MEJORA
CRP1	Falta de un diseño ergonómico del puesto del Trabajo	Absentismo por problemas salud laboral	$\frac{\text{Horas de descanso médico}}{\text{Horas totales de trabajo}} \times 100$	S/.35 167,35	S/.13 691,82	S/.21 475,53	Gestión de la Producción Diseño de puesto de trabajo, SMED, Layout, Poka Yoke
CRP2	Falta de método para el cambio de formatos	OEE	$OEE = \frac{TO}{TD} \times \frac{PR}{PP} \times \frac{PC}{PR}$				
CRP4	Excesivo material para reprocesos (barrido) y scrap	Cumplimiento de la secuencia de fabricación	$\frac{N^{\circ} \text{ de piezas producidas para el mix}}{N^{\circ} \text{ de piezas reales}} \times 100$				
CRP4	Inexistencia de equipos de control y tecnología	Rendimiento de la máquina	$\frac{N^{\circ} \text{ de unidades producidas}}{\text{Capacidad Máxima}} \times 100$				
CRR11	Inexistencia de equipos e inadecuada distribución						

Elaboración propia.

### 4.3 Gestión de Desperdicios

#### 4.3.1 Descripción de causas raíces

A continuación se detallan las causas raíces del área de producción:

CRP5 Falta de orden en las áreas de trabajo

CRR13 Falta de limpieza y ambientes inadecuados

CRR10 Faltan métodos de trabajo para llenado y pesado de insumos

CRR14 Falta de métodos estandarizados para llenado y pesado

#### 4.3.2 Diagnóstico de pérdidas

A pesar de que las causas raíz sean diferentes, todas tienen en común ser parte de procedimientos de producción, es por eso que al calcular una causa raíz, las demás se verán influenciadas. A partir de esto, se puede determinar cinco costos fundamentales.

##### 4.3.2.1 Costo por falta de mantenimiento en las áreas de trabajo (CRP5)

La falta de orden y control ocasiona frecuentemente errores en distintas etapas del proceso, así mismo sobretiempos generados en la búsqueda.

La falta de orden en las áreas de trabajo es el resultado de la incultura y de la ausencia de una disciplina y sistema de orden y limpieza en la empresa.

Muchas veces el desorden ha perjudicado la mezcla al momento de que los operarios han confundido los insumos (ya que no estaban rotulados, clasificados ni ordenados), también ocasionan retrasos en lanzamientos de formatos debido al extravío de matricería.

La falta de orden interviene también en el índice de accidentabilidad (caídas al mismo nivel, lesiones musculo esqueléticos, inhalación de polución, etc.).

##### 4.3.2.2 Costo por falta de limpieza y ambientes inadecuados (CR13)

La falta de limpieza y ambientes inadecuados tiene que ver directamente con la generación de desperdicios por contaminación que en promedio son 6 bolsones mensuales.

El no tener una limpieza adecuada provoca una probable contaminación de la materia prima en proceso debido al ingreso de agentes externos.

Claro ejemplo es lo que sucede en la tolva con la roturas de las mangas en proceso.

Adicionalmente la falta de limpieza ocasiona una desmotivación en el personal al tener un impacto visual que genera un ambiente laboral hostil. El nivel de accidentabilidad está influenciado por la falta de limpieza en el ambiente de trabajo.

**Tabla N° 19. Pérdidas por falta de métodos estandarizados**

Descripción	Cantidad
Bolsones perdidos por mes	6
Costo por bolsón perdido	S/.1 279,23
Costo Scrap	S/.7 675,38

#### **4.3.2.3 Costos por falta de métodos estandarizados para llenado y pesado e inadecuado llenado de insumos (CRR14/CRR10)**

El no contar con métodos de trabajo para llenado y pesado de insumos, significa no tener un patrón estandarizado, documentado y comunicado al personal sobre la manera más efectiva de la realización de las labores de llenado y pesado ocasionando que se generen dos tipos de desperdicios: Barrido y Bolsones observados.

El barrido es un tipo de desperdicio que se genera en el área de mezclado, entre otros factores se debe a que el material (volátil) se propague por el ambiente en el momento que es pesado en las balanzas y también cuando es vertido a las tolvas de mezcla.

El posicionamiento inadecuado del personal frente a la máquina, los instrumentos incorrectos al momento de pesar los agentes que son parte de la mezcla, entre otros factores ocasionan estos tipos de merma.

Los Bolsones observados son desperdicios que se detectan en el área de extrusión, este tipo de mezcla observada es retirada del proceso por no cumplir con los estándares mínimos de calidad. Esto se debe a tres tipos de causas: Peso, Pigmentación, Textura, estado de cocción del material mezclado.

El no tener métodos de trabajo para llenado y pesado de insumos influye principalmente en la pigmentación (debido a que el incorrecto pesado de la mezcla puede ocasionar que hayan cantidades incorrectas de agentes que vulneren la pigmentación de la mezcla) y el peso.

**Tabla N° 20. Pérdidas por falta de métodos estandarizados**

Descripción	Cantidad
Bolsones por turno	19,6
Bolsones por mes	587,4
Bolsones perdidos por mes	28
Costo por bolsón perdido	S/.1 279,23
Costo Scrap	S/.35 818,36

Elaboración propia.

### 4.3.3 Herramientas de mejora

#### 4.3.3.1 5 S

Esta herramienta es indispensable para la óptima ubicación de los materiales, la limpieza y orden, con lo cual podremos reducir tiempos en identificar los materiales y costos por desperdicios.

En la primera fase operativa del programa, denominada Clasificación (SEIRI), se definirá qué se consideraba material innecesario para proceder a separarlo y colocarlo en una zona preestablecida. Posteriormente se ejecutará la segunda fase de Orden (SEITON) del área de Mezclado y Extrusión, durante el cual, se ordenará el material clasificado como necesario, inventariado, rotulado y completado con el pedido pertinente al área de compras.

En la tercera fase del programa (SEISO), se diseñará un protocolo de limpieza y mantenimiento de materiales y maquinaria, de registro de incidencias, así como de responsabilidad de las acciones, cumpliendo siempre con la planificación diseñada previamente de la fase (Figura N°9). Se finalizará con la implantación de la cuarta fase del programa: Control Visual (SEIKETSU), durante la cual se observaron las buenas prácticas de los trabajadores en cuanto al cumplimiento de los protocolos, pero se necesitaba del establecimiento de una estructura de registro del control visual, por lo que se colocará una etiqueta Azul a lado de su Rótulo del área, si la zona se encuentra completamente limpia y ordenada y una etiqueta Roja si esta se encuentra sucia y desordenada, y estableciendo un responsable de la subsanación que deberá ser resuelto en seguida, sin dejar lugar a la dilución de responsabilidades.

Figura N°08. Checklist de 5S

5S Hoja auditoria Producción												
Area	Calificación final:					Calificado por:						
Fecha	Calificación previa:											
0	1	2	3	4	5	Calificación						
No iniciado; Cero esfuerzo	Actividad inicio, pequeño esfuerzo	Amplia actividad; sin embargo hay muchas oportunidades de mejora	Nivel Mínimo aceptable sostenido por al menos un (1) mes	Mejor resultado en su área; Aprobado por supervisor inmediato; sostenido por al menos un (1) mes	Mejor practica; Clase Mundial; Revisado por (1) área general; sostenido al menos seis (6) meses							
SS No. Chequear	Descripción					0	1	2	3	4	5	T
<b>PASO 1: Clasificación</b>			<b>Promedio ###</b>									
1	Componentes, materiales y partes		Solo los niveles necesarios de inventario en el área esta a la mano. Residuos y Diezas sin uso están en contenedores claramente marcados.									
2	Maquinas, gabinetes, muebles bancos		Solo los artículos necesarios están a la mano en el área. No hay maquinas, herramientas bancos no necesarias en el área.									
3	Herramientas y otro equipo		Todas las herramientas accesorios y otros equipos en el área son usados reularmente. Cualaiier herramienta aue es usada menos de una vez al día. es									
4	Tableros de noticias		Están actualizados, anuncios rotos o sucios, todos los boletines son arreglados en una manera ordenada									
5	Primera impresión completa		Su impresión general debería decir si es lo mejor que esperaría para un área de producción.									
<b>TOTAL</b>												
<b>PASO 2: Organización</b>			<b>Promedio ###</b>									
6	Diseño Area		Maquinas, autos y equipo están arreglados en una manera lógica y ordenada para Dromover un fluio suave en el área de trabajo									
7	Marcado pasillos y suelo		Lineas en el piso claramente marcadas, pasillos, áreas de bodega y áreas peligrosas									
8	Documentación y señales visuales		Solo los documentos y cartapacios necesarios para el trabajo se guardan en el área Los documentos v manuales son guardados en orden y limpios.									
9	Control visual y almacenamiento		Los accesorios son arreglados, divididos y claramente marcados para que sea obvie clórele se almacenan en caso sean perdidos.									
10	Lugar específico para herramientas y accesorios		Herramientas y accesorios son arreglados y guardados en orden, se mantienen limpios v libres de cualquier riesgo de daño. Están localizados fácilmente para									
11	Cosas en el piso		Pocas, si alguna cosa son almacenadas en el piso. En caso de que sean almacenadas en el piso, están claramente indicadas con señales v rotulo									
12	Almac. Material peligroso		Líquidos, solventes, inflamables, y otros químicos son apropiadamente rotulados y almacenados. Las hoias de seciurid (MSDS) están disponibles.									
13	Acceso de emergencia		Dispositivos de seguridad están claramente marcados, muy visibles y sin obstruccion Las rutas de salida de emergencia están marcadas con sianos de salida, luces, etc.									
14	Mantenimiento de equipo		Se lleva registro de mantenimiento y equipo claramente señalado. Puntos críticos de manten, diario están claramente marcados (niveles de fluido, presión, etc).									
<b>TOTAL</b>												
<b>PASO 3: Limpieza</b>			<b>Promedio ###</b>									
15	Condición de pisos		Todos los pisos están limpios y libre de suciedad, residuos o líquidos. Limpieza de pisos es hecha rutinariamente y en intervalos predeterminados.									
16	Maquinas/Equipo		Limpieza rutinaria de maquinas es aparente, no hay aceite, residuos, basura, empaque de comida en las superficies de trabajo. Las ventanas, paredes v equipo									
17	Herramientas y equipo de limpieza		Todo el equipo de limpieza (botes de basura, escobas, trapeador, etc) están guardadas en un lugar limpio. Es obvio a donde pertenecen y están disponibles fácilmente. Material Deliaroso esta agardado v rotulado correctamente.									
18	Limpieza mas allá de lo propio		Todo el equipo, ventiladores, bancos...todo en el área es limpiado regularmente. La responsabilidad de los operadores va mas allá de solo su equipo.									
19	Disciplina en Limpieza		Cuando un paro inesperado ocurre, los operadores habitualmente y automaticamen limpian v barren su área de trabajo v equipo.									
20	Mejores practicas de operación		Donde sea aplicable, se aplican mejores practicas de manufactura y operación.									
<b>TOTAL</b>												

La quinta fase de Disciplina y Hábito (SHITSUKE), es una fase de continuación y perpetuidad del programa en el tiempo, para la cual se deberá utilizar uno de los medios más eficaces para corregir las prácticas de trabajo incorrectas y formar una conciencia, tanto en el trabajo como fuera de este, es la charla de 5 minutos, la cual se aplicará al inicio de cada jornada. Asimismo se presenta un cronograma de actividades para su implementación (Tabla N°21 y N°22).

**Figura N°09. Formato de Registro de Actividades 5 S**

N°	Actividad	Fecha	Nombre	Código	Firma
1					
2					
3					
4					

#### **4.3.3.2 Mejora de Métodos**

Para desarrollar el manual de procedimientos de la empresa se requirió el apoyo del Jefe de Producción y los operarios de las estaciones de trabajo de mezclado y extrusión (Ver Anexos N°2 y 3).

#### **4.3.4 Beneficio por la gestión de desperdicios**

Con la propuesta de gestión de desperdicios, utilizando como herramientas: 5 S y la Mejora de métodos, se logrará menores desperdicios así como un correcto y uniforme método de trabajo, para lograr incrementar la eficiencia del trabajo. A continuación se muestran los costos por causas raíces antes y después de la propuesta de gestión de desperdicios.

**Tabla N° 21. Cronograma de Actividades de Implementación de las 5S**

ACCIONES	OBJETIVO	PASOS	HERRAMIENTA	DONDE	QUIEN	CUANDO
<b>CAPACITACIÓN</b>	Concientizar y motivar al personal sobre la importancia de la mejora continua para el beneficio de la empresa y sus actores y los beneficios de la filosofía	1. Charla de motivación a todo el personal	Presentaciones en Power Point de ejemplos de implementación en otras empresas, videos de motivación	Sala de sesiones	Grupo de mejora continua	3 semanas
		2. Determinar el contenido de la capacitación específica de 5'S				
		3. Formar grupos				
		4. Charlas de conocimiento de la filosofía				
<b>DETERMINACION DE LA SITUACION ACTUAL</b>	Establecer las condiciones actuales del área de estudio y recolectar la información necesaria que nos sirva para el análisis de resultados	1. Estudiar el métodos de trabajo	Hoja de estudio de tiempos, Diagrama de Flujo, Mapeo de Cadena Valor	En toda el área de producción	Grupo de mejora continua	2 semanas
		2. Determinar los puestos de trabajo y el personal involucrado				
		3. Tomar Tiempos de artículos seleccionados				
		4. Realizar recorridos por las áreas				
<b>CLASIFICAR</b>	Contar con un área de trabajo donde únicamente existen los artículos y herramientas necesarios	1. Identificar todos los artículos innecesarios	Tarjeta roja	Línea en la que se aplica el estudio	Supervisores, Grupo de mejora continua (Trabajadores)	3 semanas
		2. Eliminar todo aquello que definitivamente no se utiliza				
		3. Encontrar un lugar de almacenamiento diferente para las cosas de uso poco frecuente				
<b>ORDENAR</b>	Determinar un lugar para cada artículo, adecuado a las rutinas de trabajo, listos para utilizarse y con su debida señalización.	1. Asignar e identificar un lugar para cada articulo	Código de color, Señalización	Línea en la que se aplica el estudio	Supervisores, Grupo de mejora continua (Trabajadores)	2 semanas
		2. Determinar la cantidad exacta que debe haber de cada artículo				
		3. Asegurar que cada artículo esté listo para usarse				
		4. Crear los medios para asegurar que cada artículo regrese a su lugar				

**Tabla N° 22. Cronograma de Actividades de Implementación de las 5S**

ACCIONES	OBJETIVO	PASOS	HERRAMIENTA	DONDE	QUIEN	CUANDO
<b>LIMPIEZA</b>	Establecer una metodología de limpieza en el área de trabajo	1. Identificarlos materiales necesarios y adecuados para la limpieza del área de trabajo		Línea en la que se aplica el estudio	Supervisores, Grupo de mejora continua (Trabajadores)	2 semanas
		2. Asignar un lugar adecuado y funcional a cada artículo utilizado para mantener limpia el área de trabajo.				
		3. Preparar el manual de procedimientos de limpieza.				
		4. Implementar las actividades de limpieza como rutina				
<b>ESTANDARIZACION</b>	Desarrollo condiciones de trabajo que eviten retroceso en las primeras tres S.	1. Estandarizar todo y hacer visible los estándares	Check list de 5'S	Línea en la que se aplica el estudio	Supervisores, Grupo de mejora continua (Trabajadores)	2 semanas
		2. Implementar métodos que faciliten el comportamiento apegado a los estándares				
		3. Compartir toda la información sin que tenga que buscarse o solicitarse				
<b>AUTODISCIPLINA</b>	Convertir en habito el empleo y utilización de los métodos establecidos para la limpieza en el lugar de trabajo	1. Hacer visible los resultados de las 5'S	Check list de 5'S	Línea en la que se aplica el estudio	Supervisores, Grupo de mejora continua y trabajadores	2 semanas
		2. Promover las 5'S en toda la empresa mediante esquemas promocionales				
		3. Provocar la participación de todos en la generación de ideas para fomentar y mejorar la disciplina en la 5'S				



**Tabla N° 23. Costos perdidos antes y después del desarrollo de la propuesta de Gestión de Producción**

CR	CAUSA RAÍZ	INDICADOR	FÓRMULA	PÉRDIDA ACTUAL	PÉRDIDA MEJORADA	BENEFICIO	HERRAMIENTA DE MEJORA
CRP5	Falta de mantenimiento en las áreas de trabajo	Nivel de cumplimiento	$\frac{N^{\circ} \text{ alineamientos cumplidos}}{N^{\circ} \text{ de alineamientos totaltes}} \times 100$	S/.43 493,74	S/.19 507,71	S/.23 986,03	Gestión de Desperdicios 5S, Mejora de Métodos
CRR13	Falta de limpieza y ambientes inadecuados						
CRR10	Inadecuado llenado y pesado de insumos	% Desperdicios	$\frac{Kg \text{ de barrido}}{Kg \text{ de Insumos Utilizados}} \times 100$				
CRR14	Falta de métodos estandarizados para llenado y pesado	% Desperdicios	$\frac{N^{\circ} \text{ de bolsones observados}}{Total \text{ de bolsones}} \times 100$				

Elaboración propia.

# **CAPÍTULO 5**

# **EVALUACIÓN**

# **ECONÓMICA**

# **FINANCIERA**

## 5.1 Inversión de la propuesta

Para lograr proponer las mejoras de cada causa raíz, se elaboró un presupuesto, tomando en cuenta todas las herramientas, materiales de oficina y personal de apoyo. En las tablas siguientes se detalla el costo de inversión para reducir cada uno de las causas raíces.

### 5.1.1 Inversión de la propuesta de gestión de la producción y desperdicios

**Tabla N° 24. Inversión de personal para gestión de la producción y desperdicios**

<b>Descripción</b>	<b>Mensual</b>	<b>Anual</b>
Salario del practicante Ing. Ind.	S/. 1 200,00	S/. 14 400,00
Gratificaciones anuales		S/. 2 400,00
CTS		S/. 1 200,00
Vacaciones		S/. 1 200,00
EsSalud	S/. 108,00	S/. 1 296,00
Asignación Familiar	S/. 120,00	S/. 1 440,00
SCTR	S/. 18,00	S/. 216,00
Senati	S/. 9,00	S/. 108,00
Escolaridad		S/. 250,00
EPPs		S/. 120,00
<b>Total Anual</b>		<b>S/. 22 630,00</b>

**Tabla N° 25. Inversión de materiales y equipos para gestión de la producción**

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo	Total
Cabezal Extrusora	1	Unidad	S/.10 500,00	S/.10 500,00
Desktop Compaq Core i5	1	Unidad	S/.3 500,00	S/.3 500,00
Sillón autoregulable	1	Unidad	S/.350,00	S/.350,00
Silla metálicas	2	Unidad	S/.90,00	S/.180,00
Escritorio de Maderba	1	Unidad	S/.500,00	S/.500,00
Estantes de Maderba con separadores	1	Unidad	S/.600,00	S/.600,00
Impresora Epson Multiuso Tinta Recargable	1	Unidad	S/.700,00	S/.700,00
Archivadores	36	Unidad	S/.5,00	S/.180,00
Bandeja portapapeles	5	Unidad	S/.25,00	S/.125,00
Papel Bond (Millares)	5	Millar	S/.20,00	S/.100,00
Lapiceros, plumones	5	docena	S/.15,00	S/.75,00
Formatería 5 S	1	Millar	S/.300,00	S/.300,00
Jabón líquido	36	Unidad	S/.7,50	S/.270,00
Trapeador Industrial	6	Unidad	S/.15,00	S/.90,00
Escobillones industriales	6	Unidad	S/.30,00	S/.180,00
Recogedores	6	Unidad	S/.20,00	S/.120,00
Tacho de basura	6	Unidad	S/.25,00	S/.150,00
<b>Total</b>				<b>S/.17 920,00</b>

**Tabla N° 26. Depreciación y reinversión de equipos para gestión de la producción**

Descripción	% Depreciación	Inversión	Total
Cabezal Extrusión	10%	S/. 10 500,00	S/. 1 050,00
Desktop Compaq Core i5	25%	S/.3 500,00	S/.875,00
Sillón autoregulable	10%	S/.350,00	S/.35,00
Silla metálicas	10%	S/.90,00	S/.9,00
Escritorio de Maderba	10%	S/.500,00	S/.50,00
Estantes de Maderba con separadores	10%	S/.600,00	S/.60,00
Impresora Epson Multiuso Tinta Recargable	10%	S/.700,00	S/.70,00
<b>Total</b>			<b>S/.2 149,00</b>

## 5.2 Beneficios de la propuesta

En las siguientes tablas se detalla los beneficios de las herramientas de mejora comprendidas por la gestión de la producción y de desperdicios que ascienden anualmente a un monto total en soles.

### 5.2.1 Beneficio de la propuesta de gestión de la producción y desperdicios

**Tabla N° 27. Beneficio de la propuesta de gestión de la producción**

CR	CAUSA RAÍZ	INDICADOR	FÓRMULA	PÉRDIDA ACTUAL	PÉRDIDA MEJORADA	BENEFICIO
CRP1	Falta de un diseño ergonómico del puesto del Trabajo	Absentismo por problemas salud laboral	$\frac{\text{Horas de descanso médico}}{\text{Horas totales de trabajo}} \times 100$	S/35 167,35	S/13 691,82	S/21 475,53
CRP2	Falta de método para el cambio de formatos	OEE	$OEE = \frac{TO}{TD} \times \frac{PR}{PP} \times \frac{PC}{PR}$			
CRP4	Excesivo material para reprocesos (barrido) y scrap	Cumplimiento de la secuencia de fabricación	$\frac{\text{N° de piezas producidas para el mix}}{\text{N° de piezas reales}} \times 100$			
CRP4	Inexistencia de equipos de control y tecnología	Rendimiento de la máquina	$\frac{\text{N° de unidades producidas}}{\text{Capacidad Máxima}} \times 100$			
CRR11	Inexistencia de equipos e inadecuada distribución					

**Tabla N° 28. Beneficio de la propuesta de gestión de desperdicios**

CR	CAUSA RAÍZ	INDICADOR	FÓRMULA	PÉRDIDA ACTUAL	PÉRDIDA MEJORADA	BENEFICIO
CRP5	Falta de mantenimiento en las áreas de trabajo	Nivel de cumplimiento	$\frac{\text{N° alineamientos cumplidos}}{\text{N° de alineamientos totales}} \times 100$	S/43 493,74	S/19 507,71	S/23 986,03
CRR13	Falta de limpieza y ambientes inadecuados					
CRR10	Inadecuado llenado y pesado de insumos	% Desperdicios	$\frac{\text{Kg de barrido}}{\text{Kg de Insumos Utilizados}} \times 100$			
CRR14	Falta de métodos estandarizados para llenado y pesado	% Desperdicios	$\frac{\text{N° de bolsones observados}}{\text{Total de bolsones}} \times 100$			

## 5.3 Evaluación económica

A continuación se desarrolla el flujo de caja proyectado a 5 años de la propuesta de implementación. Se considera que en el presente año se realiza la inversión y a partir del próximo año se perciben los ingresos y egresos que genera la propuesta.

**Tabla N° 29. Requerimientos para la elaboración del flujo de caja**

Ingresos por la propuesta	Ahorros - Beneficios
Egresos por la propuesta	Costos operativos
	Depreciación
	Inversión inicial
Costo de oportunidad	14%
Horizonte de evaluación	5 años

Para poder determinar la rentabilidad de la propuesta, se ha realizado la evaluación a través de indicadores económicos: VAN, TIR, PRI y B/C. Se ha seleccionado una tasa de interés de 14% anual para los respectivos cálculos, determinando lo siguiente:

La tabla siguiente nos explica que se obtiene una ganancia al día de hoy con valor actual neto de S/. 53 084,90 y una tasa interna de retorno de 113%, así mismo el periodo de recuperación de la inversión es menor a 1 año.

**Tabla N° 30. Flujo de Caja**

	0	1	2	3	4	5
Ingresos		S/. 45 461,56	S/. 45 461,56	S/. 45 461,56	S/. 45 461,56	S/. 45 461,56
Personal		S/. 22 630,00	S/. 22 630,00	S/. 22 630,00	S/. 22 630,00	S/. 22 630,00
Depreciación		S/. 2 149,00	S/. 2 149,00	S/. 2 149,00	S/. 2 149,00	S/. 2 149,00
Inversión	S/. 17 920,00					
Egresos	S/. 17 920,00	S/. 24 779,00	S/. 24 779,00	S/. 24 779,00	S/. 24 779,00	S/. 24 779,00
Flujo Efectivo	-S/. 17 920,00	S/. 20 682,56	S/. 20 682,56	S/. 20 682,56	S/. 20 682,56	S/. 20 682,56

**Tabla N° 31. VAN, TIR, PRI y B/C**

VAN =	S/. 53 084,90
TIR =	113%
PRI =	9,5 meses
B/C =	S/. 2,20

La tabla anterior nos muestra que el valor del B/C es de 2,20 lo que significa que la empresa por cada sol invertido, obtendrá un beneficio de 01 sol con 20 centavos.

# **CAPÍTULO 6**

# **RESULTADOS Y**

# **DISCUSIÓN**

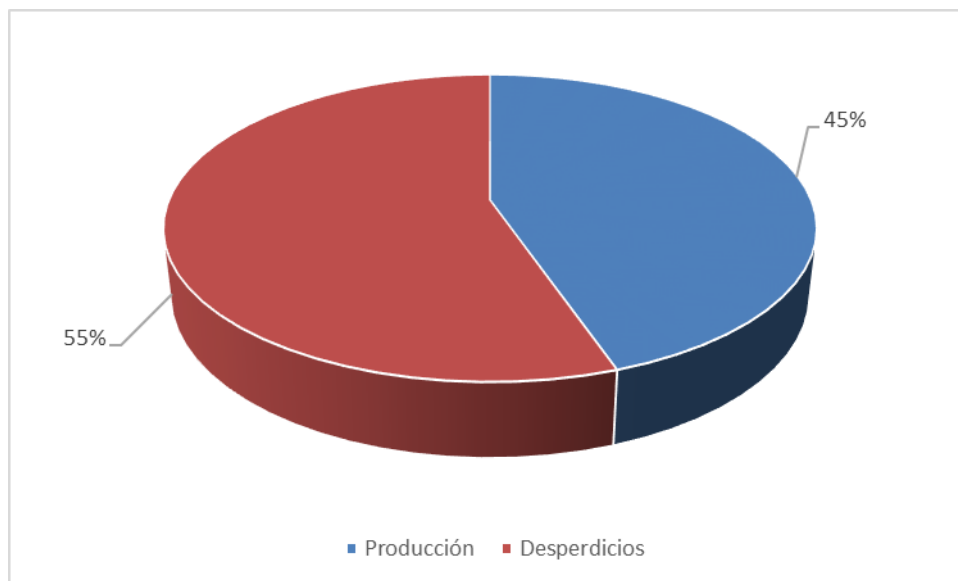
## 6.1. Resultados

A continuación se presentan los resultados de las dos 2 áreas involucradas en la propuesta de mejora tienen un costo perdido actual que se detalla en la Tabla N°30, presentada a continuación. En el mismo, se encuentra el costo perdido meta y el beneficio que implica la inversión realizada en las áreas respectivas. Asimismo en la tabla N°31, se muestra este mismo detalle pero en forma porcentual.

**Tabla N° 32. Resumen de costos perdidos actuales y beneficio de las propuestas**

ÁREA	PÉRDIDA ACTUAL	PÉRDIDA MEJORADA	BENEFICIO
Producción	S/.35 167,35	S/.13 691,82	S/.21 475,53
Desperdicios	S/.43 493,74	S/.19 507,71	S/.23 986,03
<b>Total</b>	<b>S/.78 661,09</b>	<b>S/.33 199,53</b>	<b>S/.45 461,56</b>

**Figura 11. Porcentaje por área del costo perdido total**



Asimismo, se adjunta el beneficio de la propuesta por área. En el área de Producción se tiene un 61% y en el área de desperdicio un 55%

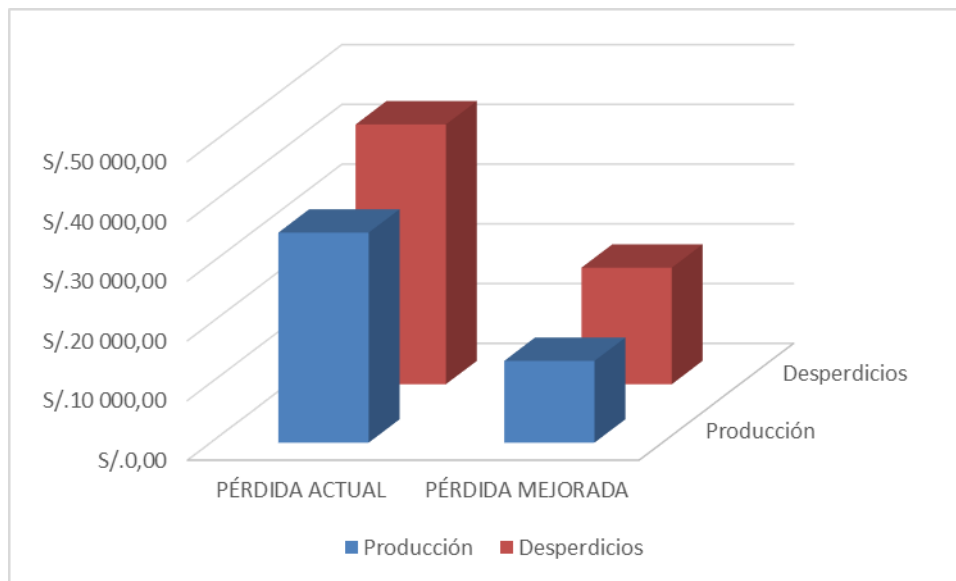


**Tabla N° 33. Participación de costos perdidos actuales y beneficio de las propuestas**

ÁREA	PÉRDIDA ACTUAL	PÉRDIDA MEJORADA	BENEFICIO
Producción	45%	39%	61%
Desperdicios	55%	45%	55%
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>42%</b>	<b>58%</b>

Finalmente se presenta un diagrama comparativo de costos perdidos antes y después de la propuesta de gestión de la producción y de desperdicios.

**Figura N° 12. Comparación por áreas de costos perdidos antes y después de las propuestas**



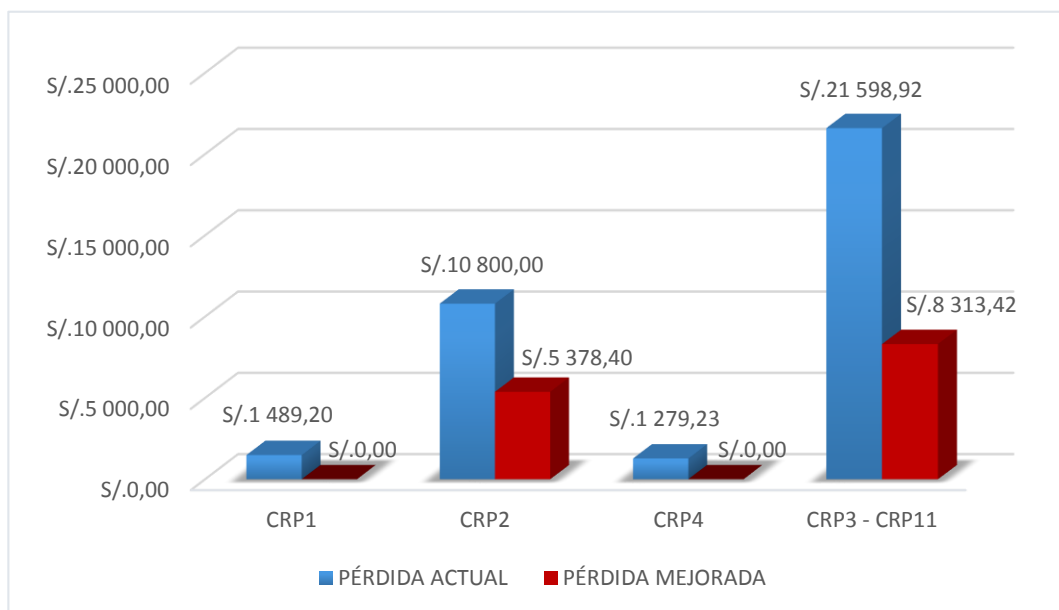
Con las tablas anteriores se evidencia claramente la disminución de costos perdidos y el cual nos permite afirmar que la propuesta de gestión de la producción y de desperdicios, funcionarán adecuadamente y se obtendrán beneficios para la empresa.

## 6.2. Discusión

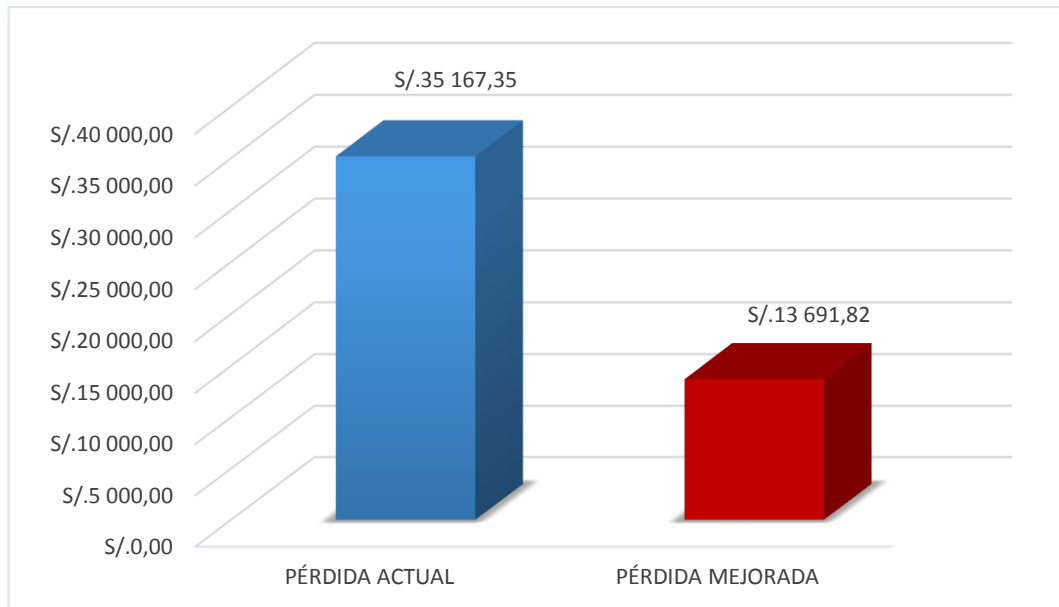
### 6.2.1. Propuesta de gestión de producción

En la siguiente Figura N°9 podemos apreciar los valores actuales y meta de cada una de las causas raíces que tienen como herramientas de mejora: diseño del puesto de trabajo, de la causa raíz N°1: Donde un inadecuado puesto de trabajo origina un ausentismo por dolencias musculares, tiene un valor actual de S/. 1 489,20 y con la herramienta se logra llegar a S/. 0,00. También se puede apreciar en las causas N° 2; 4; 3 y 11 en las cuales la herramienta de Lean Manufacturing ayuda significativamente en el incremento de los indicadores para el beneficio de la empresa.

**Figura N° 13. Comparación por causa raíz de costos perdidos antes y después de las propuestas**



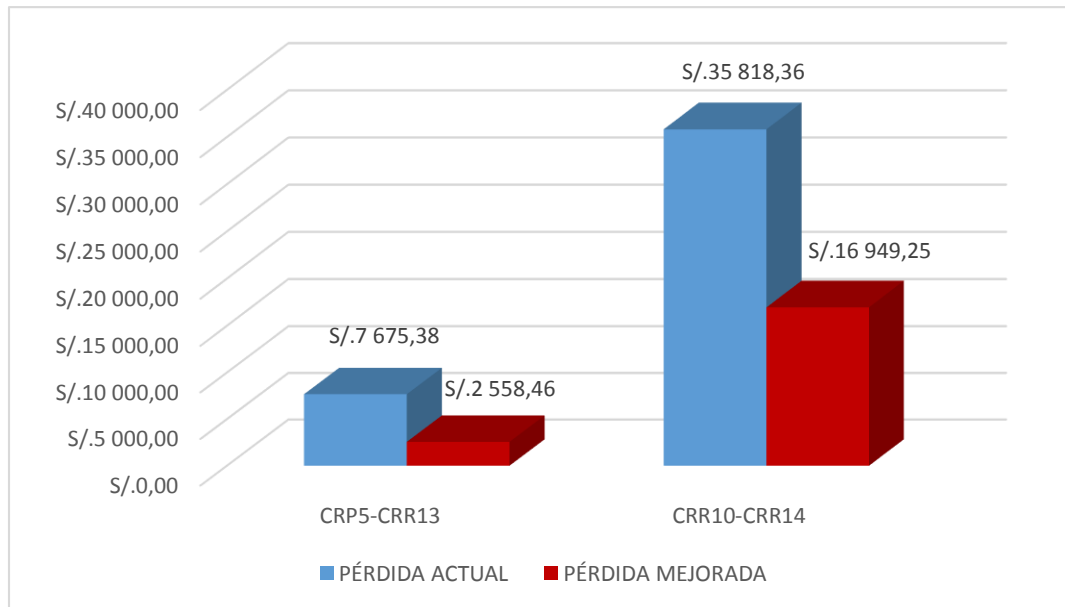
**Figura N° 14. Comparación de costos perdidos antes y después de las propuestas**



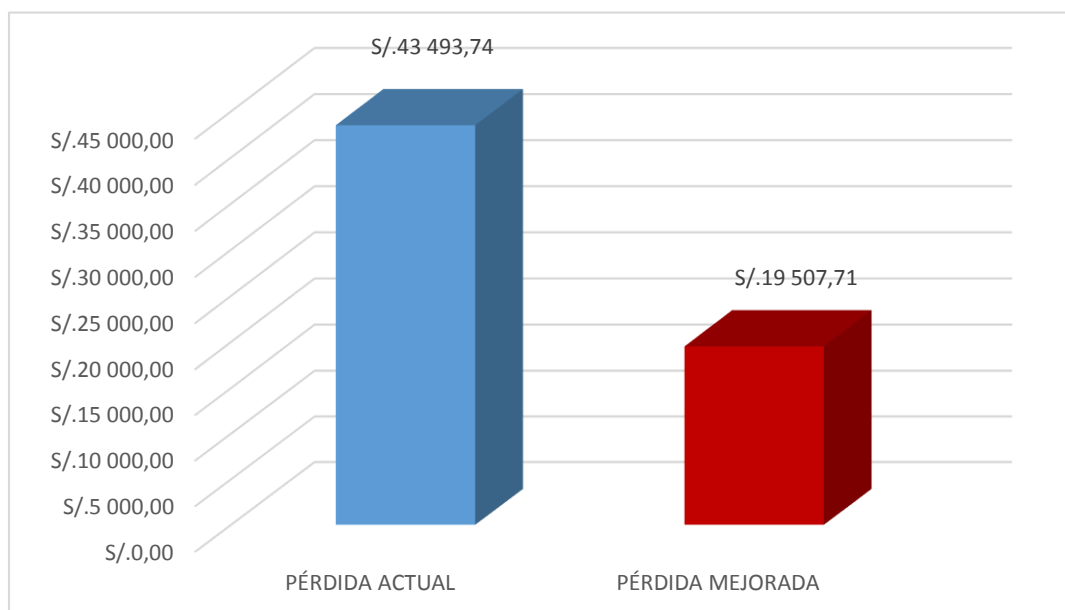
### 6.2.2. Propuesta de gestión de desperdicios

La figura N°11 nos muestra los valores actuales de las causas raíces que tienen como herramienta de mejora las 5S y mejora de métodos, como se puede ver existen 2 causas CRP5 y CRR13 que tienen un valor actual de S/. 7 675,38 que con el desarrollo de la propuesta estos valores ascienden a S/. 2 558,46. Del mismo modo las causas N° 10 y 14; de tener actualmente S/. 35 818,36 llegan a S/. 16 949,25; evidenciando el beneficio de esta propuesta para la empresa.

**Figura N° 15. Comparación por causa raíz de costos perdidos antes y después de las propuestas**



**Figura N° 16. Comparación de costos perdidos antes y después de las propuestas**



La propuesta de gestión de desperdicios permite la reducción de Scrap y materiales pues el registro controlado de los materiales que se manipulan en el proceso evitara su desperdicio. Es así que podemos demostrar con las Figura N°12 el beneficio de esta propuesta, en donde el costo actual es de S/. 43 493,74 mientras que el costo mejorado sería de S/. 19 507,74 maximizando así los recursos económicos de la empresa.

# **CAPÍTULO 7**

# **CONCLUSIONES Y**

# **RECOMENDACIONES**

## 7.1. Conclusiones

- La propuesta de gestión de la producción dieron un impacto positivo en la empresa de Tubos de Plástico de PVC.
- Son 9 causas raíz que estás ocasionando sobrecostos en la empresa de Tubos de Plástico de PVC a la que hace referencia este trabajo aplicativo. Cinco de ellas se encuentran en el área de Producción – Mezclado y 4 en el área de Producción – Extrusión.
- Con la propuesta de gestión de producción, se pasó de tener un sobrecosto de S/. 35 167,35 anual, a tener un costo mejorado de S/. 13 691,42; obteniendo un ahorro de S/. 21 475,53 anual.
- Con la propuesta de gestión de desperdicios, se pasó de tener un sobrecosto de S/. 43 493,74 anual, a tener un costo mejorado de S/. 19 507,71; obteniendo un ahorro de S/. 23 986,03 anual.
- Se evaluó la propuesta de implementación a través del VAN, TIR y B/C, obteniendo valores de S/. 53 084,90; 113% y 2,20 para cada indicador respectivamente. Lo cual concluye que esta propuesta es factible y rentable para la empresa de Tubos de Plástico de PVC.

## 7.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar las inversiones respectivas en cada una de las áreas de este trabajo aplicativo: Producción Mezclado y Producción Extrusión con la finalidad de lograr la disminución de costos perdidos actualmente.
- Se recomienda iniciar la implementación con la herramienta de las 5S para que de paso a las posteriores, permitiendo el flujo correcto de procesos.
- Es de mucha prioridad la implementación del Manual de procesos en la empresa para la óptima utilización de los materiales, como también para su control y producto terminado, evitando así los scrap, barridos, etc.
- Se recomienda el uso de los formatos planteados para validación de los procesos de 5 S que se llevan a cabo en el mezclado.
- Como apoyo a las propuestas, se recomienda el seguimiento constante de las herramientas, para que los trabajadores se involucren en las áreas analizadas, con la finalidad de que realicen sus labores responsablemente.



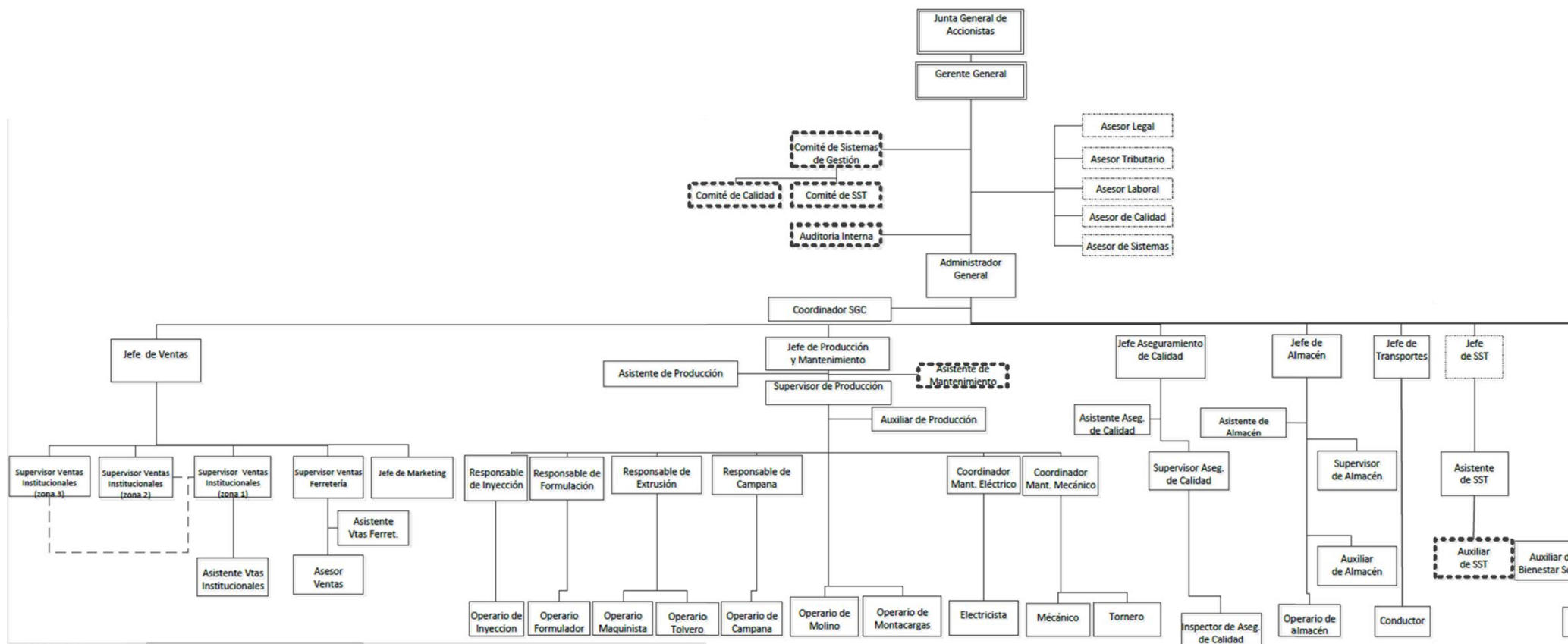
## BIBLIOGRAFÍA

- Abril, D. (2013). Propuesta del sistema Lean Manufacturing en la fabricación de gabinetes para refrigeradoras en la empresa Induram-Induglob S.A. (Tesis de Licenciatura). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Alducin, J. (2015). Diseño de una línea de ensamble para una empresa de la industria automotriz. (Tesis de Maestría). Instituto Politécnico Nacional, México D.F., México.
- Baluis, C. (2013). Optimización de procesos en la fabricación de termas eléctricas utilizando herramientas de Lean Manufacturing. (Tesis de Licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Bravo, D. (2008). Diseño de un plan de mejoras en la industria de plástico aplicando técnicas de manufactura esbelta. (Tesis de Licenciatura). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Cabrera, R. 2014. TPS Americanizado: Manual de Manufactura Esbelta. Madrid: Editorial Academia Española.
- Chase, R., Aquilano, N. & Jacobs, F. (2005). Administración de producción y operaciones. México: Mac Graw Hill.
- Cuatrecasas, L. (2012). Organización de la producción y dirección de operaciones. Sistemas actuales de gestión eficiente y competitiva. Madrid: Díaz de Santos.
- Gacharná, V. & González, D. (2013). Propuesta de mejoramiento del sistema productivo en la empresa de confecciones Mercy empleando herramientas de Lean Manufacturing. (Tesis de Licenciatura) Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Gonzales, M. (2006). Gestión de la producción. Cómo planificar y controlar la producción industrial. Madrid: Ideaspropias.
- Guajardo, M. (1998). Administración de la calidad total. México: PAX SA.
- Gutiérrez, M. (2004). Administrar para la calidad. Conceptos administrativos del control total de calidad. México: Limusa.
- Hay, E. 2002. Justo a tiempo. La técnica japonesa que genera mayor ventaja competitiva. Bogota: Grupo Editorial Norma.
- Hernández, J. 2013. Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implementación. Madrid: Fundación EOI.
- Imai, M. 2001. Kaizen. La Clave de la Ventaja Competitiva Japonesa. Mexico: Compañía Editorial Continental.

- Krajewski, L., Ritzman, L. & Malhotra, M. (2008). Administración de operaciones. Procesos y Cadenas de Valor. México: Pearson Educación.
- Peralta, E. & Rocha, A. (2015). Propuesta de implementación del modelo de gestión Lean Manufacturing en la empresa AJOVER S.A. (Tesis de Licenciatura). Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias, Colombia.
- Rojas, S. (2015). Propuesta de un sistema de mejora continua, en el proceso de producción de productos de plástico doméstico aplicando la metodología PHVA. (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Martín de Porras, Lima, Perú.
- Salazar, F. (2011). Propuesta de mejora del proceso de producción de carpetas vinílicas en una empresa productora de plásticos aplicando la metodología Lean Manufacturing. (Tesis de Licenciatura). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Shingo, S. (1997). Una revolución en la Producción: el sistema SMED. Cambridge: Productivity Press Cambridge.
- Villaseñor, A. 2009. Manual de Lean Manufacturing Guía básica. Mexico: Limusa.
- Womack, J. y Jones, D. 1996. Lean Thinking: Banish Waste and Create a Wealth in your Corporation. Free Press.

## ANEXOS

### Anexo 1. Organigrama de la empresa de Tubos de Plástico de PVC



## Anexo N°02 Procedimientos de Mezclado

### 1. OBJETIVO

Establecer los lineamientos para realizar la preparación de material compuesto que se usará en la extrusión de tuberías de PVC-U.

### 2. RESPONSABILIDADES

- 2.1. Jefe de Producción: Encargado de orientar, organizar, planificar, disponer las actividades de Producción como parte de la política de trabajo de la empresa de Tubos.
- 2.2. Supervisor de Producción: Coordina de manera diaria con el Jefe de Producción los compuestos a elaborarse de acuerdo al Programa de Producción y realiza balance de materiales.
- 2.3. Responsable de Formulación: Encargado de inventariar, distribuir y custodiar los insumos que se encuentran en el área de formulación hasta su consumo final.
- 2.4. Operario Formulator: Encargado de realizar el pesado de resina así como la manipulación de la mezcladora para la elaboración de compuesto.

### 3. DESARROLLO

#### 3.1. Mezclado

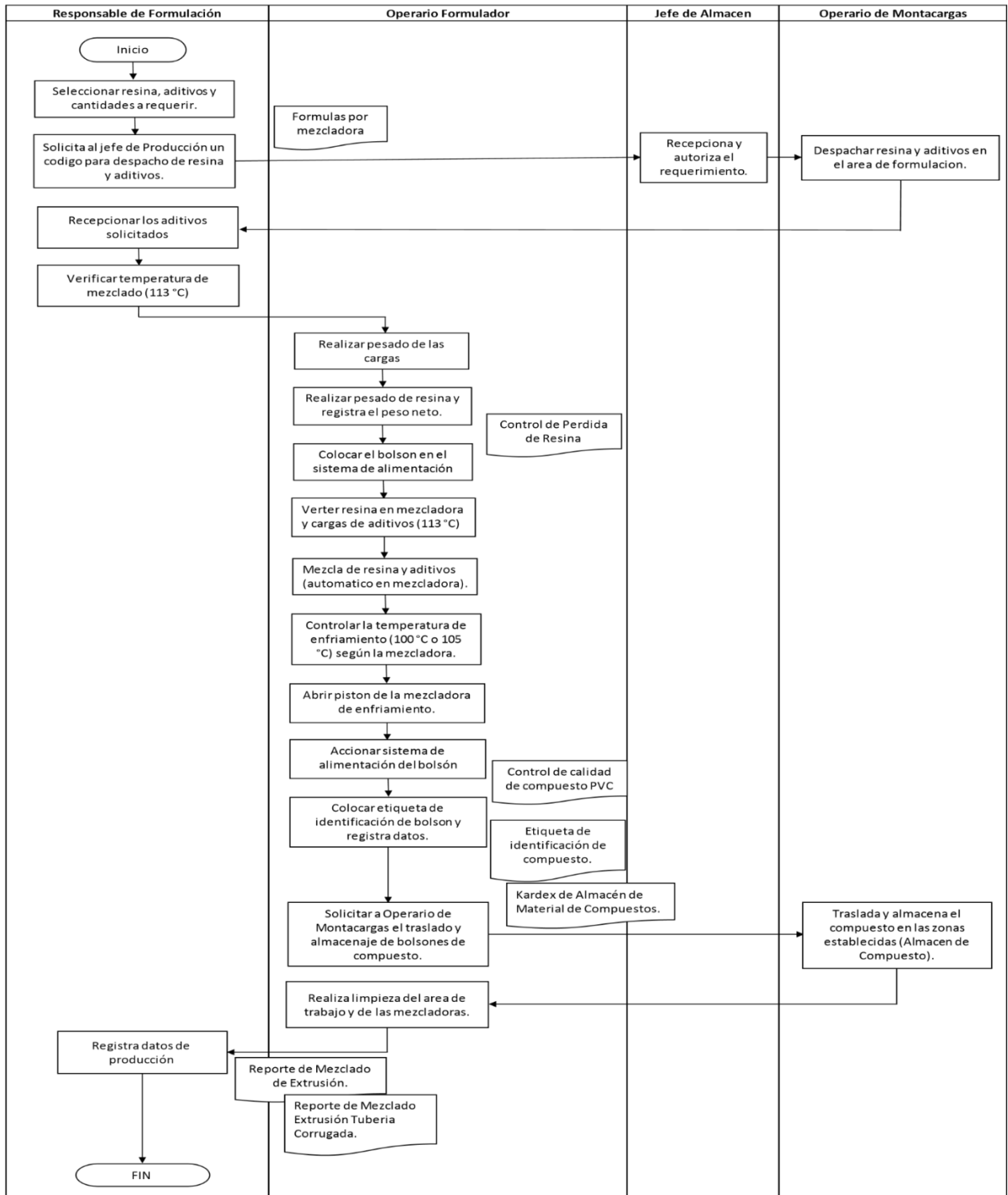
- 3.1.1. El Responsable de Formulación de acuerdo al compuesto a elaborar y mezcladora a utilizar, debe seleccionar los aditivos y sus cantidades a requerir de acuerdo al documento Formulas por Mezcladora.
- 3.1.2. Solicitar al Jefe de Producción los aditivos necesarios para la formulación de compuestos, otorgándole un código generado por el SAP Business One para posteriormente acercarse al almacén para el respectivo despacho.
- 3.1.3. Recepcionar del Operario de Montacargas los aditivos solicitados, firmando la requisición como evidencia de la recepción.
- 3.1.4. Programar y verificar en el tablero de control de la mezcladora que la temperatura de mezclado sea de 113 °C.
- 3.1.5. El Operario Formulator debe realizar el pesado de las cargas en la balanza de formulación de acuerdo a las Formulas por Mezcladora y el compuesto a elaborar.
- 3.1.6. Realizar el pesado de la resina, registrando el peso neto en el formato de Control de Pérdida de Resina.
- 3.1.7. Colocar el bolsón de recepción de compuesto en el sistema de alimentación de bolsón.
- 3.1.8. Verter la resina en la mezcladora a una temperatura de 113 °C y seguidamente adicionar las cargas de los aditivos pesados.

- 3.1.9. Se realiza la mezcla de la resina y aditivos y al llegar a la temperatura de mezclado de 113° C, el compuesto se descarga automáticamente a la mezcladora de enfriamiento y se inicia la etapa de enfriamiento.
- 3.1.10. Controlar la etapa de enfriamiento, cuando el pirómetro marque la temperatura de 100° C o 105°C, según la mezcladora, abrir el pistón de la olla de enfriamiento y el compuesto pasa a la tolva.
- 3.1.11. Recepcionado el compuesto en la tolva, accionar el sistema de alimentación de bolsón, recibiendo el compuesto en el bolsón colocado.
- 3.1.12. El responsable de formulación llena el formato Control de calidad de compuesto de PVC, en donde registra la temperatura de mezcla, tiempo de enfriamiento, el aspecto de compuesto y algunas observaciones de ser necesario, esta actividad se puede realizar en el transcurso de cada turno.
- 3.1.13. Colocar la Etiqueta de Identificación de Compuesto, E-PR-RE-06 del bolsón y llenar el Kardex de Almacén de Material Compuesto. La etiqueta de identificación del bolsón debe indicar el nombre del compuesto, nombre de resina, N° de formuladora, fecha, turno, operador formulador responsable y hora.
- 3.1.14. Solicitar al Operario de Montacargas el traslado y almacenaje de los bolsones con el compuesto en las zonas establecidas por tipo de compuesto (Almacén de Compuesto).
- 3.1.15. Realizar la limpieza del área de trabajo y de las mezcladoras de calentamiento y enfriamiento.
- 3.1.16. Al finalizar el turno, el Responsable de Formulación debe llenar el formato Reporte de Mezclado Extrusión, y/o Reporte de Mezclado Extrusión – Tubería Corrugada, las cargas producidas, el nombre del operario formulador, fecha y turno.

### **3.2. Tratamiento del Scrap**

- 3.2.1. Realizada la limpieza, recoger el Scrap con unos cucharones, zarandear para quitar los desechos y luego verterlo a un bolsón.
- 3.2.2. Colocar la etiqueta de identificación del bolsón, indicando el nombre de compuesto y lo almacenan en el área de formulación durante el mes.
- 3.2.3. De manera mensual, solicita al Operario de Montacargas el traslado y almacenaje de los bolsones con scrap en el Almacén de Planta.
- 3.2.4. Registrar de manera mensual el Inventario de Materia Prima y Mezclado.

### 3.3. diagrama de Flujo – Instructivo de Mezclado



## Anexo N°03 Procedimientos de Acampanado y Roscado

### 1. OBJETIVO

Establecer los lineamientos para realizar el acampanado y roscado a las tuberías de PVC-U y CPVC.

### 2. RESPONSABILIDADES

- 2.1. Jefe de Producción y Mantenimiento: Encargado de orientar, organizar, planificar, disponer las actividades de Producción como parte de la política de trabajo de la empresa de tubos.
- 2.2. Supervisor de Producción: Encargado de cumplir con los programas, actividades y procesos productivos a fin de garantizar una óptima productividad, desarrollo y capacidad de producción.
- 2.3. Responsable de Campana: Encargado de liderar la operación de acampanado.
- 2.4. Operario de Campana: Encargado de cumplir con el acabado final de la tubería formándole la campana y/o rosca.

### 3. DESARROLLO

#### 3.1. Acampanado

- 3.1.1. El Operario de Campana recibe del área de extrusión las tuberías para ser acampanadas (tipo UF unión flexible y/o SP simple presión) y biseladas
- 3.1.2. Colocar el mandril en la acampanadora según el diámetro de la tubería y tipo de campana que se va a producir.
- 3.1.3. Setear el horno de acuerdo a los valores de la siguiente tabla, los cuales nos servirán como guía para el arranque de producción:

	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L1
Tº Interna /	N	N	18º	25º -	18º -		22v		22v	
Tº	28º -	16º -	20º -	300 -	200 -	360 -	15º -	15º -		25º -
Potencióme	N	N	N							

- 3.1.4. Una vez iniciada la producción, el primer tubo que sale de la cortadora, pasa automáticamente al "horno", en donde una de sus puntas va siendo calentada hasta la temperatura seteada y la otra va siendo biselada manualmente con un cepillo eléctrico.
- 3.1.5. Proceder a "palpar" la punta que se calentó, para ver si está suave o no (se hunde con facilidad); si no es así, proceder a calentar un poco más hasta conseguir una buena plasticidad.

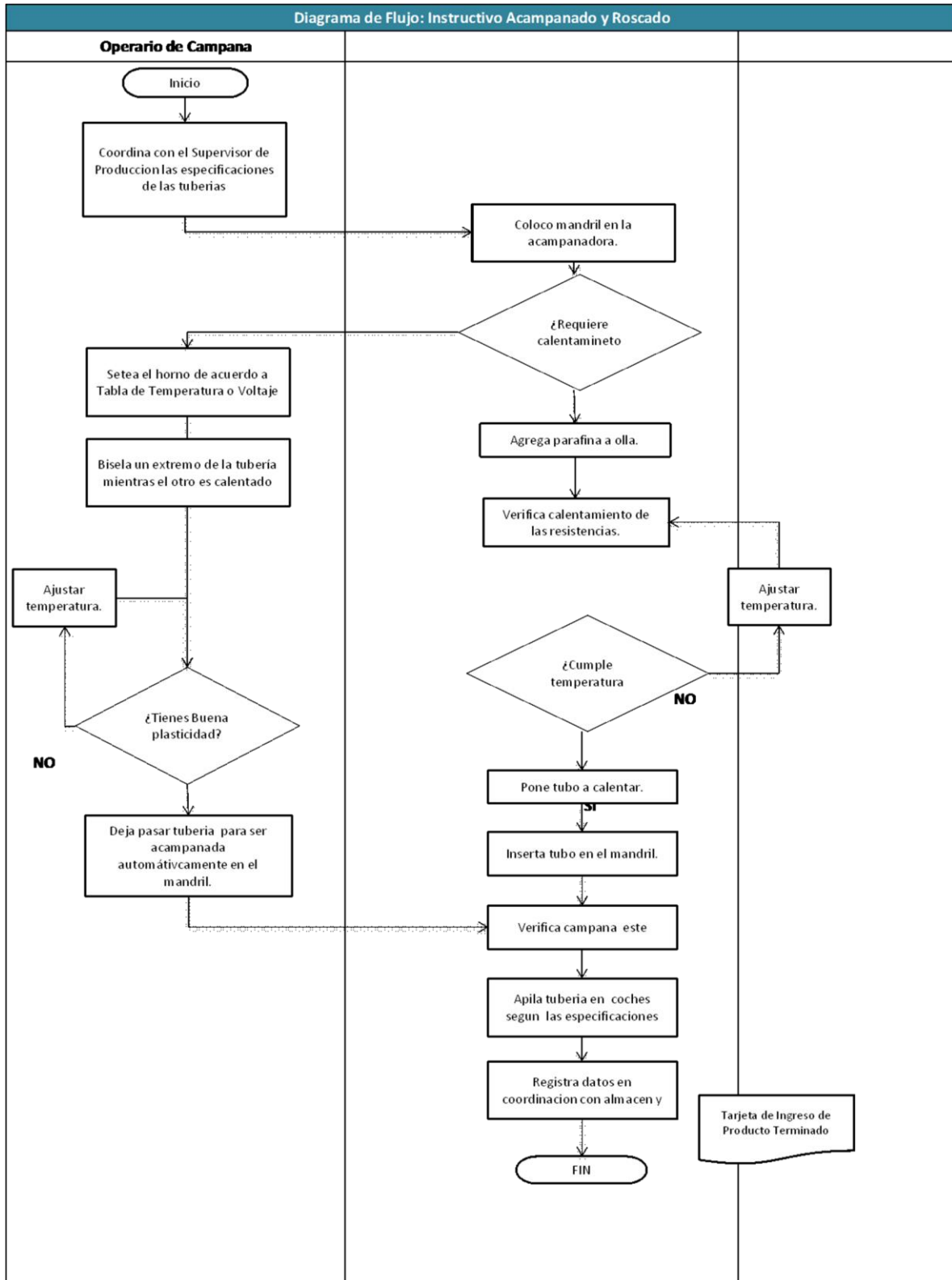


- 3.1.6. Una vez conseguida la temperatura ideal, el extremo del tubo se introduce en el mandril en donde pasa a ser “acampanada”; mientras tanto es enfriada con aire o agua (dependiendo de la línea), se debe cuidar que al momento de “salir” la tubería, ésta no se encoja; si es así proceder a dar más tiempo al enfriado; y empezar nuevamente el ciclo con las tuberías siguientes.
- 3.1.7. Una vez formada y enfriada la campana, la máquina procede a dar salida al tubo.
- 3.1.8. Revisar de manera visual el acabado, superficie interna y externa de la campana que esté libre de residuos.
- 3.1.9. Apilar la tubería en los coches de almacenamiento de producto terminado dependiendo del diámetro y el espesor.
- 3.1.10. Terminada la producción, llena en coordinación con calidad y almacén la Tarjeta de ingreso de Producto Terminado Extrusión a Almacén.  
En caso el acampanado se requiera realizar por medio de ablandamiento con parafina se sigue los siguientes pasos:
  - 3.1.11. Agrega parafina líquida a la olla de calentamiento, se enciende resistencias y se inicia el calentamiento de la parafina líquida.
  - 3.1.12. Verifica el calentamiento de resistencias a través de un pirómetro (se controla que las temperaturas de trabajo se encuentren entre 170°-195° C).
  - 3.1.13. Toma la tubería del área de extrusión y procede al calentamiento del extremo a acampanar hasta que se ablande.
  - 3.1.14. Inserta el extremo del tubo ablandado en el mandril.
  - 3.1.15. Verifica que la campana este totalmente formada y procede al enfriamiento con agua.
  - 3.1.16. Dependiendo del diámetro y el espesor de la tubería procede al almacenaje y apilamiento en los coches de almacenamiento de producto terminado.

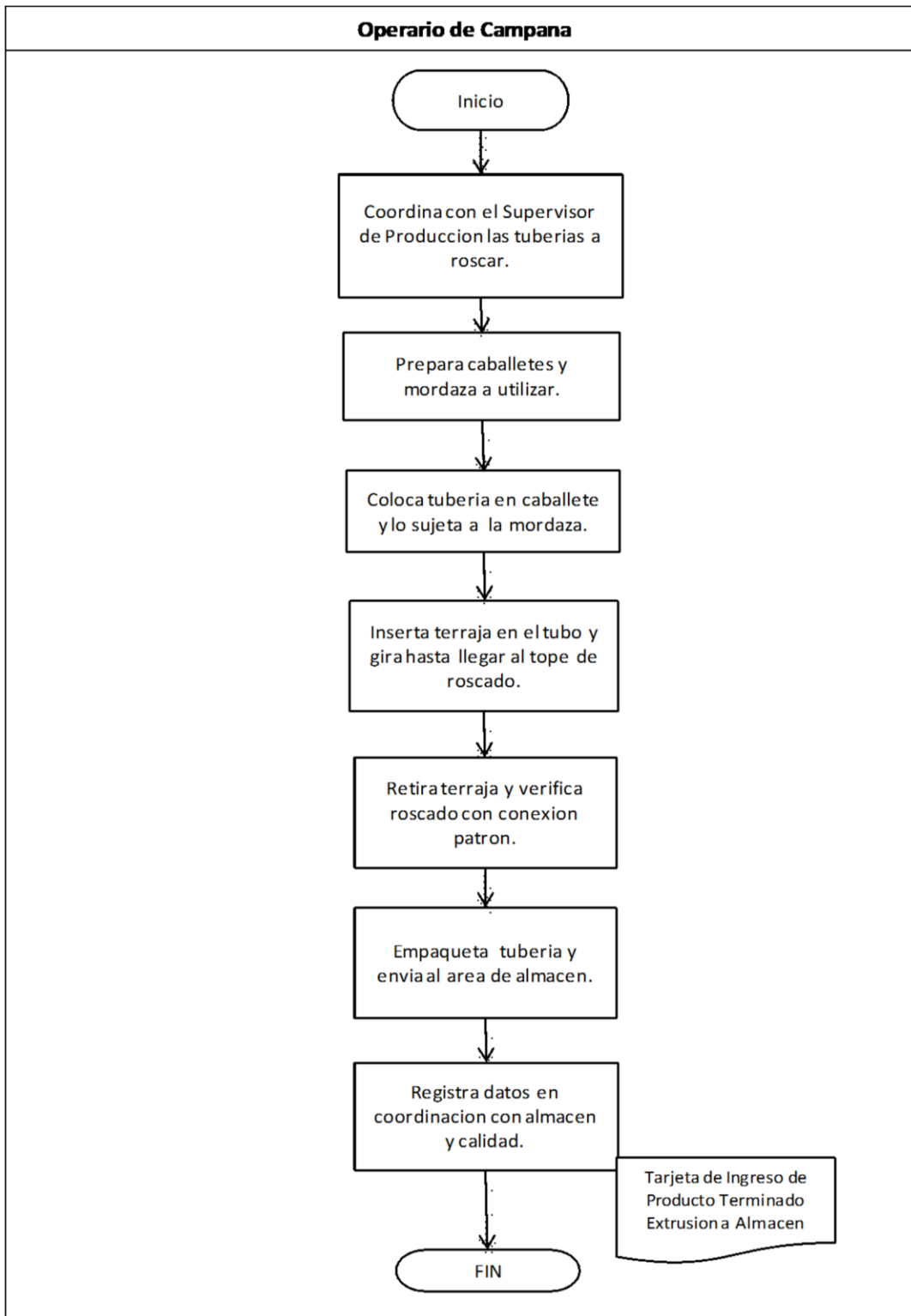
### **3.2. Roscado**

- 3.2.1. El Operario de Campana recibe de extrusión la tubería a roscar.
- 3.2.2. Prepara caballetes y mordaza a utilizar, y procede a prensar el tubo.
- 3.2.3. Coloca tubería en caballete y se sujeta al dispositivo de agarre (mordaza).
- 3.2.4. Inserta terraja en el tubo a roscar y gira la terraja hasta llegar al tope de roscado.
- 3.2.5. Retira terraja del tubo y verifica roscado con conexión patrón.
- 3.2.6. Se repite actividad con extremo de la tubería que falta roscar.
- 3.2.7. Empaqueta y se envía al área de almacén. Luego llena en coordinación con calidad y almacén la Tarjeta de Ingreso de Producto Terminado Extrusión a Almacén.
- 3.2.8. Realiza orden y limpieza en el área de trabajo

### **3.3. Diagrama de Fuljo – Acampanado**



### 3.4. Diagrama de Fuljo – Roscado



#### **Anexo N°4 Plataforma de Madera**



### Anexo N°5. Área de mezclado



1. Tolva de Alimentación.
2. Olla de Calentamiento (Dur 7 min).
3. Olla de Enfriamiento
4. Tolva de Recepción
5. Bolsón a llenar (Se alimenta de un tornillo)

**Anexo N°6. Gráfico de Distribución de Planta Actual y Propuesta**

