

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DEL PERÚ**

Escuela de Posgrado



**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO
PRODUCTIVO DE FABRICACIÓN DE POSTES DE CONCRETO
ARMADO, USANDO HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA
ESBELTA.**

Tesis para obtener el grado de Magíster en Ingeniería Industrial con
mención en Gestión de Operaciones que presenta:

Yamileth Alvelinda Román Torres

Asesor:

Mg. Wilmer Jhonny Atoche Díaz

Lima, 2022

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo principal presentar propuesta de mejora del proceso productivo de fabricación de postes de concreto armado aplicado al área de Producción, en la que se proponen implementar herramientas de Manufactura Esbelta que nos ayudaran a eliminar desperdicios y mejorar dichos procesos.

Para este caso y en particular se eligió al área de Producción de una empresa que tiene como principal operación, la fabricación de Postes de alumbrado público, los cuales tienen medidas bastante variadas desde 4 metros hasta los 18 metros y consecuentemente uno de los principales procesos es el secado.

Así, en la primera parte describimos el marco teórico y las distintas herramientas de manufactura esbelta esto nos permitirá seleccionar y proponer cual y en qué área del proceso productivo poder aplicarla.

Luego, realizamos una descripción del sector, la empresa, los procesos principales, definimos y estudiamos el área de producción para encontrar las oportunidades de mejora y aplicación de las herramientas (5S, TPM, Jidoka) de Manufactura Esbelta.

Posteriormente se presenta la evaluación económica donde se cuantifica los costos, impactos financieros y no financieros de la propuesta de implementación de herramientas de Manufactura Esbelta en la mencionada área de proceso, obteniendo opciones de implementación independiente por herramientas favorables, sin embargo, el ideal es implementar las 3 herramientas de manufactura esbelta que tiene los mejores valores de VPN (768,431), TIR (191%) y B/C (4.31).

Palabras Claves: Herramientas de Manufactura Esbelta, Desperdicios, 5S, TPM, Jidoka.

ABSTRACT

The main objective of this work is to present a proposal to improve the production process for the manufacture of reinforced concrete poles applied to the Production area, in which it is proposed to implement Lean Manufacturing tools that will help us eliminate waste and improve said processes.

For this case and in particular, the Production area of a company was chosen whose main operation is the manufacture of public lighting poles, which have quite varied measures from 4 meters to 18 meters and consequently one of the main processes is drying.

Thus, in the first part we describe the theoretical framework and the different tools of Lean Manufacturing or Lean Manufacturing, this will allow us to select and propose which and in which area of the production process to apply it.

Then, we make a description of the sector, the company, the main processes, define and study the production area to find opportunities for improvement and application (5S, TPM, Jidoka) of Lean Manufacturing tools.

Subsequently, the economic evaluation is presented where the costs, financial and non-financial impacts of the proposal for the implementation of Lean Manufacturing tools in the process area are quantified, obtaining independent implementation options for favorable tools, however, the ideal is to implement the 3 Lean tools that have the best NPV (768,431), IRR (191%) and B / C (4.31) values.

Keywords: Lean Manufacturing, Lean Manufacturing Tools, Waste, 5S, TPM, Jidoka.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por brindarme fuerzas, guiarme.

A mis padres Lucio y Frecia por sus enseñanzas y apoyo constante.

A mis hermanas Ciabeli y Alirya por su apoyo en todo este tiempo.

A mi esposo Daniel e hija Danna por su paciencia y fuerza.

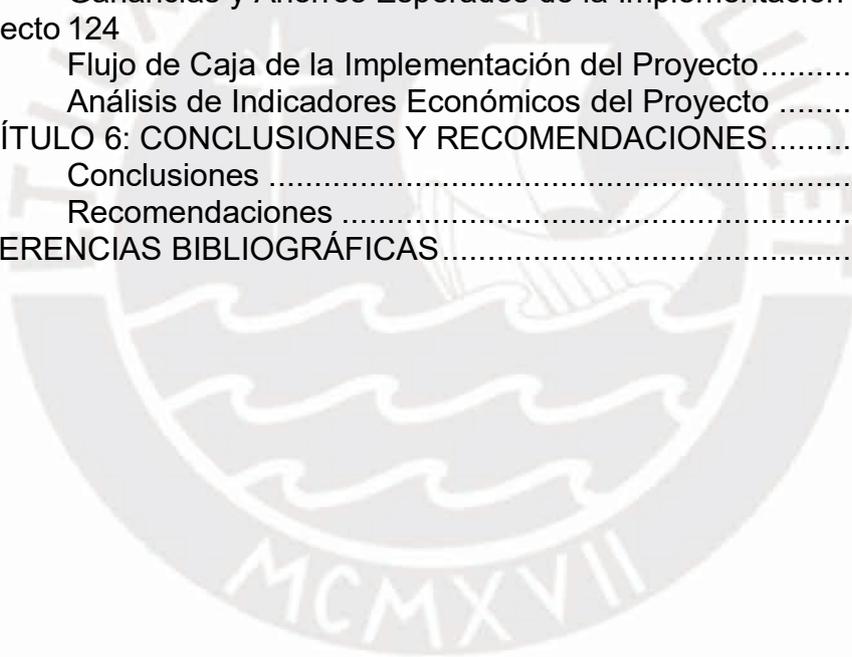
A mis profesores y todos quienes con sus enseñanzas y observaciones forjaron y aportaron en mi desarrollo profesional y personal.

A todos muchas y eternamente gracias.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO	3
1.1. Estudio de Casos	3
1.2. Procesos	5
1.2.1. Tipos de Procesos	5
1.2.2. Indicadores de Procesos	7
1.2.3. Herramientas de Análisis de Procesos	8
1.2.4. Mejora de Procesos	11
1.2.5. Distribución en Planta	13
1.3. Manufactura Esbelta	14
1.3.1. Historia de la Manufactura Esbelta	14
1.3.2. Objetivos y Principios de Manufactura Esbelta	16
1.3.3. Desperdicios según la Manufactura esbelta	17
1.4. Herramientas de Manufactura Esbelta	18
1.4.1. Mapeo de Flujo de Valor (VSM)	20
1.4.2. Las 5S	23
1.4.3. Mantenimiento Productivo Total (TPM)	25
1.4.4. Jidoka	28
CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	30
2.1. Descripción General de la Empresa	30
2.2. Principios Organizacionales de la Empresa	31
2.3. Estructura Organizacional de la Empresa	31
2.4. Productos y Servicios de la Empresa	34
2.5. Entorno Especifico de la Empresa	36
2.6. Descripción de Procesos de la Empresa	36
2.6.1. Procesos de Producción	37
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL ..	45
3.1. Definición del Objeto de Estudio	45
3.1.1. Definición del Área de Interés	45
3.1.2. Definición del Producto de Interés	46
3.2. Descripción de la Situación Actual del Área de Producción	48
3.2.1. Diagrama de Análisis de Procesos Actual (DAP Actual)	48
3.2.2. Diagrama de Recorrido Actual (DR Actual)	50
3.2.3. Mapeo de Flujo de Valor Actual (VSM Actual)	52
3.3. Análisis de la Problemática del Área de Producción	71
3.3.1. Identificación de los Problemas	71
3.3.2. Identificación de la Causas de los Problemas Principales	75
3.3.3. Áreas de Producción Involucradas en las Causas Identificadas	80
3.4. Diagnóstico General del Área de Producción	86
3.4.1. Indicadores Principales de la línea base del Área de Producción ..	88
3.4.2. Selección de Herramientas de Manufactura Esbelta	90
CAPÍTULO 4: MODELO DE MEJORA	92
4.1. Generalidades para la Implementación de las Herramientas de Manufactura Esbelta	92
4.2. Propuesta de Implementación de la Herramienta 5S	97
4.2.1. Project Charter de Implementación de la Herramienta 5S	98
4.2.2. Cronograma de la Implementación de la Herramienta 5S	99

4.2.3.	Descripción de Actividades de la Implementación de la Herramienta 5S	100
4.3.	Propuesta de Implementación de la Herramienta TPM	102
4.3.1.	Project Charter de Implementación de la Herramienta TPM	102
4.3.2.	Cronograma de Implementación de la Herramienta TPM	103
4.3.3.	Descripción de Actividades de Implementación de la Herramienta TPM	104
4.4.	Propuesta de Implementación de la Herramienta Jidoka	106
4.4.1.	Project Charter de Implementación de la Herramienta Jidoka	106
4.4.2.	Cronograma de Implementación de la Herramienta Jidoka	107
4.4.3.	Descripción de Actividades de Implementación de la Herramienta Jidoka	108
4.5.	Beneficios Esperados de la Implementación de Herramientas de Manufactura Esbelta	109
4.5.1.	Impacto Esperado en la Problemática Identificada	110
4.5.2.	Mapeo de Flujo de Valor Futuro (VSM Futuro)	111
4.5.3.	Indicadores Esperados	115
CAPÍTULO 5: EVALUACIÓN ECONÓMICA		119
5.1.	Costos Esperados de la Implementación del Proyecto	119
5.2.	Ganancias y Ahorros Esperados de la Implementación del Proyecto	124
5.3.	Flujo de Caja de la Implementación del Proyecto	125
5.4.	Análisis de Indicadores Económicos del Proyecto	129
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		133
6.1.	Conclusiones	133
6.2.	Recomendaciones	136
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		137



ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Mapa de Procesos Convencional	7
Gráfica 2: Diagrama de Causa-Efecto	9
Gráfica 3: Diagrama Pareto	10
Gráfica 4: Histograma para grosor de discos	11
Gráfica 5: Casa del Sistema de Producción Toyota	19
Gráfica 6: Ejemplo de Mapeo de Flujo de Valor	21
Gráfica 7: Las 5S	23
Gráfica 8: Organigrama de la Empresa.....	32
Gráfica 9: Organigrama del Área de Producción.....	32
Gráfica 10: Mapa de Procesos de la Empresa	37
Gráfica 11: Distribución de la Planta de la Empresa	38
Gráfica 12: Diagrama de Operaciones del Proceso	39
Gráfica 13: Histórico de Demanda e Ingresos por Tipo de Productos (2015-2018)	46
Gráfica 14: Demanda Anual por Tamaño de Poste (2018).....	47
Gráfica 15: Productos Defectuosos vs Productos en Buen Estado - Producción Total (2018).....	48
Gráfica 16: Diagrama de Análisis de Procesos Actual del Material	49
Gráfica 17: Diagrama de recorrido de la Empresa	51
Gráfica 18: Mapeo de Flujo de Valor Actual del Poste de 9 mts.	68
Gráfica 19: Mapeo de Flujo de Valor Actual del Poste de 8.7 mts.....	69
Gráfica 20: Mapeo de Flujo de Valor Actual del Poste de 8 mts,	70
Gráfica 21: Productos Defectuosos vs Productos en Buen Estado - Producción de Postes 8, 8.7 y 9 mts (2018).....	72
Gráfica 22: Tiempo Total de Paradas vs Tiempo Total Efectivo (2018).....	73
Gráfica 23: Fuentes de las Paradas del Proceso Productivo (2018)	74
Gráfica 24: Porcentaje de Tiempo Innecesario por Área de Producción	75
Gráfica 25: Diagrama Causa-Efecto para Productos Defectuosos y Reprocesos	76
Gráfica 26: Diagrama Causa-Efecto para Esperas en el Proceso Productivo	77
Gráfica 27: Diagrama Causa-Efecto para Movimientos Innecesarios en los Puestos de Trabajo.....	78
Gráfica 28: Paradas en el Proceso Productivo ocasionadas por cada Área.84	
Gráfica 29: Ejemplo de un Plan de Implementación de las Herramientas de Manufactura Esbelta	92
Gráfica 30: Cronograma del Plan de Implementación de las Herramientas de Manufactura Esbelta	93
Gráfica 31: Cronograma General del Proyecto de Implementación de Herramientas de Manufactura Esbelta.....	94
Gráfica 32: Resumen del Análisis de la Problemática y Selección de las Herramientas de Manufactura Esbelta.....	97
Gráfica 33: Cronograma de la Implementación de la Herramienta 5S	99
Gráfica 34: Tarjeta Roja para Clasificar lo Innecesario	100
Gráfica 35: Registro de Auditoría de Cumplimiento de la 5S	101
Gráfica 36: Cronograma de la Implementación de la Herramienta TPM	103

Gráfica 37: Registro de Control Diario de Mantenimiento Autónomo de las Máquinas	105
Gráfica 38: Cronograma de la Implementación de la Herramienta Jidoka..	107
Gráfica 39: Mapeo de Flujo de Valor Fututo del Poste de 9 mts.	112
Gráfica 40: Mapeo de Flujo de Valor Fututo del Poste de 8.7 mts.	113
Gráfica 41: Mapeo de Flujo de Valor Fututo del Poste de 8 mts.	114
Gráfica 42: Impacto de la Implementación de Manufactura Esbelta en los Costos e Indicadores de Producción	117



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de Desperdicios de Manufactura Esbelta	17
Tabla 2: Pasos para Implementar el VSM.....	21
Tabla 3: Definición de las 5S	24
Tabla 4: Pilares del TPM.....	27
Tabla 5: Etapas de Autonomación (Jidoka)	29
Tabla 6: Productos y Servicios de la Empresa.....	34
Tabla 7: Entorno Específico de la Empresa	36
Tabla 8: Áreas de Producción de la Empresa	40
Tabla 9: Juicio de Expertos para Identificar Área de Interés	45
Tabla 10: Resumen del DAP del Material	50
Tabla 11: Cálculo del Tiempo Disponible por Día	53
Tabla 12: Cálculo del indicador Takt Time por Poste	53
Tabla 13: Información del Área de Secado Ambiental	54
Tabla 14: Información de Indicadores del Área de Secado Ambiental	55
Tabla 15: Información del Área de Resane	55
Tabla 16: Información de Indicadores del Área de Resane	56
Tabla 17: Información del Área de Secado a Vapor.....	56
Tabla 18: Información de Indicadores del Área de Secado a Vapor.....	58
Tabla 19: Información del Área de Centrifugado.....	58
Tabla 20: Información de Indicadores del Área de Centrifugado.....	59
Tabla 21: Información del Área de Vaciado	59
Tabla 22: Información de Indicadores del Área de Vaciado	61
Tabla 23: Información del Área de Mezclado	61
Tabla 24: Información de Indicadores del Área de Mezclado.....	63
Tabla 25: Información del Área de Soldadura	63
Tabla 26: Información de Indicadores del Área de Soldadura.....	65
Tabla 27: Información del Área de Arandelas	65
Tabla 28: Información de Indicadores del Área de Arandelas	66
Tabla 29: Juicio de Expertos para Identificar Problemas (Desperdicios).....	71
Tabla 30: Comparación de las Causas Principales de los Desperdicios	79
Tabla 31: Clasificación de las Causas Comunes	80
Tabla 32: Cuestionario a Expertos para Identificar las Áreas Involucradas en las Causas Comunes.....	81
Tabla 33: Identificación y Caracterización de las Máquinas de Producción ..	82
Tabla 34: Frecuencia de Falla y Tiempo Promedio de Parada por Máquina ..	82
Tabla 35: Resumen de Áreas Involucradas en las Causas Comunes Clasificadas	85
Tabla 36: Valores Actuales de los Desperdicios e Ineficiencias del Proceso.....	87
Tabla 37: Calculo de Indicadores de Área de Producción.....	89
Tabla 38: Línea Base de Indicadores de Área de Producción.....	89
Tabla 39: Elección de Herramientas de Manufactura Esbelta por cada Causa Común Clasificada.....	90
Tabla 40: Project Charter de la Implementación de la Herramienta 5S	98
Tabla 41: Project Charter de la Implementación de la Herramienta TPM... ..	102
Tabla 42: Project Charter de la Implementación de la Herramienta Jidoka ..	106
Tabla 43: Estimación de los Valores de Desperdicios del Proceso después de la Implementación de Herramientas de Manufactura Esbelta	110

Tabla 44: Estimación de los Valores de Ineficiencias del Proceso después de la Implementación de Herramientas de Manufactura Esbelta	110
Tabla 45: Detalle de la estimación de los Indicadores del área de Producción después de la Implementación de las herramientas de Manufactura Esbelta	116
Tabla 46: Estimación de los Indicadores del área de Producción después de la Implementación de las herramientas de Manufactura Esbelta	117
Tabla 47: Costos Generales del Proyecto.....	119
Tabla 48: Costos de Implementación de la Herramienta 5S	120
Tabla 49: Costos de Implementación de la Herramienta TPM	121
Tabla 50: Costos de Implementación de la Herramienta Jidoka	122
Tabla 51: Costos de las Opciones de Implementación de las Herramientas de Manufactura Esbelta	123
Tabla 52: Ingresos y Ahorros Esperados después de la Implementación de Herramientas de Manufactura Esbelta.....	124
Tabla 53: Costos de las Opciones de la Implementación del Proyecto en los Próximos 5 años	125
Tabla 54: Demanda Proyectada para los Próximos 5 años.....	126
Tabla 55: Ingresos Proyectados para los Próximos 5 años considerando las Opciones de Implementación de las Herramientas de Manufactura Esbelta	127
Tabla 56: Ganancias de las Opciones de la Implementación del Proyecto en los Próximos 5 años	127
Tabla 57: Flujo de Caja por cada Opción de Implementación de las Herramientas de Manufactura Esbelta.....	128
Tabla 58: Indicadores Esperados por la Implementación de la Herramienta 5S	129
Tabla 59: Indicadores Esperados por la Implementación de la Herramienta TPM.....	130
Tabla 60: Indicadores Esperados por la Implementación de la Herramienta Jidoka	131
Tabla 61: Indicadores Esperados por la Implementación de las 3 Herramientas	132

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la energía eléctrica es imprescindible para el desarrollo y crecimiento de todas las comunidades, ya que todas las actividades del ser humano requieren de la utilización de la electricidad. Una muestra de ello es que en el 2011, el 82.5% de hogares en el Perú cuentan con acceso al servicio de energía eléctrica mediante red pública, y para el 2018, aumentó a 92.9% (INEI, 2019).

Debido a la importancia que tiene la energía eléctrica es necesario conocer que hay productos que ayudan a que la energía llegue a los hogares, como son los postes de alumbrado público, que generalmente son demandados por las empresas que brindan los servicios de generación y distribución de energía eléctrica.

Los postes de concreto armado son los más utilizados actualmente en las sociedades, debido a que sus propiedades mecánicas y su mantenimiento con poca frecuencia, los convierten en los más competitivos entre otros postes de diferente material. La aparición de los postes de concreto dejó relegado a los postes de madera que fueron utilizados por muchos años, este cambio trajo consigo a empresas que se dedican al rubro de la fabricación de los postes de concreto y accesorios complementarios, compitan por ganar clientes potenciales a nivel nacional.

La empresa¹ en estudio, se dedica a la fabricación de postes de concreto armado desde el año 1996, contando con una gama de distintos tamaños solicitados por sus clientes, sin embargo, su crecimiento en el mercado y sus procedimientos de trabajo no estandarizados ha traído como consecuencia un aumento de sus sobrecostos en los procesos de producción.

El diagnóstico realizado a la empresa en estudio evidenció que existen muchos factores que generan gastos o costos innecesarios e ineficientes en el proceso de producción, entre los principales se tienen:

- Postes defectuosos por rajaduras e imperfecciones
- Reproceso entre áreas de producción, debido a la inexperiencia del personal y falta de procedimientos estándares de trabajo
- Uso de horas extras para el cumplimiento de la demanda del mercado

¹ Empresa: nombre con el cual se le denominará a la organización donde se realiza el estudio.

- Mermas excesivas de material en los procesos productivos
- Falta de mantenimiento y limpieza de las áreas de producción y maquinarias
- Postes que no pasan la prueba de rotura, con la cual se otorga la confianza al cliente de que los productos son de buena calidad

Todos los puntos mencionados en la problemática, son atendibles y solucionables con la aplicación de una metodología de manufactura esbelta, por ello, el presente trabajo tiene como objetivo el analizar y proponer mejoras al proceso productivo de fabricación de postes de concreto armado usando las herramientas de manufactura esbelta, con la finalidad de alcanzar una mayor efectividad en los procesos y mejorar la productividad de la Empresa dedicada a la fabricación de postes de concreto armado.

En el primer capítulo, se detallan los conceptos de la manufactura esbelta y una descripción de sus principales herramientas Lean, que permitirán reducir los desperdicios en los que incurre la Empresa.

Posteriormente, en el segundo capítulo, se realiza la descripción general de la Empresa, mostrando su organización, sus procesos, sus productos y su participación en el mercado. Asimismo, en el tercer capítulo se evidencia el estado actual de la empresa mostrando los principales desperdicios a eliminar o reducir al mínimo, como: productos defectuosos y reprocesos, esperas en el proceso, y movimientos innecesarios; para lo cual se proponen las herramientas VSM, 5S, TPM y Jidoka que hacen posible controlar y reducir los problemas identificados.

En el cuarto capítulo, se detalla la propuesta de mejora para la implementación de cada una de las herramientas de manufactura esbelta seleccionadas en el capítulo 3. Estas propuestas contienen un cronograma a detalle de los pasos necesarios para la implementación.

Finalmente, en el quinto capítulo, se evalúa la viabilidad económica de la implementación del proyecto de mejora, analizando los indicadores económicos o financieros: VPN, TIR y B/C; que se obtuvieron del presente trabajo de investigación y las recomendaciones que se deben tener en cuenta para la implementación del proyecto.

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se desarrollan los temas de procesos y las herramientas que se usan para su análisis, y adicionalmente, se detallan las herramientas de manufactura esbelta que serán usadas en la presente investigación.

1.1. Estudio de Casos

En esta sección se desarrolla una revisión bibliográfica de investigaciones semejantes para obtener información de la aplicación o propuesta de aplicación de las herramientas de manufactura esbelta en áreas de empresas de diversos rubros y la relación que existe con la presente investigación, ya que en todos los casos se usan las herramientas de manufactura esbelta.

Según González F. (2007), la mejora continua de una organización está basada en las personas, quienes finalmente son los que ayudan a optimizar los procesos y eliminar las actividades que no agregan valor a los productos que requiere el cliente., muestra los beneficios de la manufactura esbelta e invita a trabajar con sus herramientas para disminuir los desperdicios que merman el crecimiento de una organización. Se hace una revisión de los conceptos más importantes de la manufactura esbelta y sus herramientas 5S, SMED, TPM, Trabajo Estandarizado, entre otras.

Vásquez, Rojas, & Cáceres (2018), desarrollaron un enfoque socio-técnico para fortalecer las bases de una cultura organizacional y empoderar al personal en el desarrollo de mejora continua, luego utilizaron el método de las 5S para generar disciplina en el personal y orden en los procesos, también implementaron la metodología del mantenimiento productivo total (TPM), y redujeron el nivel de inventario en los procesos productivos mediante el Kanban, finalmente usaron Poka Yoke para reducir el nivel de error y minimizar el tiempo de ciclo. Este conjunto de metodologías aplicadas generó un aumento del 30% de la capacidad de planta en 30% y un impacto del 51% en la TIR.

En el trabajo de investigación, realizado por Zúñiga, Flores, & Rojas (2019), se analizó el efecto de implementar mejoras en el proceso mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta, Six Sigma, como: TPM, Poka Yoke, JIT y

DMAIC. Los principales resultados que se esperan de su implementación son: ahorros de \$ 2,725 mensuales y disminución de un 75% la cantidad de defectos.

En el estudio de caso realizado por González & Encarnación (2018), se emplearon los conceptos de manufactura esbelta y de células de manufactura con el objetivo de optimizar la productividad de un proceso de conversión de un producto lácteo UHT. La investigación se realizó en una gran empresa de alimentos lácteos en Perú y sólo se enfocó en una parte del proceso de la fabricación de leche. Los resultados de la investigación indicaron que las herramientas de manufactura esbelta ayudan a proporcionar un panorama detallado, logrando brindar un mejor entendimiento de la situación actual, que impactan posteriormente en productividad, seguridad y tiempo de entrega. Con el uso de las herramientas de manufactura esbelta, y las células de manufacturas se redujeron los suplementos del personal operativo en un 37.5%, ocasionando un aumento en la productividad y reducción de costos operativos.

Hualla & Cárdenas (2017) realizó un análisis en una empresa manufacturera de tubo sistemas PVC donde se encontraron problemas en la utilización del scrap en los compuestos y su uso no estandarizado generó altos niveles de inventario de scrap, entre ellos, material rechazado y productos no conformes donde se aplicaron las herramientas de manufactura esbelta (5S, SMED, TPM y Benchmarking). Los resultados de la implementación de las 5S mostraron una reducción en los tiempos de tránsito y tiempos muertos, con la aplicación del SMED se disminuyeron los tiempos de abastecimiento a los equipos de molienda, y con el uso del TPM se aumentaron las horas de trabajo efectivo. La propuesta fue viable económicamente debido a que se obtuvo un ratio VPN de 379,849 dólares, un TIR de 40% y un ratio costo beneficio de 1.77.

Baluis (2013) elaboró el diagnóstico utilizando el Mapa de Flujo de Valor (VSM) y posteriormente propuso herramientas de manufactura esbelta para reducir los desperdicios encontrados, como Kanban y SMED. Estas herramientas permitieron controlar los niveles de inventario y minimizar los tiempos de cambio de moldes. La evaluación de la implementación con un ratio VPN positivo y un TIR por encima del 20%.

Sandivar (2016) presentó un estudio de caso en una empresa que experimenta un incremento en la demanda, por ello, se implementan mejoras para poder satisfacer el mercado internacional de parabrisas. En el trabajo de investigación se describió el

análisis y diagnóstico de todos los procesos, y posteriormente se presentan las propuestas de mejora en los procesos más críticos. Las herramientas que se propusieron en el trabajo de investigación fueron: 5S, Kanban y TPM, con lo cual se obtuvo que la producción de parabrisas se incrementa de 201 a 312 parabrisas por día. Adicionalmente, se presentó una evaluación económica donde la TIR es de 145% con la proyección realizada a 5 años.

Palomino (2012), para mejorar la eficiencia de las líneas de envasado. Se realizó el análisis, diagnóstico y se presentaron las propuestas de mejora para lograr resultados positivos en los indicadores de producción. Para reducir el impacto de los desperdicios del proceso se aplicaron las herramientas SMED, 5S y JIT. Cada una de estas herramientas logra una disminución promedio del 75% en los tiempos de producción.

1.2. Procesos

Según Pardo (2012), todas las organizaciones desarrollan procesos para generar valor en los productos y servicios que demandan sus clientes. Estos procesos son conocidos como procesos productivos, en el ámbito industrial, y como procesos de prestación de servicios, en el ámbito de servicios; en ambos casos, estos procesos contienen métodos de trabajo empleados para brindar valor a sus clientes externos e internos de la organización.

Para Galloway (1994), un proceso se define como una secuencia de pasos, tareas o actividades, que se caracterizan por tener un inicio y un final. El proceso utiliza inputs, a los cuales se les incorpora valor para producir algo nuevo; que puede ser un producto tangible o un servicio intangible, conocido como output.

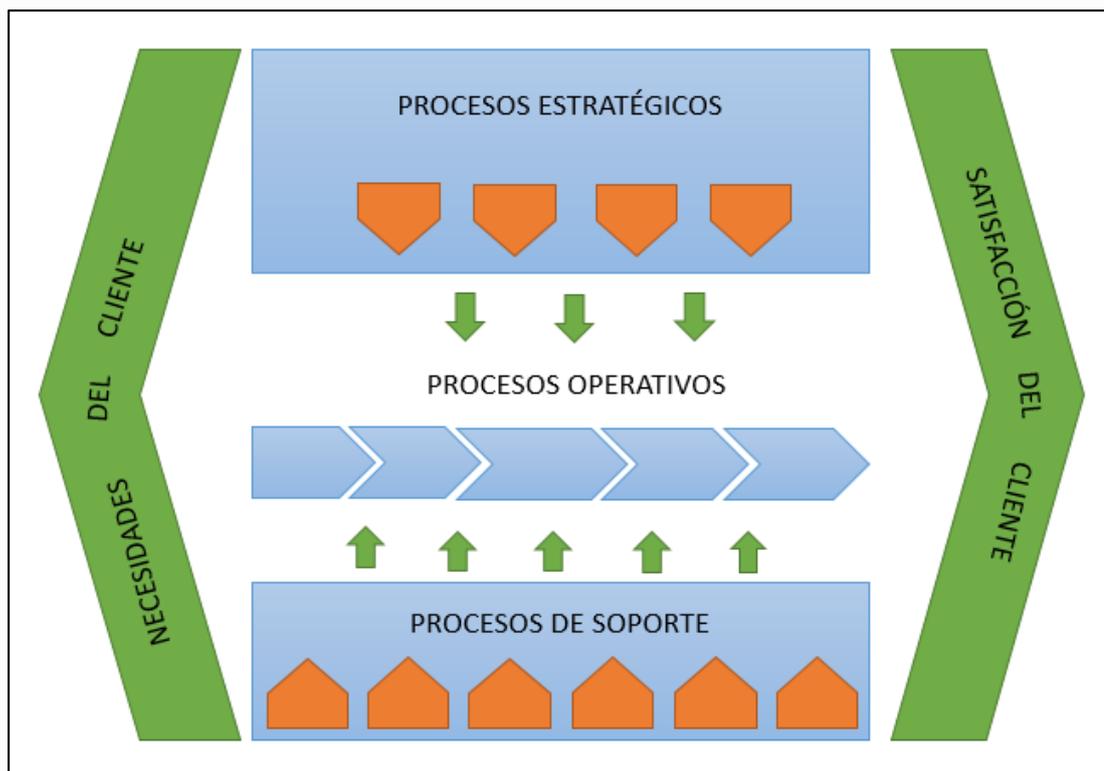
1.2.1. Tipos de Procesos

Según Pardo (2012), existen diversas clasificaciones de los procesos, los tipos más comunes de clasificación son: según su naturaleza, según su tamaño, y según su desempeño.

- **Tipos de procesos según su naturaleza:** Esta es la clasificación más usada, la cual divide los procesos en:
 - ✓ Procesos estratégicos: También conocidos como procesos de dirección, y se relacionan con la estrategia, evolución y control global de la organización.
 - ✓ Procesos operativos: Estos procesos son los que generan los productos y servicios que una organización proporciona a sus clientes, y se caracterizan por ser propios del negocio.
 - ✓ Procesos auxiliares o de soporte: Estos procesos proporcionan apoyo a los procesos estratégicos, operativos y/o a los mismos procesos de soporte.

- **Tipos de procesos según su tamaño:** Se basa en ver los procesos en un progresivo aumento de detalle, avanzando de lo global a lo particular.
 - ✓ Procesos de nivel 1: En este nivel, la representación de todos los procesos de la organización es genérico o global, es decir, es un macroproceso.
 - ✓ Procesos de nivel 2: En este nivel, se desglosa cada uno de los procesos genéricos representados en el nivel 1, conocidos como subprocesos.
 - ✓ Procesos de nivel 3: En este nivel, se detalla a más profundidad los procesos del nivel 2 que debido a que los subprocesos aún son genéricos, por ello, es necesario desglosarlos.

- **Tipos de procesos según su desempeño:** En esta clasificación existen dos tipos de procesos:
 - ✓ Procesos funcionales: Son procesos que se desarrollan de inicio a fin por agentes de un solo departamento, área o unidad.
 - ✓ Procesos interfuncionales: Son procesos que se desarrollan por agentes de distintos departamentos, áreas o unidades dentro de la organización.



Gráfica 1: Mapa de Procesos Convencional

Elaboración Propia

1.2.2. Indicadores de Procesos

Entre los indicadores más usados

a) Productividad

Según Gutierrez & De la Vara (2009), el indicador de productividad es la relación entre los resultados alcanzados y los recursos utilizados. Los resultados alcanzados pueden ser las unidades producidas, piezas vendidas, utilidades generadas, entre otros; y los recursos utilizados puede ser el número de trabajadores, tiempo total empleado, horas hombre, horas máquina, entre otros. La productividad de un proceso puede mejorar cuando se optimiza el uso de los recursos y se maximizan los resultados. Por ello, se puede decir que existen dos componentes de la productividad: la eficiencia y la eficacia.

Eficiencia: Gutierrez & De la Vara (2009) define la eficiencia con la relación entre los recursos planificados y los recursos utilizados. Este indicador mejora principalmente cuando se optimiza el uso de los recursos, lo que se consigue mediante la reducción

de tiempos desperdiciados, abastecimiento oportuno de materiales, y disminución de retrasos, entre otros.

Eficacia: Gutierrez & De la Vara (2009) define la eficacia como el grado con el cual las actividades programadas son realizadas y los resultados planificados son alcanzados.

b) Efectividad

Según Gutierrez & De la Vara (2009), la efectividad se define como la relación entre los objetivos alcanzados y los objetivos planteados. Los objetivos deben ser relevantes y alcanzables. Cabe mencionar que una empresa se puede trazar objetivos y ser eficaz en su cumplimiento, pero con un bajo desempeño en sus procesos.

1.2.3. Herramientas de Análisis de Procesos

a) Diagrama de Causa-Efecto

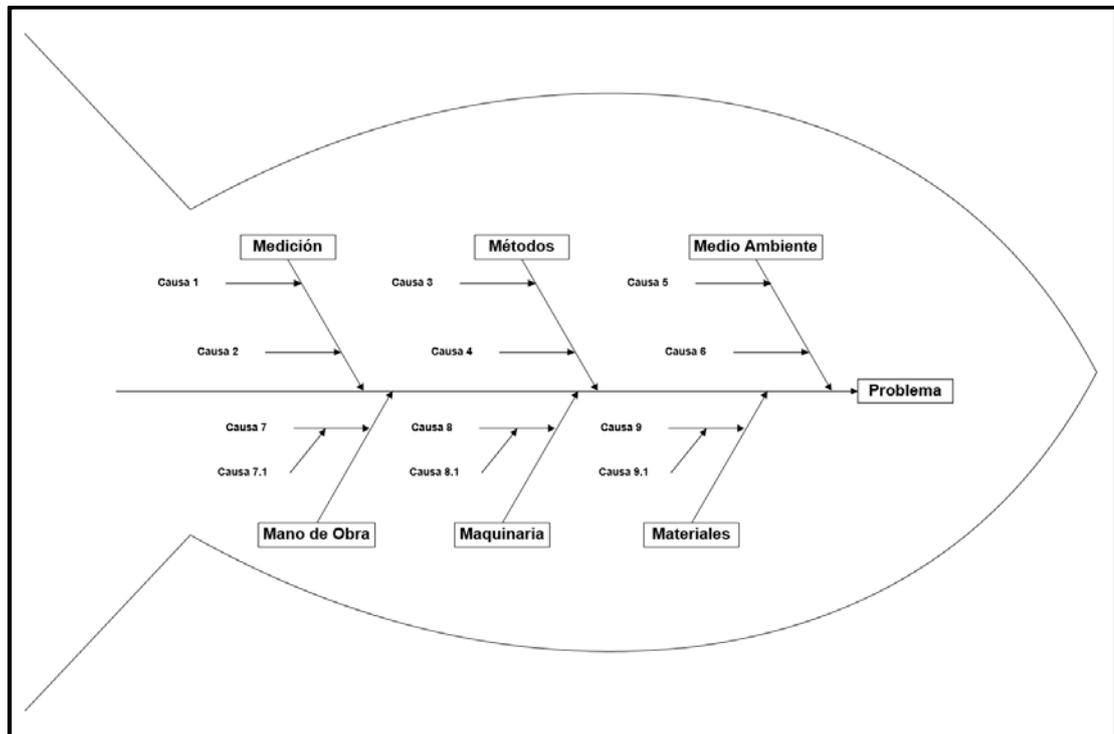
Según Bonilla, Díaz, Kleeberg & Noriega (2010), el diagrama de causa efecto fue desarrollado por Kaoru Ishikawa por eso se le conoce como diagrama de Ishikawa.

Es una representación simplificada de las causas de un problema, que se representan en un esquema conocida como espina de pescado, y que se usa para analizar las posibles causas del problema identificado. Las primordiales causas (espinas principales) de las complicaciones que ocurren en las operaciones de las organizaciones se concentran en seis aspectos:

- Medio Ambiente
- Medición
- Maquinaria
- Mano de obra
- Materiales
- Métodos de trabajo

Para realizar este diagrama es usual realizar una reunión donde se aplique una herramienta de trabajo grupal denominada lluvia de ideas o tormenta de ideas para

localizar el problema principal de un proceso o una empresa, y posteriormente se encuentran las causas que generan este problema. Es habitual que para la detección de las causas raíz del problema, se use la técnica de los 5 Por qué. Con lo cual, permite idear una mejora continua a la causa raíz de un problema identificado. En la Gráfica 2 se muestra el diagrama causa- efecto.



Gráfica 2: Diagrama de Causa-Efecto

Elaboración Propia

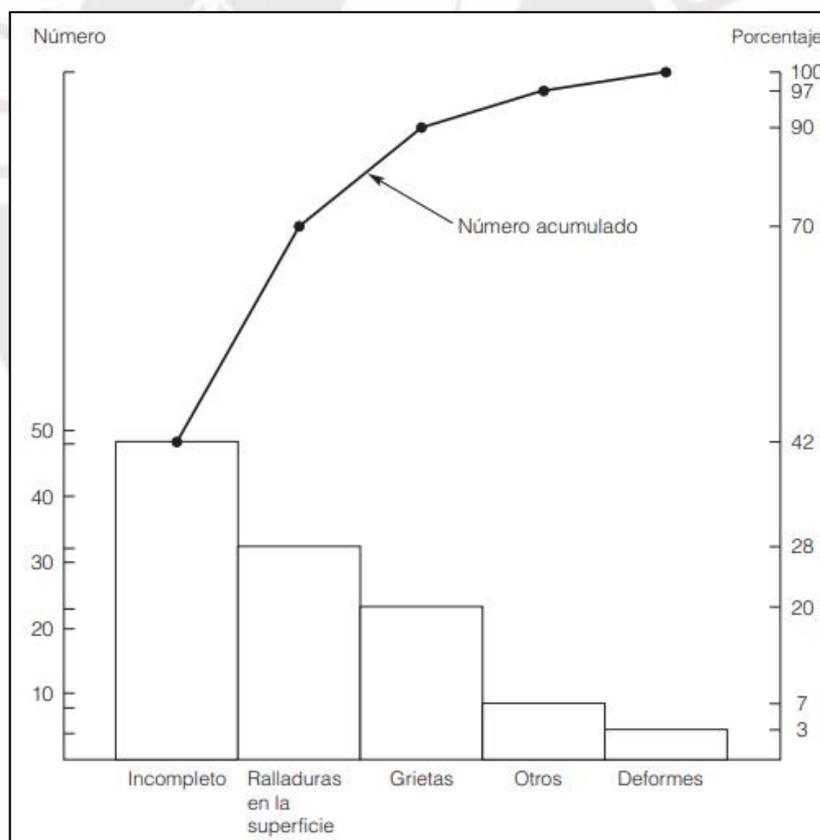
b) Diagrama de Pareto

En Bonilla, Díaz, Kleeberg, & Noriega (2010), menciona que el diagrama de Pareto se utiliza para encontrar el impacto, la influencia o el efecto que tienen determinados elementos sobre un aspecto. En otras palabras, el diagrama de Pareto admite clasificar los problemas o defectos, en función al impacto que ocasiona en la organización.

El diagrama de Pareto permite reconocer los elementos que son prioritarios a mejorar y dirigir eficientemente nuestros esfuerzos hacia estos, adicionalmente permite finalmente comprobar el efecto tras realizar las mejoras. Es importante mencionar que el diagrama de Pareto se centra en el principio de: “el 80% de los problemas se pueden solucionar, si se eliminan el 20% de las causas que los originan”.

Un ejemplo del diagrama de Pareto se muestra en la Gráfica 3. Para la realización de un diagrama de Pareto, se deben efectuar los siguientes pasos:

- Registrar las causas de los problemas de una organización o un proceso.
- Cuantificar los problemas ocasionados por estas causas.
- Ordenar de mayor a menor las causas identificadas según su frecuencia.
- Totalizar los problemas o defectos.
- Calcular el porcentaje de cada causa en función al total.
- Elaborar un eje de coordenadas, donde el eje X representará a las causas, y el eje Y representará al total de problemas ocasionados por cada una de estas causas, a la izquierda del eje Y se mostrarán las frecuencias absolutas y a la derecha las frecuencias porcentuales acumuladas.
- Trazar una curva con las frecuencias porcentuales acumuladas.
- Identificar el 20% de las causas que ocasionan el 80% de los problemas (acumulado).



Gráfica 3: Diagrama Pareto

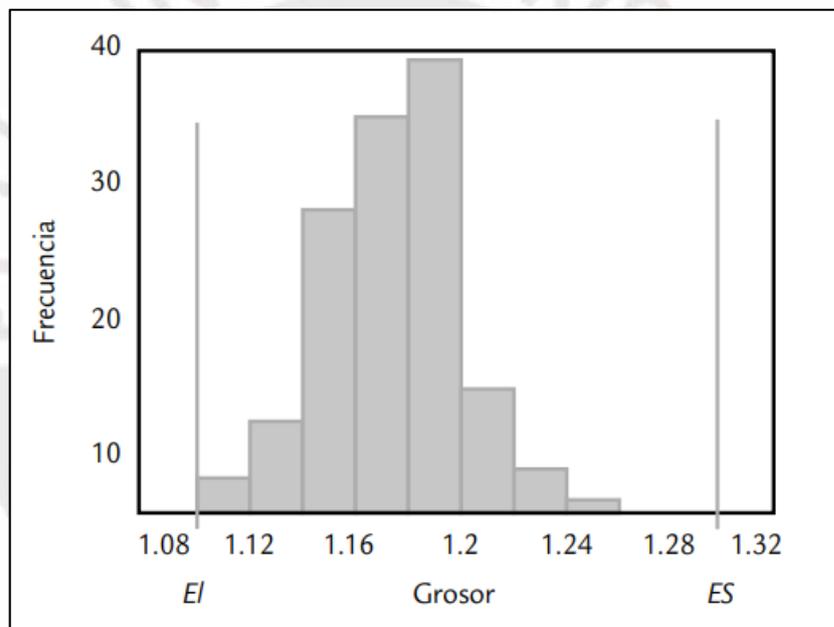
Fuente: (Evans & Lindsay, 2008)

c) Histograma

Según Bonilla, Díaz, Kleeberg, & Noriega (2010), el histograma es una gráfica de barras que describe el comportamiento de un conjunto de datos de una determinada variable cuantitativa continua, por ejemplo: peso, altura, presión, temperatura, tiempo, entre otros. Además, el histograma permite visualizar la tendencia central, la forma y la dispersión de la variable en análisis. Un ejemplo del diagrama de Pareto se muestra en la Gráfica 4.

Esta herramienta es útil cuando se requiere conocer:

- Si un proceso cumple con las especificaciones de calidad.
- La variabilidad de las características técnicas (variables) durante un proceso.



Gráfica 4: Histograma para grosor de discos

Fuente: (Gutierrez & De la Vara, 2009)

1.2.4. Mejora de Procesos

Según Bonilla, Díaz, Kleeberg, & Noriega (2010), la mejora continua de los procesos es una estrategia organizacional que consiste en desarrollar mecanismos sistemáticos para mejorar el desempeño de los procesos, teniendo como resultado un incremento en los indicadores de productividad y en los niveles de satisfacción de los clientes.

El fundamento principal de la mejora continua es una cultura organizacional sólida de profundos valores y principios, donde lo primordial es el enfoque al cliente. Asimismo, es de vital importancia contar con un liderazgo de la alta dirección que apoye y reconozca las iniciativas de su personal.

El mejoramiento de los procesos se divide en dos etapas:

- **Kaizen:** Implican mejoras pequeñas, como resultado de los esfuerzos constantes y progresivos.
- **Innovación:** Implica una mejora radical, que requiere de una inversión elevada en nuevas tecnologías y equipos.

a) **Kaizen:**

Kaizen presenta varias definiciones según Bonilla, Díaz, Kleeberg, & Noriega (2010), En primera instancia, Kaizen significa “cambio para mejorar”; que deriva de: KAI - cambio y ZEN - bueno. También, Kaizen es el cambio positivo en la actitud de las personas hacia la mejora, para hacer avanzar al éxito a la organización. Asimismo, Kaizen es el espíritu que lleva a las empresas a tener una cultura de cambio constante con el fin de conseguir mejores prácticas, en otras palabras, Kaizen lleva hacia la “mejora continua”. La mejora continua y el espíritu Kaizen, son conceptos conocidos y muy usados, pero la realidad muestra que la aplicación en el entorno empresarial es complicada si no existe un cambio radical y constante de pensamiento en la organización.

Según Hernández & Vizán (2013), la mejora continua tiene sus primeros pasos en los aportes de Deming y Juran en materia de calidad y control estadístico de procesos. Posteriormente, Ishikawa, Imai y Ohno; coincidieron en la importancia de la participación del personal en grupos o equipos de trabajo, para enfocarse en la resolución de problemas y potencializar la responsabilidad personal. Es por ello por lo que Kaizen se considera fundamental para la competitividad y el éxito de las empresas. Asimismo, el espíritu de mejora continua se entiende en la frase “siempre hay un método mejor” y consiste en realizar pequeñas mejoras, con el apoyo de todos los empleados, que se van acumulando y que conllevan a una garantía de calidad, una reducción de costos y entregas al cliente de la cantidad acordada en el plazo fijado.

Adicionalmente, según Hernández & Vizán (2013), en el proceso de la mejora continua se entiende que cuando aparece un problema, el proceso productivo se debe detener para analizar las causas y tomar las medidas correctivas para darle solución, conllevando a un aumento de la eficiencia del proceso. Con todo lo mencionado, se puede concluir que la mejora continua es el pilar fundamental para conseguir los beneficios de la implementación de cualquier herramienta manufactura esbelta, y que sean persistentes en el tiempo.

1.2.5. Distribución en Planta

Según De la Fuente & Fernández (2005), la distribución en planta consiste en ordenar de forma física los elementos industriales de un proceso productivo, en la distribución del área, y en la ubicación de los departamentos. Se entiende como elementos a las maquinarias, los materiales y las personas. Es preciso mencionar que, la producción hace uso de estos elementos mencionados, ya que es el resultado obtenido de un conjunto de personas, materiales y maquinarias, funcionando bajo algún procedimiento de trabajo.

Muther (1997), indica que la misión de la distribución en planta es determinar una disposición de las áreas de trabajo y del equipo, que sea la más económica y eficiente para realizar el trabajo, y la más segura y satisfactoria para los empleados. Los objetivos principales de una distribución en planta son:

- Integración de todos los elementos
- Movimiento de distancias mínimas del material y del personal
- Utilización efectiva del espacio
- Seguridad de los trabajadores
- Flexibilidad para el reordenamiento

Muther (1997) menciona que la naturaleza de los problemas de distribución en planta puede ser: implementación de una planta nueva, expansión o traslado a una planta ya existente, reordenación y ajustes menores de una distribución ya existente. Adicionalmente, los tipos de distribución son:

- **Distribución por posición fija:** el material permanece en un lugar fijo, y los demás elementos concurren a ella.
- **Distribución por proceso:** las operaciones similares de un mismo proceso están agrupadas.

- **Distribución por producción en cadena:** un tipo de producto se realiza en un área, pero el material está en movimiento en dicha área.

1.3. Manufactura Esbelta

Según Hernández & Vizán (2013), manufactura esbelta es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción centrándose en la identificación y eliminación de todo tipo de “desperdicios”; entendiéndose como desperdicios a los procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios.

1.3.1. Historia de la Manufactura Esbelta

Según Hernández & Vizán (2013), a principios del siglo XX, las técnicas de organización de la producción surgen de los trabajos realizados por F. W. Taylor y Henry Ford, que mediante métodos desarrollan la fabricación en serie que habían empezado a ser aplicados a finales del siglo XIX. Asimismo, Taylor construyó las primeras bases de la organización de la producción a partir de la aplicación del método científico a elementos de la producción, como: procesos, tiempos, equipos, personas y movimientos. Por otro lado, Henry Ford implantó las primeras cadenas de fabricación de automóviles en donde hizo un uso intensivo de la normalización de los productos, la utilización de máquinas para tareas elementales, la simplificación de tareas y recorridos, la sincronización entre procesos, la especialización del trabajo y la formación especializada. En ambos casos, se introdujeron acciones que evolucionaron una época en donde la producción era rígida y masiva.

En Japón, estas técnicas tienen una evolución, de donde se desarrolla el pensamiento Lean. En 1902, Sakichi Toyoda, cofundador de la Corporación Toyota Motor Company, inventó un dispositivo que permitía a un único operario controlar varias máquinas, lo que contrajo una gran mejora en los indicadores de productividad. Esto generó que las organizaciones tengan una preocupación permanente por mejorar los métodos de trabajo. Por sus contribuciones al desarrollo industrial del Japón, Sakiichi Toyoda es conocido como el “Rey de los inventores japoneses”. Después de la segunda guerra mundial, Toyota y las empresas japonesas se enfrentaron al reto de reconstruir una industria competitiva en un escenario económico precario, por ello, los japoneses comenzaron a estudiar los métodos

estadounidenses, como: los métodos de producción de Ford, el control estadístico de procesos desarrollado por W. Shewart, las técnicas de calidad de Edwards Deming y Joseph Juran, y también las desarrolladas por el japonés Kaoru Ishikawa.

A finales de 1949, Toyota recayó en ventas y tuvo que despedir a una gran parte de la mano de obra. Por ello, Eiji Toyoda y Taiicho Ohno, al que se le considera el padre de la manufactura esbelta, visitaron las empresas automovilísticas americanas. Por aquel entonces el sistema americano propugnaba la reducción de costos fabricando vehículos en grandes cantidades, pero limitando el número de modelos. Sin embargo, observaron que el sistema rígido americano no era aplicable a Japón dado que el futuro iba a demandar automóviles pequeños y modelos variados a bajo costo. Por ello, concluyeron que esto solo sería posible suprimiendo los inventarios y toda una serie de despilfarros, e incluyendo el aprovechamiento de las capacidades humanas. A partir de estas conclusiones, Ohno instauró las bases del nuevo sistema de gestión JIT o Just in Time (Justo a tiempo), también conocido como TPS (Toyota Production System). El sistema de gestión formulaba un principio muy simple: “producir solo lo que se demanda y cuando el cliente lo solicita”. Las aportaciones de Ohno se integraron con los trabajos de Shigeo Shingo, también ingeniero industrial de Toyota. Shigeo Shingo transformó las operaciones productivas en flujos continuos, con cero interrupciones, proporcionando el requerimiento exacto al cliente y focalizándose en la reducción de los tiempos de producción. También se centró en la reducción total de los tiempos de cambio de herramientas, creando los fundamentos del sistema SMED. Posteriormente, la filosofía JIT motivó el desarrollo de diferentes técnicas como el sistema *Kanban*, *Jidoka*, *Poka-Joke* que fueron enriqueciendo el sistema Toyota.

A principios de la década de los 90, a través de la publicación de “La máquina que cambió el mundo” de Womack, Jones y Roos, se sintetiza el “Programa de Vehículos a Motor” que se realizó en el MIT (Massachusetts Institute of Technology) con el fin de comparar los sistemas de producción de Japón, Europa y Estados Unidos. En esta publicación se exponían las características de un nuevo sistema de producción “capaz de combinar eficiencia, flexibilidad y calidad” utilizable en cualquier lugar del mundo. En esta obra, se utilizó por primera vez el término “manufactura esbelta”.

1.3.2. Objetivos y Principios de Manufactura Esbelta

Según Womack & Jones (2005), el objetivo general de manufactura esbelta es generar una nueva cultura de mejora, basada en la comunicación y en el trabajo en equipo, con la finalidad de simplificar los procesos, agilizar el flujo actual para incrementar el tiempo de las actividades que generan valor, hacer los procesos más ligeros, y con costos reducidos para el mercado. Obteniéndose los siguientes beneficios:

- Aumentar en un 100% la productividad laboral
- Reducir en un 90% los inventarios
- Reducir en un 50% las fallas
- Reducir en un 50% los accidentes en el trabajo
- Reducir en un 50% el tiempo de lanzamiento de un producto
- Aumentar las variedades de los productos dentro de una misma familia, con costos reducidos

Según Villaseñor (2007), los cinco principios, desarrollados por Womack y Jones, para implementar la filosofía de manufactura esbelta son:

1. Definir qué agrega valor para el cliente.
2. Definir la cadena de valor que permita identificar y eliminar los desperdicios.
3. Crear un flujo continuo para actividades que si agrega valor y reducir las que no dan valor.
4. Planificar la producción basándose en la demanda (sistemas pull).
5. Esforzarse por la excelencia y alcanzar la perfección.

Adicionalmente, Villaseñor (2007) menciona tres etapas para la implementación de manufactura esbelta:

- Demanda: Los productos o servicios que requiere el cliente son comprendidos en su totalidad; incluyendo, la cantidad, la calidad, el tiempo de espera y el precio.
- Flujo: El cliente obtiene el producto o servicio que desea, en el tiempo, en la cantidad y con la calidad que requiere; mediante un flujo continuo de producción.
- Nivelación: El trabajo se distribuye uniformemente por volumen y variedad, para reducir los niveles de inventarios y obtener lotes menores.

1.3.3. Desperdicios según la Manufactura esbelta

Según Hernández & Vizán (2013), los “desperdicios” de producción, pueden ser: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimientos innecesarios y defectos.

Según Womack & Jones (2005), el desperdicio es todo aquello que no agrega valor al producto, es decir, es todo aquello que cuesta tiempo, capital o recursos que nuestro cliente no quiere ni debe pagar. A las actividades que no agregan valor, se les denomina “muda”. Es importante mencionar que algunos desperdicios no pueden ser eliminados en su totalidad, sin embargo, siempre existirá una mejora para la situación actual.

Según Villaseñor (2007), existen siete tipos de desperdicios, identificados por Shingo, los cuales se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Tipos de Desperdicios de Manufactura Esbelta

Tipo de Desperdicios	Descripción
1. Sobreproducción	Es la producción de artículos sin tener órdenes de producción; en otras palabras, es producir antes de que el cliente lo requiera, lo que contribuye a que los productos sean almacenados y se incremente el inventario, y por ende el costo de mantenimiento. Algunas de las razones que causan estas decisiones son: falencias en las proyecciones y realización de ventas, un deficiente planeamiento, producción al máximo de la capacidad.
2. Espera	Son tiempos muertos entre operaciones y/o estaciones de trabajo. Son tiempos que ocasionan una reducción de los indicadores de productividad. Algunos ejemplos son: esperas para que las máquinas trabajen, esperas por herramientas o piezas para continuar un procesamiento, pérdidas de tiempo por labores de reparaciones o mantenimientos, entre otros.
3. Transporte innecesario	Son los movimientos innecesarios de los insumos, materiales, de productos en proceso y de productos terminados, entre estaciones de trabajo o almacenes. Es

Tipo de Desperdicios	Descripción
	importante conocer, que estos movimientos innecesarios pueden generar daños al personal, producto o a las partes, lo que genera sobrecostos.
4. Sobreprocesamiento	Es realizar más de lo requerido por los estándares aprobados por el cliente. Cuando no se conocen los requerimientos del cliente, en la producción se crean procesos innecesarios, que ocasionan un incremento de los costos que los clientes no estarán dispuestos a asumir.
5. Inventarios	Son los almacenamientos en grandes cantidades de materia prima, productos en procesos y productos terminados. El exceso de estos inventarios causa tiempos prolongados de entrega, obsolescencia de productos, productos dañados, entre otros, incurriéndose también en costos de almacenamiento, mantenimiento y de transportes.
6. Movimiento innecesario	Son los movimientos excesivos que realiza un operador para efectuar su operación. Son movimientos innecesarios, como: buscar partes o herramientas, agacharse para acumular partes o herramientas, escoger partes, entre otros.
7. Productos defectuosos o retrabajos	Son reparaciones o correcciones de productos realizados por problemas de calidad. Estos trabajos involucran esfuerzos, tiempo y recursos adicionales al necesario.

Fuente: Villaseñor (2007)

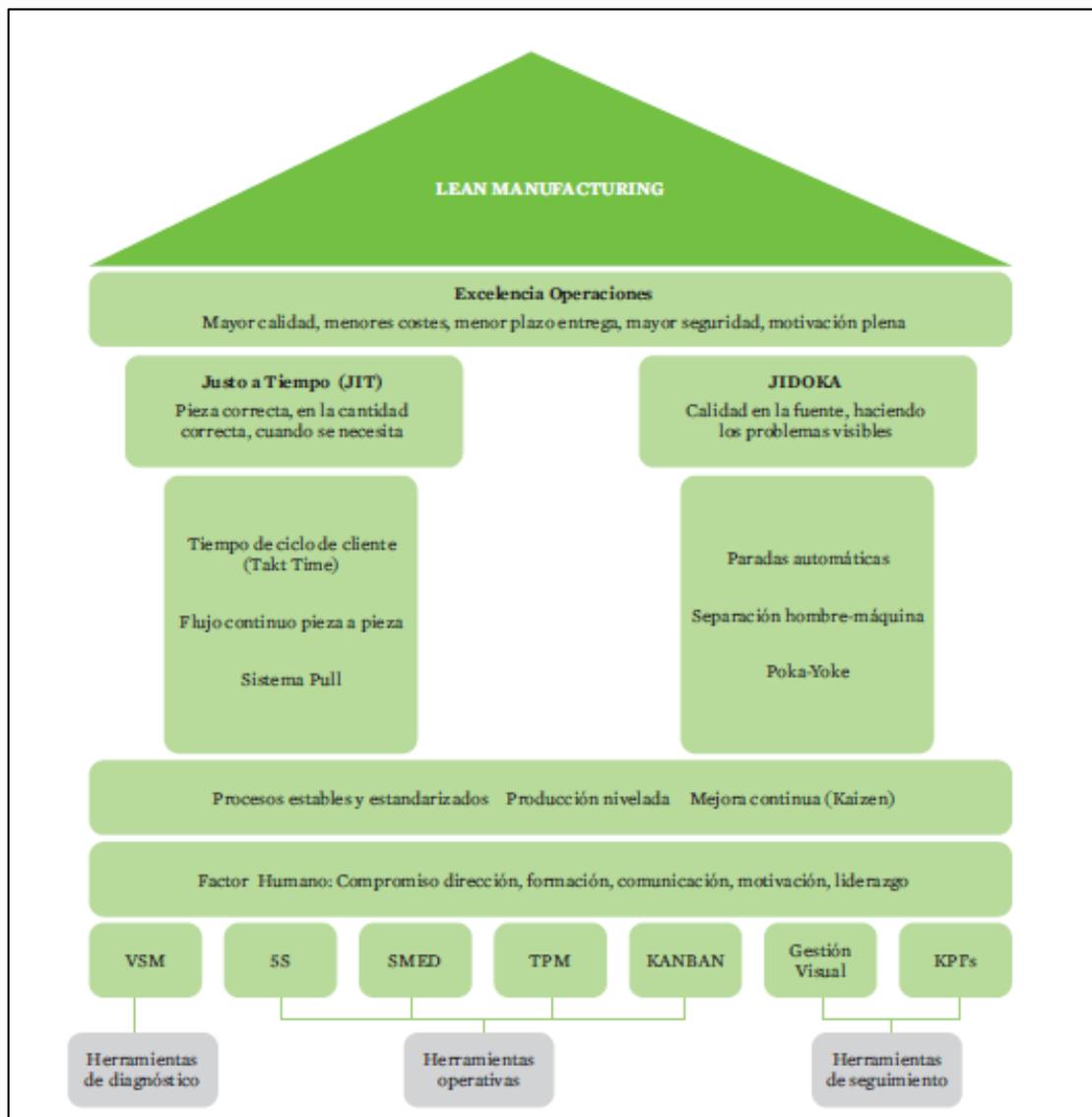
Elaboración Propia

1.4. Herramientas de Manufactura Esbelta

La manufactura esbelta cuenta con una serie de herramientas, que tienen como finalidad mejorar continuamente las operaciones, eliminando desperdicios y agregando valor a los procesos, pero siempre respetando las condiciones del trabajador y las necesidades del cliente.

Según Hernández & Vizán (2013), lean es un sistema que se centra en la eliminación del desperdicio mediante la aplicación de herramientas o técnicas de manufactura esbelta, estas constituyen la hoja de ruta para que una empresa sea competitiva y

de excelencia dentro del mercado actual al que pertenece. Lean requiere de un cambio a nivel cultural de toda la organización, principalmente, con un alto compromiso de la dirección de la compañía. De forma tradicional se resumen el listado de herramientas en un esquema conocido como la “Casa del Sistema de Producción Toyota”, donde se puede visualizar la filosofía Lean y las técnicas disponibles para su aplicación. El esquema de una casa representa un sistema estructural que es fuerte siempre que la base y las columnas lo sean; caso contrario, conllevaría al derrumbe todo el sistema. En la Gráfica 5, se muestra una representación de la “Casa del Sistema de Producción Toyota”.



Gráfica 5: Casa del Sistema de Producción Toyota

Fuente: Hernández & Vizán (2013)

A continuación, se describen las herramientas de manufactura esbelta (VSM, 5S, TPM, Jidoka) que se usarán en el presente trabajo de investigación.

1.4.1. Mapeo de Flujo de Valor (VSM)

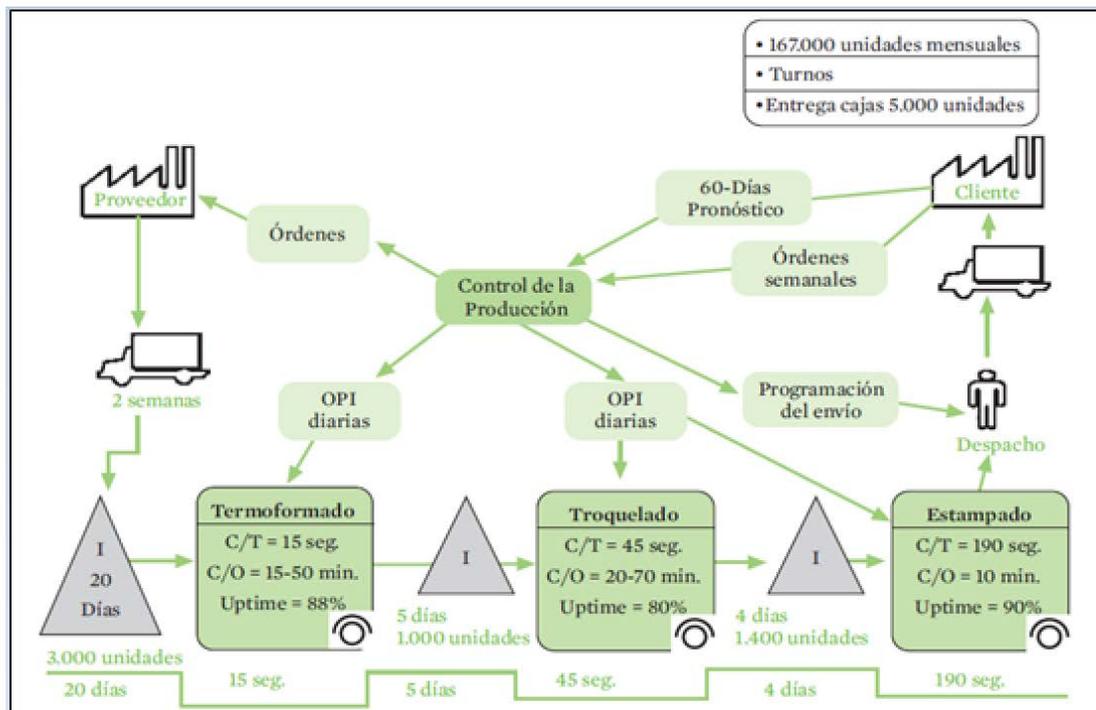
Según Hernández & Vizán (2013), el mapeo de flujo de valor (VSM) que representa de manera gráfica la cadena de valor, mostrando información del flujo de materiales y del flujo de información desde el proveedor hasta el cliente. El objetivo del VSM es mostrar, de una manera sencilla, todas las actividades productivas para identificar la cadena de valor y detectar las actividades que no aportan valor al negocio con el objetivo de eliminarlas y ganar eficiencia, por ello, se considera que es una herramienta potente para el diagnóstico y control de los procesos. Es importante mencionar que, el VSM se elabora para cada familia de productos.

Según Rajadell & García (2010), el VSM brinda una visión general del negocio donde se muestra las actividades necesarias para transformar insumos e información en un producto terminado o un servicio.

Según Rother & Shook (1998), las ventajas de la aplicación del VSM como parte de herramientas de manufactura esbelta, son las siguientes:

- Permite visualizar de manera sencilla el proceso actual, con información numéricas.
- Destaca la interrelación entre los flujos de información y materiales del proceso.
- Proporciona un lenguaje común para entender el mapa general del proceso.
- Permite detectar las actividades que agregan y no agregan valor, y por ende identificar las oportunidades de mejora.
- Facilita un punto de partida para un plan estratégico de mejora gracias a su gran descripción del proceso.

En la Gráfica 6, se muestra un ejemplo de VSM.



Gráfica 6: Ejemplo de Mapeo de Flujo de Valor

Fuente: (Hernández & Vizán, 2013)

Según Womack & Jones (2005), para implementar el VSM se deben seguir 5 pasos, en la Tabla 2 se describen estos pasos:

Tabla 2: Pasos para Implementar el VSM

Pasos	Descripción
Paso 1: Identificar el producto, familia de productos o servicio	En este paso, se identifica el grupo de productos que van a ser objeto de estudio. Un método simple y muy usado para encontrar una familia de productos es estableciendo etapas de producción similares. Otro método de clasificar una familia de productos es a través de su importancia dentro del total de productos que se fabrican.
Paso 2: Determinar VSM Actual	En este paso, se representa el estado actual del flujo de materiales e información usando simbología normalizada del VSM. El mapeo se inicia en el cliente, continua con el proceso productivo, y finaliza con los proveedores de materia prima.
Paso 3: Determinar VSM Futuro	En este paso, se representa el flujo de materiales e información de la situación futura. Esta situación futura

Pasos	Descripción
	<p>debe ir acorde a la filosofía Lean, y para conseguirlo debe cumplir los siguientes puntos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Adaptar el tiempo de procesamiento de productos según el Takt time, que se calcula de la siguiente manera: $Takt\ time = \frac{\text{Tiempo Disponible de Trabajo}}{\text{Tiempo de Demanda}}$. El Takt time es conocido como el ritmo de elaborar un producto con el objetivo de satisfacer la demanda en un determinado tiempo, siendo el cliente quien determina el ritmo de producción. • Implementar el flujo continuo dentro de las líneas de producción. El flujo continuo consigue agrupar procesos, minimizar espacios, y minimizar trabajo en forma de celdas de manufactura (islas de trabajo). De no ser posible implementar un flujo de trabajo continuo se recomienda una forma de trabajo de reposición, que es usada en los supermercados. • El ritmo de la producción debe estar alineado con los requerimientos del cliente. • Balancear la línea de producción para evitar los cuellos de botella. El panel Heijunka es una buena herramienta para nivelar los procesos, en el cual, se colocan las tarjetas Kanban que son distribuidas a todos los puestos de trabajo, con el fin de favorecer el sistema pull. • Se debe determinar la frecuencia de la producción de una pieza. Es necesario conocer el tiempo de producción efectiva y el tiempo por el cambio de producto o preparación de maquinaria, para plantear mejoras que minimicen los tiempos de cambio.
<p>Paso 4: Establecer el plan de actividades para lograr la situación futura</p>	<p>En este paso, se debe conocer las brechas existentes ente el VSM actual y el VSM futuro. En base a eso se deben planificar las actividades para la implementación de la situación futura (ideal), teniendo en consideración el ciclo PDCA.</p>

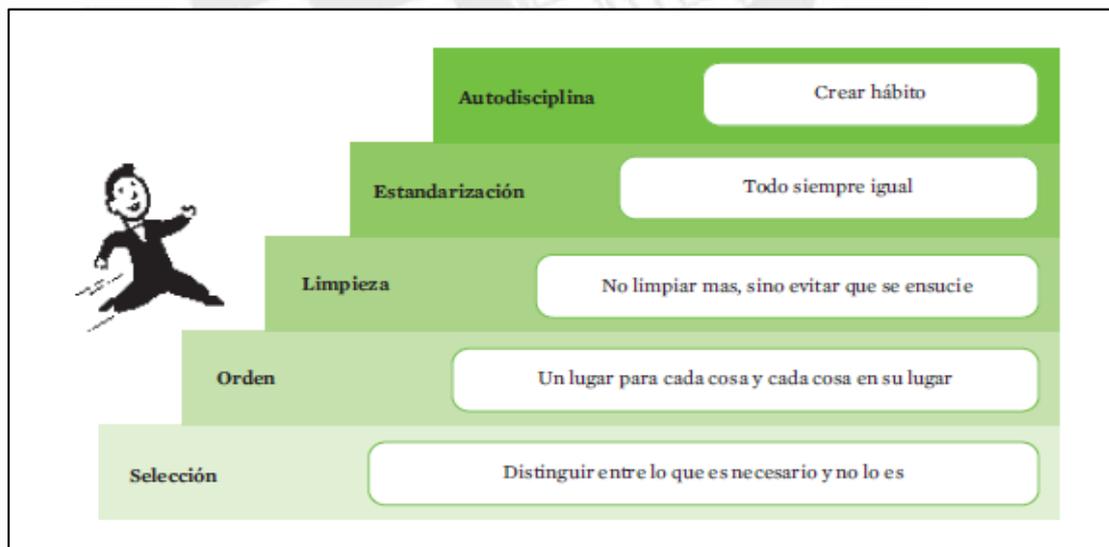
Pasos	Descripción
Paso 5: Implementación	Finalmente, la implementación se debe realizar a través de un grupo de personas que proporcione diferentes perspectivas para solucionar los problemas y diversas formas de eliminar procesos que no agregan valor. Adicionalmente, el jefe del grupo debe tener la autoridad para implementar los cambios planificados, y se debe contar con la confianza de la alta dirección.

Fuente: Womack & Jones (2005)

Elaboración propia

1.4.2. Las 5S

Según Hernández & Vizán (2013), la herramienta 5S tiene como principios al orden y la limpieza en el puesto de trabajo. El nombre de las 5S se debe a las iniciales en japonés de las cinco palabras que definen las herramientas: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke (ver Gráfica 7). Es una técnica sencilla que se aplica comúnmente en las empresas para mejorar la efectividad con alto impacto a un corto plazo, y suele ser la primera herramienta usada al implementar manufactura esbelta.



Gráfica 7: Las 5S

Fuente: Hernández & Vizán (2013)

Según Cobeñas (2018), los objetivos de la aplicación de las 5S son los siguientes:

- Desarrollar el pensamiento de la mejora continua en el personal de las distintas áreas de la organización
- Promover el trabajo en equipo y el compromiso de todo el personal hacia los objetivos de la organización
- Desarrollar el liderazgo en los cargos altos y medios de la organización
- Preparar la base necesaria para la mejora de la calidad en la organización

En la Tabla 3, se detalla cada una de las etapas de la metodología:

Tabla 3: Definición de las 5S

5S	Descripción
Seiri: Seleccionar	Esta etapa consiste en clasificar y eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios o inútiles para realizar una tarea. En la implementación de esta primera “S”, por lo regular se utiliza la estrategia de las tarjetas rojas, que sirven para la identificación de elementos susceptibles de ser prescindibles y se debe decidir si son desechos o no.
Seiton: Ordenar	Esta etapa consiste en organizar los elementos (materiales, herramientas), clasificados como necesarios, de manera que se encuentren con facilidad y se defina con una identificación su lugar de ubicación, con el fin de facilitar su búsqueda y el retorno a su posición inicial.
Seiso: Limpiar	Esta etapa implica limpiar e inspeccionar el entorno de trabajo para identificar los defectos y eliminarlos. El objetivo es crear un lugar de trabajo idóneo, con el fin de realizar un trabajo eficiente. Para su implementación es necesario: realizar una campaña o jornada de limpieza, planificar el mantenimiento de la limpieza y llevar su control, y preparar un manual de limpieza.
Seiketsu: Estandarizar	Esta etapa permite consolidar las metas obtenidas por la aplicación de las tres primeras “S”, ya que sistematizar lo conseguido asegurará los resultados de manera perdurable. En esta etapa es de vital importancia los controles visuales que permitan informar de cómo debe realizarse un determinado trabajo. De esta forma, las

5S	Descripción
	actividades se estarían estandarizando, lo que supone seguir un método definido (estándar) para la ejecución de una actividad.
Shitsuke: Disciplina	Esta etapa consiste en convertir las primeras 4S en un hábito, y se considera como el hito inicial de la mejora continua. Su implementación está ligada al desarrollo de una cultura de autodisciplina para que las 5S sean perdurables en el tiempo, por ello, se debe establecer procedimientos estándares de trabajo, asegurar el entendimiento de dichos estándares, aprender haciendo y predicar con el ejemplo. Por ello, esta última etapa es la más importante, pero a su vez, es la más difícil de conseguir e implantar, ya que es natural que exista renuencia al cambio por parte del personal.

Fuente: Shingo (1993)

Elaboración Propia

1.4.3. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Según Hernández & Vizán (2013), el mantenimiento productivo total o total productive maintenance (TPM) consiste un conjunto de técnicas enfocadas en la eliminación de averías a través de la participación y motivación de todos los trabajadores, desde los directivos hasta los ayudantes de los operarios. En otras palabras, el TPM tiene como idea fundamental, que la conservación y mejora de los activos productivos es una tarea de todos.

Según Rey (2003), el TPM se orienta a implantar un sistema global que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo. El objetivo principal del TPM es conseguir cero accidentes, cero averías y cero defectos en todo el sistema productivo. Es importante mencionar que las tasas de producción mejoran, los costos se reducen, el stock se minimiza cuando se consigue con la eliminación de las averías y defectos, dando como resultado un aumento de la productividad y efectividad de los empleados. Las principales características de este sistema japonés son:

- Acciones de mantenimiento en todas las etapas del ciclo de vida de un equipo.
- Participación de todos los empleados de la organización

- Enfoque de estrategia global de empresa, en lugar de un sistema de mantenimiento de equipos
- Orientado en la mejora de la efectividad global de las operaciones
- Intervención significativa en el cuidado y conservación de los equipos por parte del personal involucrado y capacitado en la operación
- Procesos de mantenimiento fundamentados en el conocimiento y las habilidades que el personal posee sobre los mismos procesos

Según Borris (2005), clasifica en seis las pérdidas a ser eliminadas con el TPM:

- Pérdida de puesta en marcha
- Pérdida de velocidad del proceso
- Fallas en el equipo
- Tiempo de preparación
- Parada por defecto del producto
- Pequeñas paradas

Según Nakajima (1991), para la implementación del TPM existe una metodología basada en doce pasos, sin embargo, previamente es necesario una etapa de preparación que consiste en las siguientes actividades:

- Comunicar el compromiso de la alta gerencia a toda la organización para introducir el TPM
- Realizar una campaña de capacitación introductoria sobre el TPM
- Crear una organización de promoción del TPM
- Establecer políticas y objetivos generales del TPM
- Diseñar un plan maestro para implementar el TPM
- Realizar el lanzamiento introductorio del TPM a todo el personal
- Mejorar la efectividad eliminando las seis grandes pérdidas del TPM
- Establecer un programa de mantenimiento autónomo
- Preparar un calendario para el mantenimiento autónomo, mejorando las funciones de conservación, prevención, predicción, corrección y mejoramiento tecnológico
- Dirigir y capacitar al personal para mejorar la operación y las habilidades del mantenimiento
- Desarrollar un programa para la administración del equipo
- Implantar completamente el TPM y apoyar en la consecución de los objetivos

Según Susuki (1995), son ocho pilares del TPM. En la Tabla 4 se describen estos pilares.

Tabla 4: Pilares del TPM

Pilares	Descripción
Pilar 1: Mejoras Orientadas – Kaizen	Las mejoras se enfocan en la maximización de la efectividad global de los equipos, procesos y plantas mediante una constante eliminación de pérdidas; todo esto gracias a una metodología específica y equipos multidisciplinarios organizados correctamente.
Pilar 2: Mantenimiento Autónomo - Jishu Hozen	En este pilar se contempla un conjunto de actividades que debe realizarse de forma diaria por todos los operadores, incluyendo: inspección, lubricación, limpieza, intervenciones menores, cambios de herramienta y piezas. En este pilar se estudian posibles mejoras, analizando y solucionando problemas del equipo con acciones que mantengan y mejoren los rendimientos de los equipos de trabajo.
Pilar 3: Mantenimiento Planificado - Keikaku Hozen	En este pilar se mantiene al equipo y al proceso en condiciones óptimas para un buen rendimiento. Este pilar busca obtener cero averías, por ello, es uno de los pilares más importantes en la búsqueda de objetivos en una organización.
Pilar 4: Capacitación y Entrenamiento	En este pilar se engloba todas las acciones para el desarrollo de habilidades y conocimientos de las personas para que pueda obtener altos niveles de desempeño en sus labores. En consecuencia, este pilar elimina las pérdidas originadas por la falta de conocimientos y habilidades de los operadores, que también puede ser causadas por la falta de una eficiente capacitación y entrenamiento.
Pilar 5: Gestión Temprana	En este pilar se mejora la tecnología de los equipos de producción, mediante la innovación, enfocándose en la modernización continua de los equipos y su capacidad de flexibilidad y libre de errores.
Pilar 6: Mantenimiento de la Calidad - Hinshitsu Hozen	En este pilar se realizan acciones preventivas para obtener un proceso y equipo cero defectos y cero averías. Este pilar verifica y mide las condiciones cero defectos

Pilares	Descripción
	continuamente, con la finalidad de que la operación de los equipos no genere defectos de calidad posteriormente.
Pilar 7: Mantenimiento en Áreas Administrativas	En este pilar se reducen las pérdidas que puedan darse en las oficinas administrativas, evitando las pérdidas de información. Este pilar se basa en la aplicación de los seis primeros pilares.
Pilar 8: Gestión de Seguridad, Salud y Medio Ambiente	En este pilar se mantiene un sistema que garantice un ambiente de trabajo confortable y seguro para las personas y pensando en la conservación del medio ambiente.

Fuente: Susuki (1995)

Elaboración Propia

1.4.4. Jidoka

Según Quezada & Salamea (2016), dentro de la filosofía de manufactura esbelta se encuentra Jidoka que significa: “Hacer que el equipo o la operación se detenga, siempre que surja una situación defectuosa o anormal”. Esta herramienta es usada por el sistema productivo de Toyota, funciona desde el momento que existe un problema en una línea o máquina, haciendo que esta se detenga inmediatamente, permitiendo identificar el error y evitar fabricar productos defectuosos, consiguiendo eliminar horas hombre que se necesitarían para revisar cada una de las piezas defectuosas en sus respectivos procesos. Adicionalmente, se puede decir que Jidoka busca que cada proceso tenga su propio autocontrol de calidad, que permita corregir una anomalía, identificar y eliminar la causa raíz, y evitar su aparición en el tiempo.

En Arias (2015), se resalta el factor humano al implementar la herramienta Jidoka en una línea de producción. Se menciona que las personas tienen un papel indispensable. Por ello, es importante tener al personal capacitado.

Según Hernández & Vizán (2013), Jidoka significa automatización con un toque humano o autonomación (que no debe confundirse con automatización). El objetivo de Jidoka es no permitir el paso de productos en proceso con defectos a las áreas posteriores, ya que se busca tener cero defectos y eliminar el riesgo de que un producto terminado defectuoso llegue al cliente. En la Tabla 5 se muestran las técnicas que se pueden aplicar de forma progresiva para alcanzar una autonomación completa en las máquinas del proceso.

Tabla 5: Etapas de Autonomación (Jidoka)

Fase	Descripción
1. Autonomación del proceso	El esfuerzo del operario se traslada a la máquina.
2. Autonomación de sujetar	El apriete manual se sustituye por sistemas mecánicos.
3. Autonomación de alimentación	La alimentación del proceso es automática; el operario interviene solamente en caso de errores.
4. Autonomación de paradas	El sistema de alimentación detiene correctamente la máquina al final del proceso.
5. Autonomación de retornos	El sistema retorna a su estado de inicio sin intervención del operario.
6. Autonomación de retirada de piezas	La pieza se retira automáticamente y la siguiente pieza se alimenta sin necesidad de manipular la anterior.
7. Mecanismos anti error (poka-yoke)	El sistema cuenta con dispositivos para detectar errores, detiene la producción y alertar al operario.
8. Autonomación de carga	La carga es automática y el proceso detecta los problemas y detiene la operación.
9. Autonomación de inicio	La máquina procesa piezas de forma autónoma, y se deben prevenir los problemas de calidad y seguridad
10. Autonomación de transferencia	Las operaciones se transfieren sin intervención del operario.

Fuente: Hernández & Vizán (2013)

Elaboración Propia

CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

En el presente capítulo se desarrolla una descripción de la empresa de estudio y el área en la cual será desarrollada la presente investigación.

2.1. Descripción General de la Empresa

La Empresa se dedica a la producción y comercialización de postes de alumbrado público y accesorios para la instalación de estos. Según la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU), la Empresa se encuentra en la clasificación: 2395 – Fabricación de Artículos de hormigón, cemento y yeso.

La Empresa fue creada en el año 1996. A lo largo de los años, la Empresa ha ido incrementando su capacidad instalada y variedad de los productos que oferta, llegando en la actualidad a producir 40 productos diferentes (postes desde 3 hasta 18 metros) solicitados por los clientes, que en gran parte son empresas que brindan servicio de instalaciones eléctricas.

La trayectoria comercial de la Empresa se ha reflejado fundamentalmente en el reconocimiento de las empresas privadas, debido a la calidad de sus productos que se caracterizan por mayor resistencia, densidad y durabilidad, comprobados en el campo de trabajo, además de poseer una mejor apariencia (liza y uniforme) referente a los competidores.

La Empresa cuenta con una planta de producción ubicada en Lima, adicionalmente cuenta con sucursales en las principales ciudades del territorio nacional, que se caracterizan por mantener el mismo nivel de calidad en los productos y servicios que brinda.

2.2. Principios Organizacionales de la Empresa

La Gerencia de la Empresa define sus principios organizacionales (publicados en su página web) de la siguiente forma:

- **Misión**

Proporcionar productos de concreto para red subterránea, líneas de baja, media y alta tensión, redes de telefonía, etc., que logren la plena satisfacción de los clientes y que cubran sus necesidades y expectativas.

Generar un proceso continuo de cambio, para mantener unidades productivas modernas, eficientes, rentables y competitivas a nivel nacional

- **Visión**

Ser una empresa competitiva y de vanguardia comprometida con la calidad y desarrollo de productos y servicios de concreto para el mercado nacional

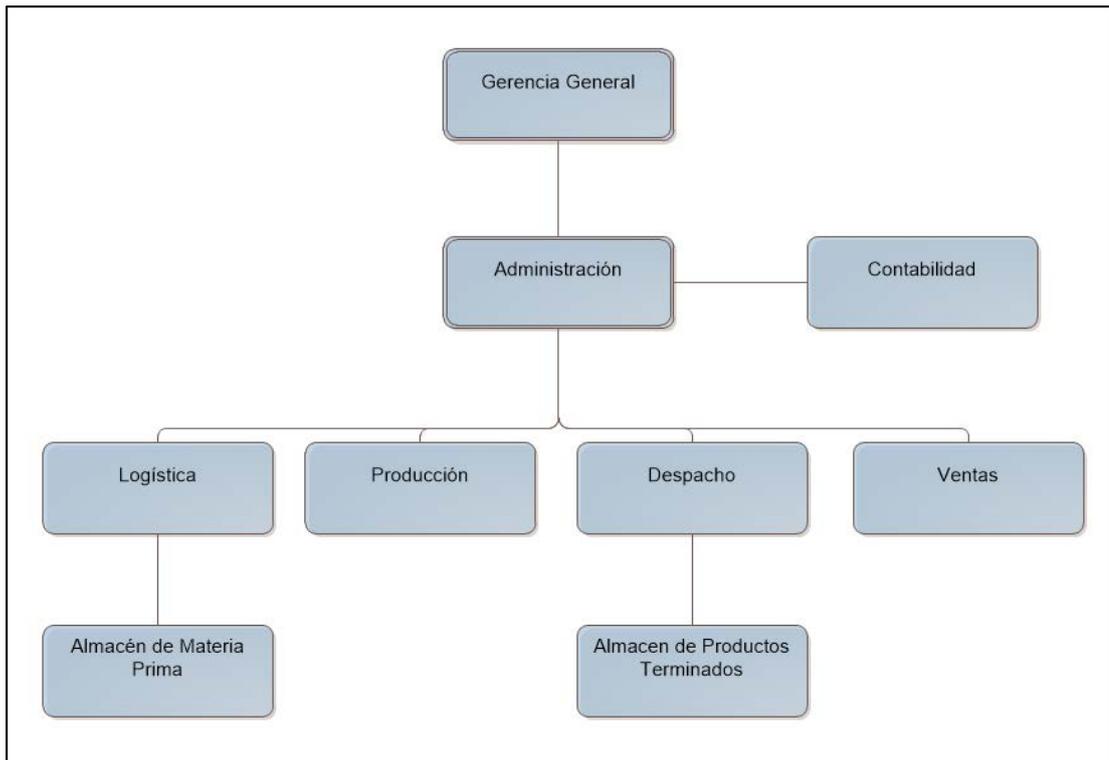
- **Valores**

Los valores que manejan en la empresa son:

- ✓ Puntualidad
- ✓ Honestidad
- ✓ Responsabilidad

2.3. Estructura Organizacional de la Empresa

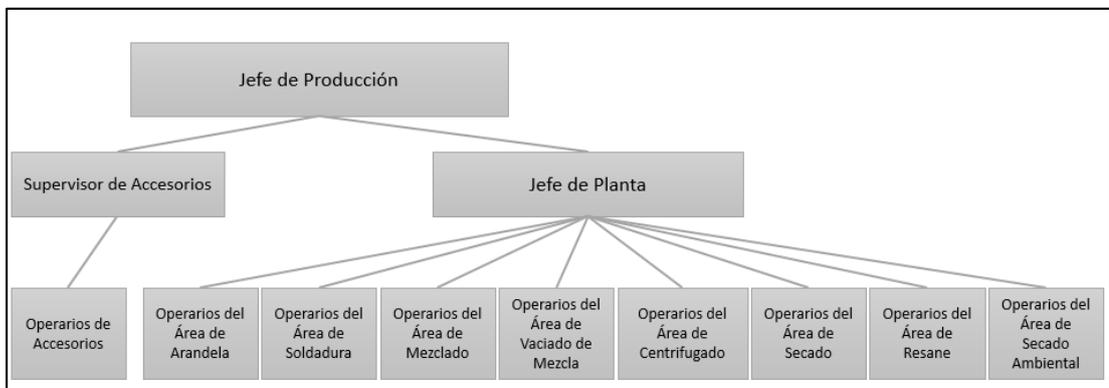
La Empresa está conformada por 50 colaboradores repartidos en todas las áreas. En el área de Producción se encuentra el 70% colaboradores (35 personas), distribuidos en los procesos de producción de postes y accesorios. El organigrama de la empresa y su área de producción se muestran en las Gráfica 8 y Gráfica 9.



Gráfica 8: Organigrama de la Empresa

Fuente: La Empresa.

Elaboración Propia



Gráfica 9: Organigrama del Área de Producción

Fuente: La Empresa.

Elaboración Propia

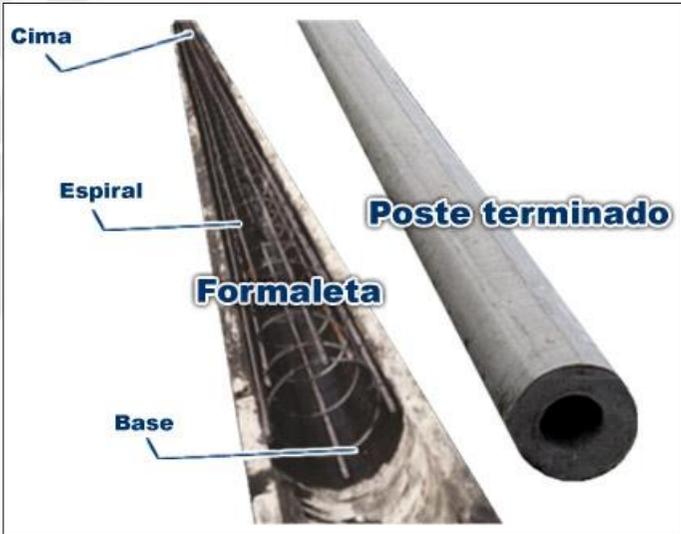
A continuación, se describe las funciones principales de cada área de la Empresa:

- **Gerencia General:** Es el área encargada de las decisiones de la producción, ventas, finanzas, ventas y logística; generalmente es el área que da las aprobaciones a cualquier solicitud relacionada a la Empresa.
- **Administración:** Es el área que se encarga del buen desarrollo de todas las áreas de la Empresa, además es responsable de las actividades documentarias.
- **Contabilidad:** Es el área que se encarga de las planillas al personal, facturaciones y las obligaciones empresariales con las entidades del estado.
- **Logística:** Es el área que gestiona las compras e ingresos de material al área de producción.
- **Despacho:** Es el área que realiza la entrega de los postes y gestiona los documentos relacionados al transporte y al producto.
- **Ventas:** Es el área que concreta las ventas y recopila la información necesaria para la fabricación y entrega del poste, además de las especificaciones técnicas. También se encarga de efectuar los servicios que realiza la Empresa.
- **Producción:** Es el área que administra la planta y proporciona información de producción diaria, realiza los inventarios y supervisa las pruebas de calidad. Es importante mencionar que existen dos tipos de productos (postes y accesorios), donde se encuentra: 1 supervisor de accesorios, quien se encarga de supervisar e inspeccionar la correcta fabricación de estos, y 1 jefe de planta, quien gestiona y distribuye al personal de planta y es capaz de solucionar los problemas relacionados con las áreas.

2.4. Productos y Servicios de la Empresa

Los principales productos y servicios de la Empresa se detallan en la Tabla 6:

Tabla 6: Productos y Servicios de la Empresa

	Descripción	Imagen Referencial
Productos	<p>La Empresa tiene como principal producto al poste de concreto centrifugado, que se fabrica desde los 3 hasta los 18 metros, de acuerdo con las necesidades de nuestro cliente. Las medidas de poste más demandadas son: 5, 6, 8, 8.7, 9, 10, 11.5, 12, 13, 15 metros.</p> <p>El poste se fabrica en base a: arena, piedra y cemento, con una estructura de fierros de la medida requerida, y con el número de pines según normativas.</p> <p>Adicionalmente, la Empresa fabrica otro tipo de productos, que son accesorios del poste, como: ménsulas, zapatas, losetas, etc.</p>	 <p>El diagrama muestra un poste de concreto centrifugado en proceso de fabricación y un poste terminado. Las etiquetas indican: Cima (la parte superior del poste), Espiral (la estructura de fierros que se enrolla alrededor del poste), Formaleta (el molde que se utiliza para fabricar el poste), Base (la parte inferior del poste) y Poste terminado (el poste finalizado).</p>

	Descripción	Imagen Referencial
<p>Servicios</p>	<p>La Empresa brinda los siguientes servicios referentes a la fabricación de postes.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Instalación de postes ✓ Mantenimiento de alumbrado público ✓ Instalación y mantenimiento de redes eléctricas <p>Estos servicios brindados se han ido implementando en base a las necesidades de los clientes.</p> <p>El área de Ventas de la Empresa es responsable de realizar los servicios mencionados.</p>	

Fuente: La Empresa.

Elaboración Propia

2.5. Entorno Específico de la Empresa

El entorno específico de la Empresa actualmente se conforma por: proveedores, clientes y competidores. Las principales empresas en cada elemento mencionado se detallan en la Tabla 7.

Tabla 7: Entorno Específico de la Empresa

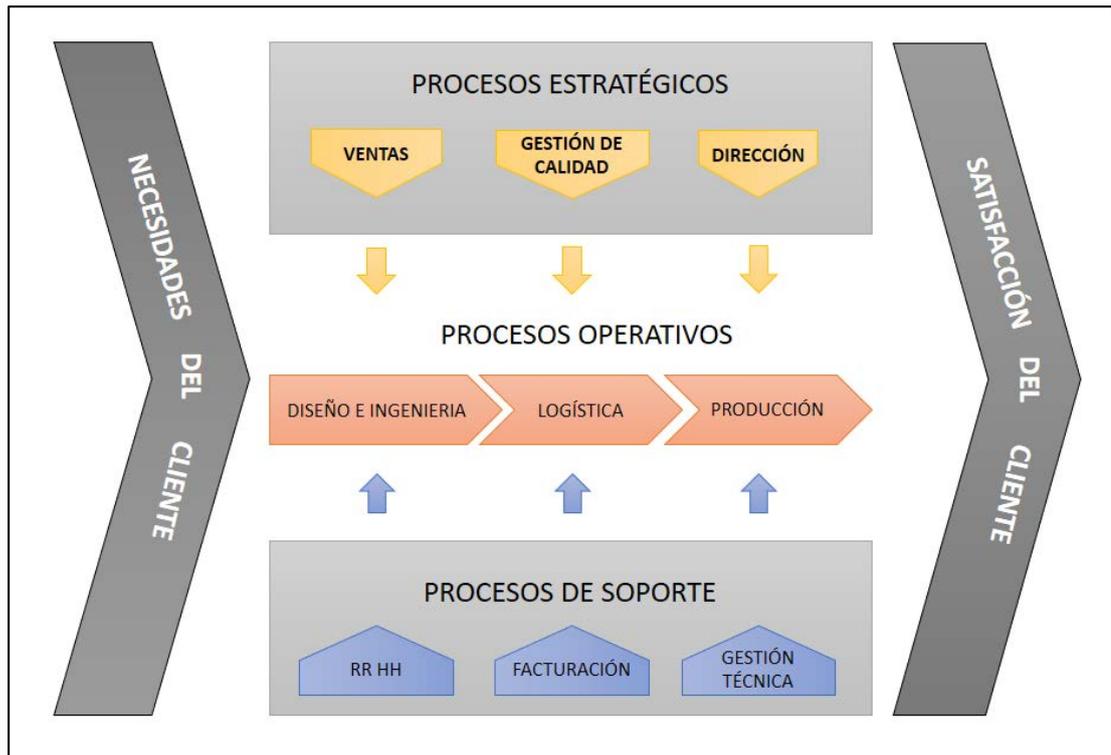
Elementos	Principales Empresas	
Proveedores	<ul style="list-style-type: none">• Siderperu• Tradisa	<ul style="list-style-type: none">• Cementos Lima• Comacsa
Clientes	<ul style="list-style-type: none">• Edelnor• ElectroNorte• ElectroUcayali• Hidrandina• Telmex• ElectroPerú	<ul style="list-style-type: none">• Tecsur• Luz del Sur• Claro• Cobra• Ministerio de Energía y Minas
Competidores	<ul style="list-style-type: none">• Arelco• Consycon• Postes del Norte	<ul style="list-style-type: none">• Fabinco• Industria de Postes Sullana

Fuente: La Empresa.

Elaboración Propia

2.6. Descripción de Procesos de la Empresa

La Empresa ha conseguido posicionarse en el mercado gracias a la rapidez para adecuarse a los requerimientos del cliente. Por ello, el diseño e ingeniería es muy importante dentro de los procesos operativos. El área ventas y la gerencia general marcan la estrategia comercial de la Empresa, que se apoya en la gestión técnica para cumplir con los estándares de calidad de los productos, como se muestra en la Gráfica 10.



Gráfica 10: Mapa de Procesos de la Empresa

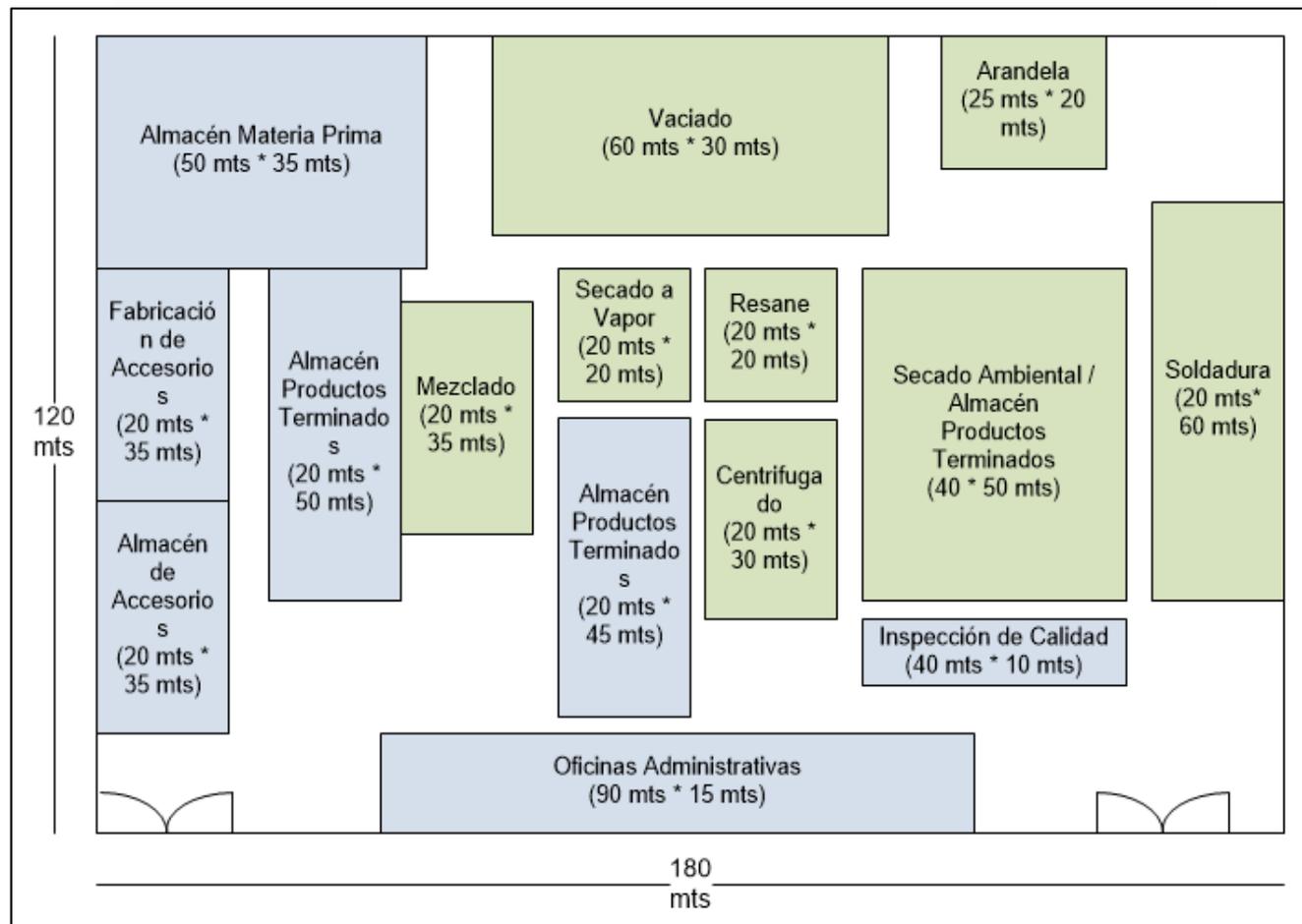
Fuente: La Empresa.

Elaboración Propia

Por la criticidad que representa para la Empresa, la presente investigación se centra en el proceso de Producción.

2.6.1. Procesos de Producción

El proceso productivo se basa en la fabricación de postes y accesorios. La presente investigación sólo se enfocará en la línea de producción de postes de concreto, debido a su importancia dentro de los ingresos (ventas) de la Empresa. El proceso productivo de los postes de concreto cuenta con las siguientes áreas: arandela, soldadura, mezclado, vaciado de mezcla, centrifugado, secado, resane y secado ambiental; como se muestra en la Gráfica 11.

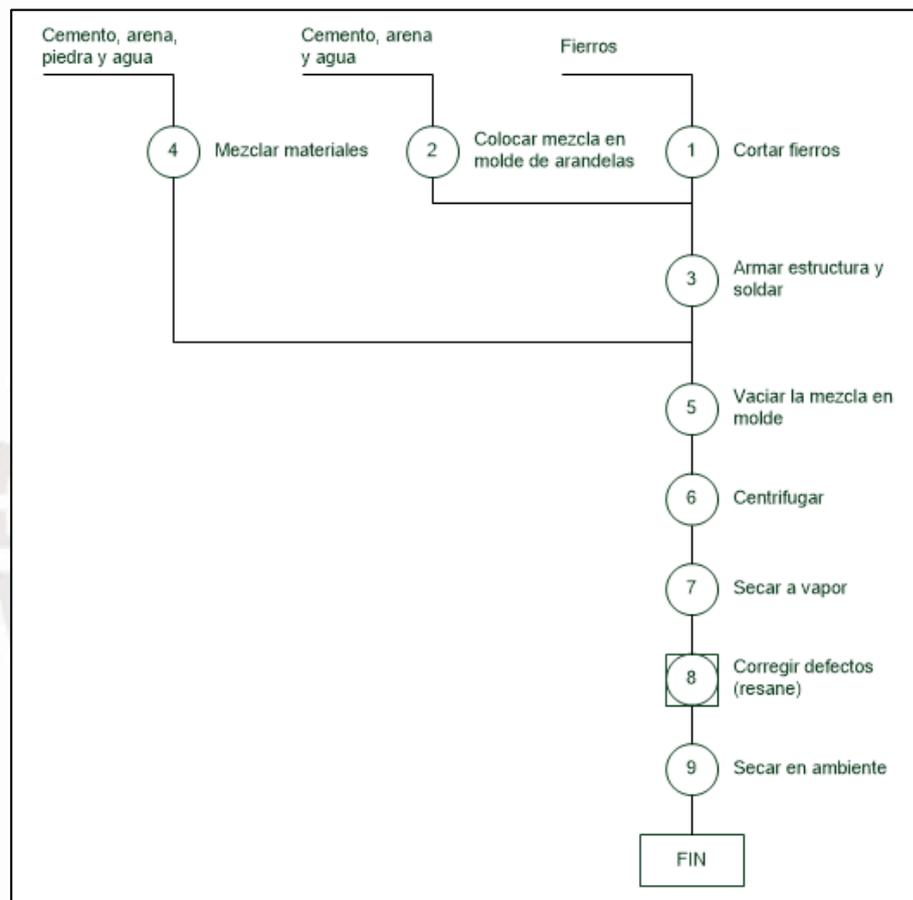


Gráfica 11: Distribución de la Planta de la Empresa

Fuente: La Empresa.

Elaboración Propia

De la Gráfica 11, se puede calcular que el área utilizada de toda la planta es del 66.2%, y las áreas de producción (color verde) utilizan el 29.6% de toda la planta. Con el fin de estandarizar la calidad de los postes de concreto, el procedimiento general efectuado es el que se muestra en el diagrama de operaciones del proceso (DOP) de la Gráfica 12, sin hacer diferencia por los distintos tamaños de postes que solicitan los clientes, cabe mencionar que no se colocan las cantidades en el diagrama ya que se utiliza el mismo procedimiento para todos los tipos de postes.



Gráfica 12: Diagrama de Operaciones del Proceso

Fuente: La Empresa.

Elaboración Propia

Del DOP se puede notar que del área de almacén existen tres rutas de materiales, que finalmente se terminan ensamblando en el vaciado de mezcla.

Adicionalmente, sólo se evidencia un punto de control que es al finalizar el proceso productivo. Como ya se mencionó, el proceso productivo de postes consta de 8 áreas, las cuales se describen en la Tabla 8.

Tabla 8: Áreas de Producción de la Empresa

Áreas	Descripción	Imagen Referencial	Características	
1. Arandelas	<p>En esta área se realiza la fabricación de arandelas para las estructuras</p> <p>Las arandelas son circunferencias que miden 2.5 cm de diámetro. Su función es evitar que la estructura de fierro se adhiera al molde, y de esta manera llenar de concreto el armazón de manera uniforme.</p>		Inputs:	Cemento, arena y agua
			Personal:	1
			Máquina o Herramientas:	Molde de arandelas
			Outputs:	Arandelas
2. Soldadura	<p>En esta área se realiza el armado de las estructuras mediante soldadura.</p> <p>Los fierros son cortados y soldados para la fabricación de estructuras, y adicionalmente se le incorporan las arandelas. Es importante que las estructuras sean fabricadas de acuerdo con el tamaño del poste, ya</p>		Inputs:	Fierro, arandelas
			Personal:	2
			Máquina o Herramientas:	Máquina de soldar
			Outputs:	Estructura

Áreas	Descripción	Imagen Referencial	Características	
	que estas le dan la resistencia necesaria.			
3. Mezclado	<p>En esta área se prepara la mezcla para posteriormente realizar el llenado de la estructura.</p> <p>El concreto fue elaborado por la mezcladora que funciona a una potencia de 10 HP.</p>		Inputs:	Cemento, arena, piedra y agua
			Personal:	2
			Máquina o Herramientas:	Mezcladora
			Outputs:	Mezcla
4. Vaciado	En esta área se realiza el vaciado de la mezcla a los moldes correspondientes.		Inputs:	Estructuras y mezcla
			Personal:	4
			Máquina o Herramientas:	Buggies y palas

Áreas	Descripción	Imagen Referencial	Características	
	<p>Todas las estructuras son colocadas en moldes de acero, y posteriormente se realiza el llenado de la mezcla.</p>		Outputs:	<p>Molde con mezcla</p>
<p>5. Centrifugado</p>	<p>En esta área se realiza el centrifugado del molde.</p> <p>El centrifugado del poste se realiza por un tiempo promedio de 20 minutos. El objetivo es hacer girar al rotor, por ello, es necesario tomar ciertas precauciones para evitar dañar el estado del motor.</p>		Inputs:	<p>Molde con mezcla</p>
			Personal:	<p>2</p>
			Máquina o Herramientas:	<p>Centrifugadora</p>
			Outputs:	<p>Poste Centrifugado</p>
<p>6. Secado a Vapor</p>	<p>En esta área se realiza el secado del poste a vapor.</p>		Inputs:	<p>Poste centrifugado</p>

Áreas	Descripción	Imagen Referencial	Características	
	<p>El secado del poste se realiza durante 15 minutos aproximadamente, con la ayuda de una máquina de vapor y unas mangueras que se colocan en los extremos del poste.</p>		Personal:	1
			Máquina o Herramientas:	Máquina de vapor
			Outputs:	Poste secado a vapor
7. Resane	<p>En esta área se realizan los últimos retoques a la superficie de los postes.</p> <p>El resane consiste en lijar, barnizar, y corregir alguna deformidad como consecuencia del centrifugado.</p>		Inputs:	Poste secado a vapor y pintura
			Personal:	2
			Máquina o Herramientas:	Lija
			Outputs:	Poste resanado

Áreas	Descripción	Imagen Referencial	Características	
8. Secado Ambiental	<p>En esta área se realiza el secado al aire libre.</p> <p>El poste debe permanecer dos días como mínimo en secado ambiental para que obtenga la dureza y resistencia adecuada. Esto es controlado en las pruebas de calidad "Rotura", mediante un muestreo.</p>		Inputs:	Poste resanado
			Personal:	-
			Máquina o Herramientas:	-
			Outputs:	Producto Terminado

Fuente: La Empresa.

Elaboración Propia

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En el presente capítulo se desarrolla el análisis de la situación actual del área y productos seleccionados para la presente investigación, brindando un diagnóstico adecuado de la Empresa que permitirá definir las herramientas y metodologías a usarse para mejorar su proceso productivo.

3.1. Definición del Objeto de Estudio

La finalidad de definir el objeto de estudio es centrar los esfuerzos de la implementación de mejoras en las áreas, productos y procesos críticos de la Empresa.

3.1.1. Definición del Área de Interés

La Empresa se conforma de un total de 5 áreas o departamentos principales (véase Gráfica 8). El nivel de criticidad de cada área ha sido evaluado mediante un juicio de expertos, con el apoyo del gerente general y de las jefaturas de la misma Empresa. Para este ejercicio se solicitó una puntuación para cada área, teniendo como referente a los sobrecostos que generan estas áreas a la Empresa, siendo 1: bajo, 3: medio, 5: alto. Con lo cual, se obtuvo los resultados detallados en la Tabla 9.

Tabla 9: Juicio de Expertos para Identificar Área de Interés

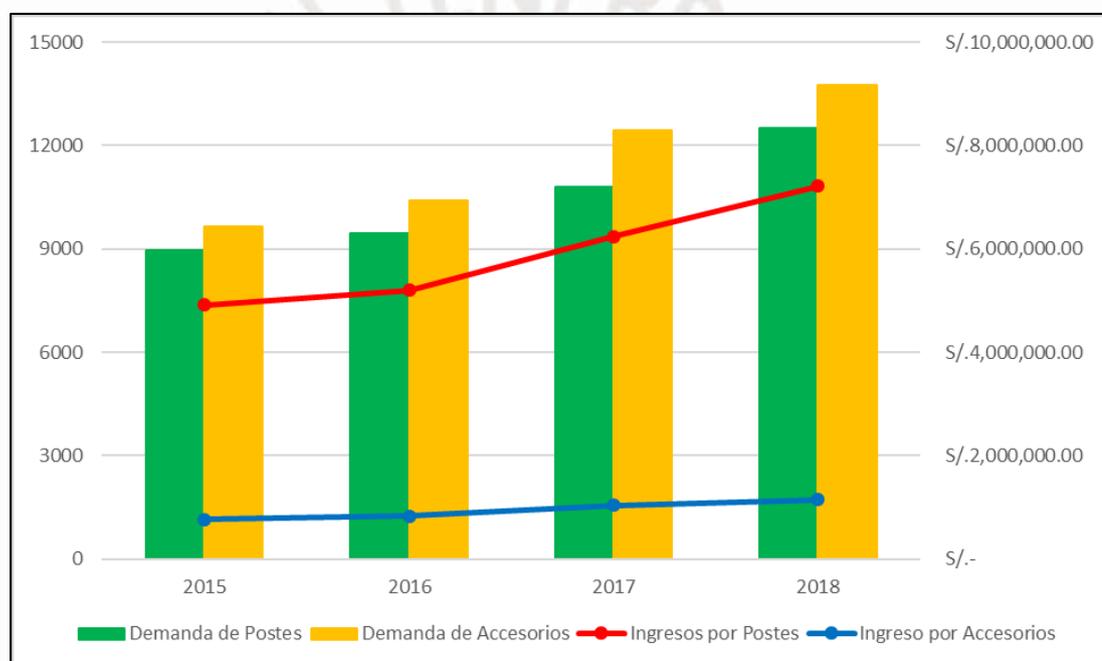
Área	Gerente General	Jefe de Administrativo	Jefe de Ventas	Jefe de Producción	Total de Valoración
Administración	1	1	1	1	4
Ventas	3	3	3	1	10
Producción	5	5	5	5	20
Logística	3	3	1	3	10
Despacho	3	1	5	3	12

Elaboración Propia

Con el juicio de expertos se confirma la importancia de definir al área de Producción como crítica. Por ello, el interés de este trabajo de investigación en centrarse en realizar mejoras en el proceso productivo de la Empresa.

3.1.2. Definición del Producto de Interés

Teniendo como base el área de Producción como crítico, ahora es necesario definir los productos críticos en los cuales se debe enfocar esta investigación. En el área de Producción se fabrican postes y accesorios, los cuales se van a comparar en base a la demanda anual y a los ingresos que han generado para la Empresa desde el 2015 al 2018.



Gráfica 13: Histórico de Demanda e Ingresos por Tipo de Productos (2015-2018)

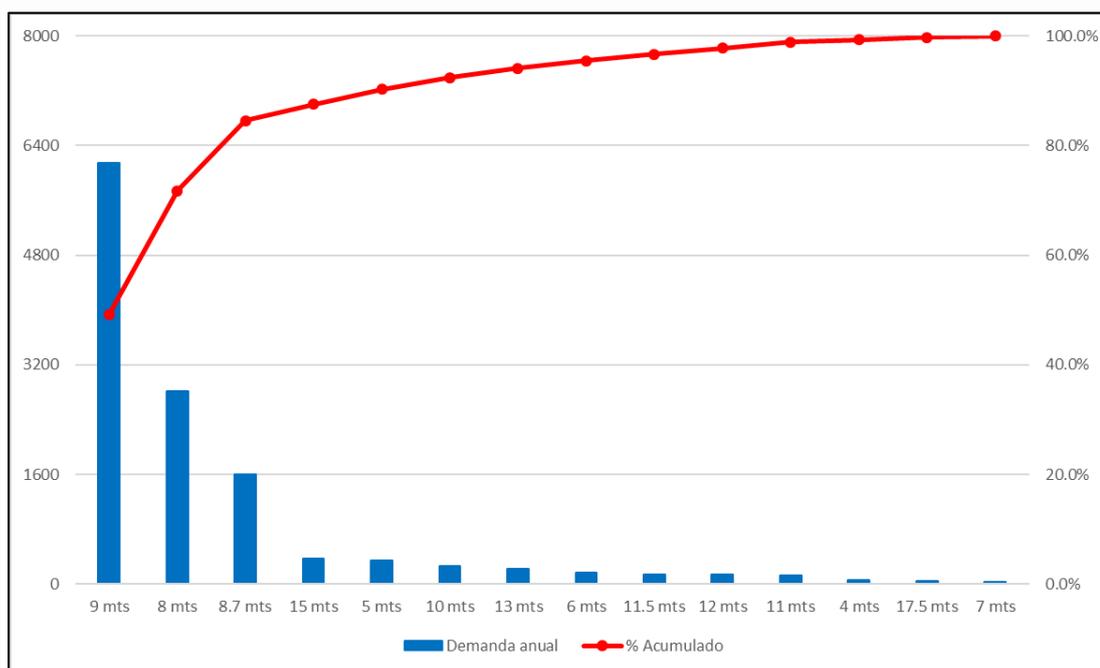
Fuente: La Empresa.

Elaboración Propia

De la Gráfica 13, se observa que las demandas de los últimos años en ambos productos han incrementado considerablemente, desde el 2015 al 2018, el aumento de la demanda de postes ha sido de 39.7% y el aumento de la demanda de accesorios ha sido de 42.2%. Con respecto a los ingresos, el incremento también ha ido en incremento, desde el 2015 al 2018, el aumento de los ingresos por la venta de postes ha sido de 46.6% y el aumento de ingresos por la venta de accesorios ha sido

de 49.4%. Realizando una comparación, entre los dos productos, se puede notar que en promedio, los postes representan el 86.1% de los ingresos totales de la Empresa. Por ello, este trabajo de investigación se centra en el estudio de los postes de concreto.

La Empresa fabrica una gran variedad de tamaño de postes de concreto, para analizar la importancia de cada modelo se ha realizado un diagrama de Pareto con la cantidad demandada en el 2018. Ver la Gráfica 14.



Gráfica 14: Demanda Anual por Tamaño de Poste (2018)

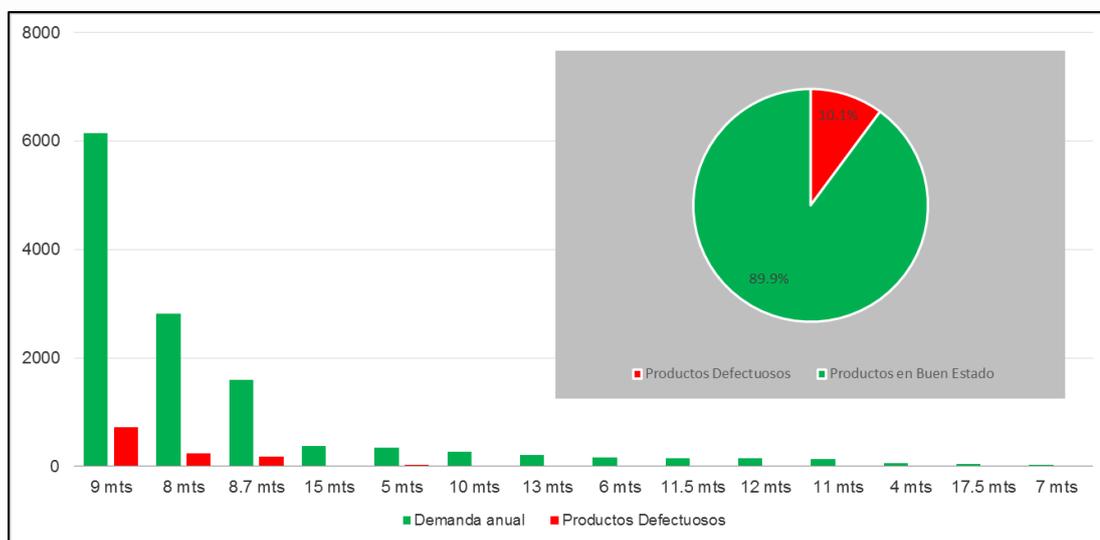
Fuente: La Empresa.

Elaboración Propia

Con la información expuesta, se precisa que dentro del área de Producción, los postes de 9, 8 y 8.7 metros son los más importantes para la Empresa, en referencia a la demanda del mercado (84.5% en total). En conclusión, se define que el Objeto de Estudio son los postes de 8, 8.7 y 9 metros fabricados en el Área de Producción de la Empresa.

En la Gráfica 15 se muestra el total de postes demandados en el 2018, y la cantidad de postes defectuosos que se generaron en la producción para poder cumplir con la demanda del mercado. Adicionalmente, se muestra el porcentaje de productos

defectuosos y los productos en buen estado que resultaron del proceso de producción.



Gráfica 15: Productos Defectuosos vs Productos en Buen Estado - Producción Total (2018)

Fuente: La Empresa.

Elaboración Propia

Es importante mencionar que, del total de la producción de postes, el 10.1% es defectuoso; y que los productos defectuosos de los postes seleccionados (8, 8.7 y 9 metros), representan el 90.4% del total de productos defectuosos. Lo cual, permite concluir que la selección de los postes de 8, 8.7 y 9 metros es la adecuada.

3.2. Descripción de la Situación Actual del Área de Producción

La descripción del proceso productivo de los postes de 8, 8.7 y 9 metros se ha realizado con la ayuda de las herramientas: DAP, DR y VSM. Esto con la finalidad de proporcionar mayor detalle del flujo del proceso productivo a nivel de operaciones, materiales e información.

3.2.1. Diagrama de Análisis de Procesos Actual (DAP Actual)

En el Diagrama de Análisis de Procesos de fabricación de postes de concreto (8, 8.7 y 9 metros) se visualizan las operaciones, transportes, almacenajes y demoras. En

la Gráfica 16, se presenta el DAP del material actual, que en secuencia es el mismo para los 3 tamaños de poste seleccionados, sin embargo, difieren en los tiempos de ejecución.

DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESOS											
Proceso: Producción de Poste de Concreto (8, 8.7 y 9 metros)										Año: 2018	
N°	DESCRIPCION	Operación	Inspección	Operación / Inspección	Transporte	Demora	Almacen	Tiempos			OBSERVACIONES
								8 mts	8.7 mts	9 mts	
1	Almacenamiento Materia Prima e Insumos	○	□	⊗	→	D	▽				Cemento, piedra, arena, fierros
2	Transporte de Materia Prima e Insumos de Almacen a Área de Arandelas	○	□	⊗	→	D	▽	3.2	3.2	3.2	Cemento, arena, agua
3	Fabricación de Arandela	●	□	⊗	→	D	▽	6.9	7.5	7.8	Molde de arandela
4	Transporte de Arandelas a Área de Soldadura	○	□	⊗	→	D	▽	1.5	1.5	1.5	Arandelas
5	Transporte de Materia Prima e Insumos de Almacen a Área de Soldadura	○	□	⊗	→	D	▽	2.4	2.5	2.5	Fierros
6	Soldadura de Estructura de Poste	●	□	⊗	→	D	▽	18.2	18.5	18.7	Máquina de soldar
7	Transporte de Estructura de Poste a Área de Vaciado	○	□	⊗	→	D	▽	1.7	1.7	1.7	-
8	Transporte de Materia Prima e Insumos de Almacen a Área de Mezclado	○	□	⊗	→	D	▽	5.5	5.5	5.5	Cemento, piedra, arena, agua
9	Elaboración de Mezcla de Concreto	●	□	⊗	→	D	▽	8.9	9.7	10.0	Mezcladora
10	Espera de Mezcla de Concreto en Área de Mezclado	○	□	⊗	→	D	▽				Mezcladora
11	Transporte de Mezcla de Concreto a Área de Vaciado	○	□	⊗	→	D	▽	4.4	4.5	4.6	-
12	Vaciado de Mezcla en Estructura	●	□	⊗	→	D	▽	3.4	3.5	3.6	Molde de poste, buggies
13	Cierre del Molde de Estructura	●	□	⊗	→	D	▽	3.6	3.6	3.6	Tapa de molde, pernos
14	Transporte de Molde con Mezcla a Área de Centrifugado	○	□	⊗	→	D	▽	0.7	0.7	0.7	-
15	Centrifugado de Molde con Mezcla	●	□	⊗	→	D	▽	20.9	20.9	20.9	Centrifugadora
16	Transporte de Molde Centrifugado a Área de Secado	○	□	⊗	→	D	▽	1.4	1.4	1.4	-
17	Secado a Vapor del Molde Centrifugado	●	□	⊗	→	D	▽	19.8	19.9	19.9	Máquina de vapor
18	Desmoldado de Poste	●	□	⊗	→	D	▽	8.9	9.1	9.2	-
19	Transporte de Poste a Área de Resane	○	□	⊗	→	D	▽	1.7	1.7	1.7	-
20	Resane de Poste	○	□	⊗	→	D	▽	5.1	5.2	5.2	Lija, pintura, barniz
21	Transporte de Poste a Almacen de Productos Terminados	○	□	⊗	→	D	▽	2.0	2.0	2.0	-
22	Secado Ambiental de Poste	●	□	⊗	→	D	▽				-
23	Almacenamiento de Poste Terminado	○	□	⊗	→	D	▽				-
TOTAL		9	0	1	10	1	2				

Gráfica 16: Diagrama de Análisis de Procesos Actual del Material

Elaboración Propia

Tabla 10: Resumen del DAP del Material

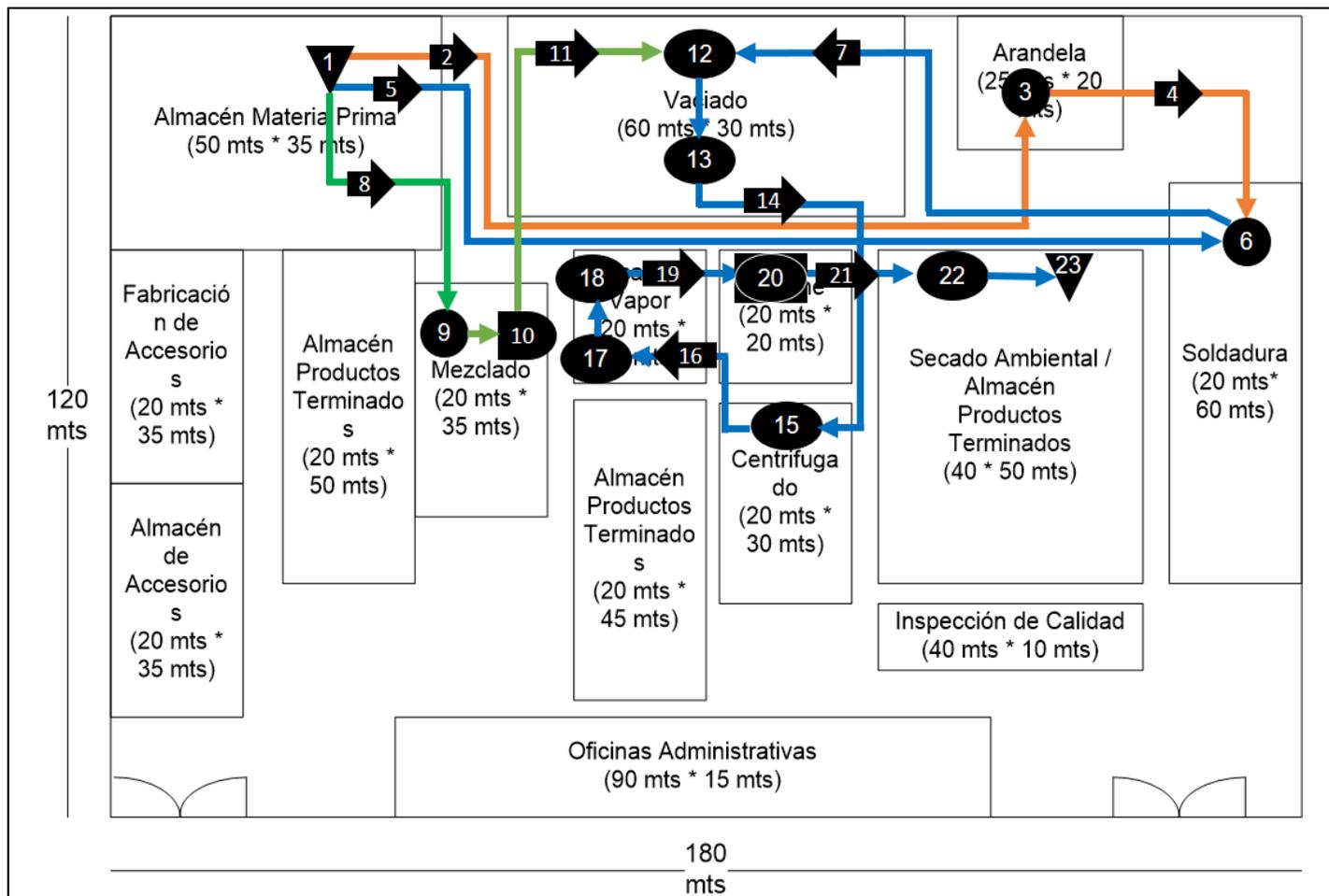
Actividad	Tiempos del Poste de 8 mts (min)	Tiempos del Poste de 8.5 mts (min)	Tiempos del Poste de 9 mts (min)
Operación	90.6	92.7	93.7
Operación-Inspección	5.1	5.2	5.2
Transporte	24.5	24.7	24.8

Elaboración Propia

En la Gráfica 16 se visualiza que la cantidad de transportes es mayor que la cantidad de operaciones, asimismo en la Tabla 10, el tiempo de transporte promedio representa el 25.3% del total de operaciones (incluyendo la inspección). Adicionalmente, se observa que sólo se tienen un punto de inspección, y que el tiempo promedio dedicado a esta actividad es del 4.2% referente al tiempo total de las actividades. Finalmente, se puede visualizar que solo existe una demora en el proceso productivo que consiste en que la mezcla de concreto espera en la máquina mezcladora hasta que llegue la estructura al área de vaciado proveniente del área de soldadura, para luego ser llevada esta mezcla de concreto también al área de vaciado; se puede concluir que es un proceso bastante continuo, y esto se debe a que el material no puede detenerse en el proceso porque el cemento (material principal) se endurecería y se perdería todo lo incluido hasta ese momento en el producto, que aún se encuentra en proceso.

3.2.2. Diagrama de Recorrido Actual (DR Actual)

En el Diagrama de Recorrido para el proceso de fabricación de postes de concreto (8, 8.5 y 9 metros) se visualizan los transportes del material entre las distintas áreas de producción. En la Gráfica 17, se presenta el DR del material actual, que en secuencia es el mismo para los tres tamaños de poste seleccionados.



Gráfica 17: Diagrama de recorrido de la Empresa

Elaboración Propia

En la Gráfica 17 se puede observar los siguientes transportes de material:

- Del Almacén de Materia Prima se realizan 3 traslados (2, 5 y 8)
- Las arandelas obtenidas en el Área de Arandelas se trasladan al Área de Soldadura (4)
- La estructura resultante del Área de Soldadura se traslada al Área de Vaciado (7)
- La mezcla obtenida en el Área de Mezclado se traslada al Área de Vaciado (11)
- El molde resultante del Área de Vaciado se traslada al Área de Centrifugado (14)
- El molde centrifugado obtenido del Área de Centrifugado se traslada al Área de Secado a Vapor (16)
- El molde secado resultante del Área de Secado a Vapor se traslada al Área de Resane (19)
- El poste obtenido del Área de Resane, se traslada al Área de Secado Ambiental o Almacén de Productos Terminados (21)

En conclusión, se puede notar una cantidad considerable de cruces entre los movimientos, que complican el tránsito de los materiales en proceso, con la materia prima y los productos terminados.

3.2.3. Mapeo de Flujo de Valor Actual (VSM Actual)

En esta sección se realiza el VSM actual, en el cual se detallan las actividades del proceso productivo de los postes de concreto de 8, 8.7 y 9 metros, teniendo en consideración que la demanda de postes se realiza por pedido, y la producción de cada tipo de poste involucra un rango de 10 a 20 días continuos, esto debido a los cambios de molde para realizar cada tipo de poste involucra 10 min por poste (36 postes diarios).

Para el diseño del VSM actual se analizan los indicadores de takt time para cada tamaño de poste y los tiempos de ciclo para cada parte del proceso productivo.

1. Indicador Takt Time por Poste

Para calcular el tiempo disponible por día, se define la cantidad de día al mes que se trabajan, la cantidad de horas por día y los turnos de trabajo.

Tabla 11: Cálculo del Tiempo Disponible por Día

Información del Tiempo en un Día de Trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • 24 días al mes • 1 turno de trabajo por día • 9 horas por turno • Descansos: 1 hora por almuerzo • Ineficiencias del proceso: 23.5% (véase Tabla 36)
Tiempo Disponible por Día	$100\% - 23.5\% \times \left(\frac{1 \text{ turno}}{\text{día}} \times \frac{8 \text{ horas}}{\text{turno}} \times \frac{60 \text{ minutos}}{\text{hora}} \right)$ $= 367.2 \text{ minutos/día}$
Capacidad de producción por día	$\frac{\text{Tiempo disponible por día}}{\text{Tiempo cuello de botella}} = \frac{367.2 \text{ minutos/día}}{10.45 \text{ minutos/poste}}$ $= 35.14 \text{ (redondeado 36 postes/día)}$

Elaboración Propia

Considerando una demanda promedio mensual de 235 postes de 8 metros, 133 postes de 8.7 metros y 512 postes de 9 metros, se desarrollan los siguientes cálculos detallados en la Tabla 12.

Tabla 12: Cálculo del indicador Takt Time por Poste

	Poste de 8 metros	Poste de 8.7 metros	Poste de 9 metros
Demanda diaria del cliente	$\frac{235 \text{ postes/mes}}{24 \text{ días /mes}}$ $= 9.79 \text{ postes por día}$ Redondeo: 10 postes por día	$\frac{133 \text{ postes/mes}}{24 \text{ días /mes}}$ $= 5.54 \text{ postes por día}$ Redondeo: 6 postes por día	$\frac{512 \text{ postes/mes}}{24 \text{ días /mes}}$ $= 21.33 \text{ postes por día}$ Redondeo: 22 postes por día
Takt time	$\frac{\frac{367.2 \text{ minutos}}{\text{día}}}{\frac{10 \text{ postes}}{\text{día}}}$ $= 36.72 \text{ minutos /poste}$	$\frac{\frac{367.2 \text{ minutos}}{\text{día}}}{\frac{6 \text{ postes}}{\text{día}}}$ $= 61.2 \text{ minutos /poste}$	$\frac{\frac{367.2 \text{ minutos}}{\text{día}}}{\frac{22 \text{ postes}}{\text{día}}}$ $= 16.69 \text{ minutos /poste}$

Elaboración Propia

2. Indicador Tiempo de Ciclo por Operación

A continuación, se muestra información de las áreas de producción y además del cálculo de los indicadores que son necesarias para el VSM Actual.

Con respecto a la tasa de función, hace referencia al porcentaje de utilización del tiempo disponible del área y tasa de cambio hace referencia a cambio de un molde a otro.

2.1. Secado Ambiental

En la Tabla 13 se muestra la materia prima entrante al área de Secado Ambiental, además de información necesaria del área de producción en mención.

Es importante mencionar que el secado ambiental es importante ya que un poste no puede salir a la venta inmediatamente, debe respetarse el tiempo de secado debido a la sensibilidad de los materiales del poste.

Tabla 13: Información del Área de Secado Ambiental

Información Necesaria para TC	Poste de 9 metros.	Poste de 8.7 metros.	Poste de 8 metros.
Entrada:	Postes Resanados	Postes Resanados	Postes Resanados
Tiempo de Procesamiento:	4320 minutos /Fabricación Diaria	4320 minutos /Fabricación Diaria	4320 minutos /Fabricación Diaria
Salida:	Postes (Producción Diaria)	Postes (Producción Diaria)	Postes (Producción Diaria)

Elaboración Propia

- Tiempo de procesamiento equivalente por poste:

$$\begin{aligned}
 \text{Capacidad de producción diaria} &= \frac{\text{Tiempo disponible por día}}{\text{Tiempo cuello de botella}} \\
 &= \frac{367.2 \text{ minutos/día}}{10.45 \text{ minutos/poste}} = 35.14 \text{ (redondeado 36 postes/día)}
 \end{aligned}$$

Tiempo de procesamiento (Poste de 9, 8.7 y 8 mts) = 4320 minutos / 36 postes

$$\text{TC (9, 8.7 y 8 mts.)} = 4320 \text{ minutos} / 36 \text{ postes} = 120 \text{ minutos/poste}$$

En la Tabla 14 se muestra el tiempo de cambio del área de Secado Ambiental.

Tabla 14: Información de Indicadores del Área de Secado Ambiental

Información de TC	Poste de 9 metros.	Poste de 8.7 metros.	Poste de 8 metros.
TC	120 minutos	120 minutos	120 minutos

Elaboración Propia

2.2. Resane

En la Tabla 15 se muestra la materia prima entrante al área de Resane, además de información necesaria del área de producción en mención.

Tabla 15: Información del Área de Resane

Información Necesaria para TC	Poste de 9 metros.	Poste de 8.7 metros.	Poste de 8 metros.
Entrada:	1 poste 1 Lija Pintura	1 poste 1 Lija Pintura	1 poste 1 Lija Pintura
Número de Operarios:	1 operario	1 operario	1 operario
Número de Maquinas:	Manual	Manual	Manual
Tiempo de Procesamiento:	5.2 minutos / poste resanado	5.2 minutos / poste resanado	5.2 minutos / poste resanado
Nivel de Calidad:	90%	90%	90%
Fiabilidad de la Máquina:	95% (tasa de no ausentismo)	95% (tasa de no ausentismo)	95% (tasa de no ausentismo)
Tiempo de ajuste de máquina para procesar otro producto:	1 minutos (ajuste de molde)	1 minutos (ajuste de molde)	1 minutos (ajuste de molde)
Salida:	1Poste Resanado (Producto Terminado)	1Poste Resanado (Producto Terminado)	1Poste Resanado (Producto Terminado)

Elaboración Propia

- Tiempo de procesamiento y tiempo de ciclo equivalente por poste:

Tiempo de procesamiento (Poste de 9, 8.7 y 8 mts)

= (5.2 minutos / poste resanado)

= 5.2 min/poste resnado (x 1 operario)

$$TC (9, 8.7 \text{ y } 8 \text{ mts.}) = \frac{5.2 \text{ minutos/poste resanado} \times 1 \text{ operario}}{1 \text{ operario}}$$

$$= 5.2 \text{ minutos/poste resanado}$$

En la Tabla 16 se muestra el tiempo de ciclo, % de calidad, cantidad de operarios y tiempo de cambio del área de Resane

Tabla 16: Información de Indicadores del Área de Resane

Información de TC	Poste de 9 metros.	Poste de 8.7 metros.	Poste de 8 metros.
TC	5.2 minutos	5.2 minutos	5.2 minutos
Tasa de Cambio	1 minutos	1 minutos	1 minutos
Tasa de Función	95%	95%	95%
Calidad	90%	90%	90%
Número de Operarios	1	1	1

Elaboración Propia

2.3. Secado a Vapor

En la Tabla 17 se muestra la materia prima entrante al área de Secado a vapor, además de información necesaria del área de producción en mención.

Tabla 17: Información del Área de Secado a Vapor

Información Necesaria para TC	Poste de 9 metros.	Poste de 8.7 metros.	Poste de 8 metros.
Entrada:	1 molde centrifugado	1 molde centrifugado	1 molde centrifugado
Número de Operarios:	1 operario	1 operario	1 operario
Número de Maquinas:	4	4	4

Tiempo de Procesamiento:	29.1 minutos / 4 postes secos	29 minutos / 4 postes secos	28.7 minutos / 4 postes secos
Nivel de Calidad:	85%	85%	85%
Fiabilidad de la Máquina:	89% (tasa de no ausentismo)	89% (tasa de no ausentismo)	89% (tasa de no ausentismo)
Tiempo de ajuste de máquina para procesar otro producto:	1 minutos (ajuste de molde)	1 minutos (ajuste de molde)	1 minutos (ajuste de molde)
Salida:	1 poste	1 poste	1 poste

Elaboración Propia

- Tiempo de procesamiento y tiempo de ciclo equivalente por poste:

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de procesamiento Poste de 9 mts.} &= (29.1 \text{ minutos} / \text{poste seco}) \\ &= 29.1 \text{ min/poste seco (x 4 máquinas)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{PTiempo de procesamiento Poste de 8.7 mts.} &= (29 \text{ minutos} / \text{poste seco}) \\ &= 29 \text{ min/poste seco (x 4 máquinas)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de procesamiento Poste de 8 mts.} &= (28.7 \text{ minutos} / \\ &\text{poste seco}) = 28.7 \text{ min/poste seco (x 4 máquinas)} \end{aligned}$$

$$TC (9 \text{ mts.}) = \frac{29.1 \text{ minutos/poste seco} \times 1 \text{ máquina}}{4 \text{ máquinas}} = 7.27 \text{ minutos/poste seco}$$

$$TC (8.7 \text{ mts.}) = \frac{29 \text{ minutos/poste seco} \times 1 \text{ máquina}}{4 \text{ máquinas}} = 7.25 \text{ minutos/poste seco}$$

$$TC (8 \text{ mts.}) = \frac{28.7 \text{ minutos/poste seco} \times 1 \text{ máquina}}{4 \text{ máquinas}} = 7.175 \text{ minutos/poste seco}$$

En la Tabla 18 se muestra el tiempo de ciclo, % de calidad, cantidad de operarios y tiempo de cambio del área de Secado a Vapor.

Tabla 18: Información de Indicadores del Área de Secado a Vapor

Información de TC	Poste de 9 metros.	Poste de 8.7 metros.	Poste de 8 metros.
TC	7.27 minutos/poste	7.25 minutos/poste	7.175 minutos/poste
Tasa de Cambio	2 minutos	2 minutos	2 minutos
Tasa de Función	95%	95%	95%
Calidad	90%	90%	90%
Número de Maquinas:	4	4	4

Elaboración Propia

2.4. Centrifugado

En la Tabla 19 se muestra la materia prima entrante al área de Centrifugado, además de información necesaria del área de producción en mención.

Tabla 19: Información del Área de Centrifugado

Información Necesaria para TC	Poste de 9 metros.	Poste de 8.7 metros.	Poste de 8 metros.
Entrada:	2 moldes con mezcla	2 moldes con mezcla	2 moldes con mezcla
Número de Operarios:	1 operarios	1 operarios	1 operarios
Número de Maquinas:	2 máquinas	2 máquinas	2 máquinas
Tiempo de Procesamiento:	20.9 minutos / poste	20.9 minutos / poste	20.9 minutos / poste
Nivel de Calidad:	60%	60%	60%
Fiabilidad de la Máquina:	60%	60%	60%
Tiempo de ajuste de máquina para procesar otro producto:	10 minutos	10 minutos	10 minutos
Salida:	2 postes de 9 metros	2 postes de 9 metros	2 postes de 9 metros

Elaboración Propia

- Tiempo de procesamiento y tiempos de ciclo equivalente por poste:

Tiempo de procesamiento Poste de 9, 8.7 y 8 mts

$$= (20.9 \text{ minutos} / \text{poste centrifugado})$$

$$= 20.9 \text{ min/poste centrifugado (x 1 máquina)}$$

$$TC (9, 8.7 \text{ y } 8 \text{ mts.}) = \frac{20.9 \text{ minutos/poste centrifugado} \times 1 \text{ máquina}}{2 \text{ máquinas}}$$

$$= 10.45 \text{ minutos/poste centrifugado}$$

En la Tabla 20 se muestra el tiempo de ciclo, % de calidad, cantidad de operarios y tiempo de cambio del área de Centrifugado.

Tabla 20: Información de Indicadores del Área de Centrifugado

Información de TC	Poste de 9 metros.	Poste de 8.7 metros.	Poste de 8 metros.
TC	10.45 minutos	10.45 minutos	10.45 minutos
Tasa de Cambio	10 minutos	10 minutos	10 minutos
Tasa de Función	60%	60%	60%
Calidad	60%	60%	60%
Número de Maquinas:	2	2	2

Elaboración Propia

2.5. Vaciado

En la Tabla 21 se muestra la materia prima entrante al área de Vaciado de Mezcla, además de información necesaria del área de producción en mención.

Tabla 21: Información del Área de Vaciado

Información Necesaria para TC	Poste de 9 metros.	Poste de 8.7 metros.	Poste de 8 metros.
Entrada:	2 canastillas con mezcla (4 unid de buggy)	2 canastillas con mezcla (3.9 unid de buggy)	2 canastillas con mezcla (3.6 unid de buggy)
Número de Operarios:	4 operarios	4 operarios	4 operarios
Número de Maquinas:	Manual	Manual	Manual

Tiempo de Procesamiento:	16.8 minutos / 2 moldes con mezcla	16.5 minutos / 2 moldes con mezcla	15.8 minutos / 2 moldes con mezcla
Nivel de Calidad:	90%	90%	90%
Fiabilidad de la Máquina:	95% (tasa de no ausentismo)	95% (tasa de no ausentismo)	95% (tasa de no ausentismo)
Tiempo de ajuste de estación para procesar otro producto:	9 minutos	9 minutos	9 minutos
Salida:	2 moldes con mezcla cerrado	2 moldes con mezcla cerrado	2 moldes con mezcla cerrado

Elaboración Propia

- Tiempo de procesamiento y tiempo de ciclo equivalente por poste:

PTiempo de procesamiento Poste de 9 mts

$$= (16.8 \text{ minutos} / \text{molde con mezcla})$$

$$= 16.8 \text{ min/molde con mezcla (x 2 operario)}$$

Tiempo de procesamiento Poste de 8.7 mts

$$= (16.5 \text{ minutos} / \text{molde con mezcla})$$

$$= 16.5 \text{ min/molde con mezcla (x 2 operario)}$$

Tiempo de procesamiento Poste de 8 mts = (15.8 minutos / molde con mezcla)

$$= 15.8 \text{ min/molde con mezcla (x 2 operario)}$$

$$TC (9 \text{ mts}) = \frac{16.8 \text{ minutos} / \text{molde con mezcla} \times 2 \text{ operario}}{4 \text{ operarios}}$$

$$= 8.4 \text{ minutos/molde con mezcla}$$

$$TC (8.7 \text{ mts}) = \frac{16.5 \text{ minutos} / \text{molde con mezcla} \times 2 \text{ operario}}{4 \text{ operarios}}$$

$$= 8.25 \text{ minutos/molde con mezcla}$$

$$TC (8 \text{ mts.}) = \frac{15.8 \text{ minutos} / \text{molde con mezcla} \times 2 \text{ operario}}{4 \text{ operarios}}$$

$$= 7.9 \text{ minutos/molde con mezcla}$$

En la Tabla 22 se muestra el tiempo de ciclo, % de calidad, cantidad de operarios y tiempo de cambio del área de Vaciado.

Tabla 22: Información de Indicadores del Área de Vaciado

Información de TC	Poste de 9 metros.	Poste de 8.7 metros.	Poste de 8 metros.
TC	8.4 minutos	8.25 minutos	7.9 minutos
Tasa de Cambio	9 minutos	9 minutos	9 minutos
Tasa de Función	80%	80%	80%
Calidad	85% (tasa de no ausentismo)	85% (tasa de no ausentismo)	85% (tasa de no ausentismo)
Número de Operarios	2	2	2

Elaboración Propia

2.6. Mezclado

En la Tabla 23 se muestra la materia prima entrante al área de Mezclado, además de información necesaria del área de producción en mención.

Tabla 23: Información del Área de Mezclado

Información Necesaria para TC	Poste de 9 metros.	Poste de 8.7 metros.	Poste de 8 metros.
Entrada:	3.5 bolsas de cemento 3.5 carretillas de piedra 2.7 carretillas de arena 16 Lt de agua (por 3)	3.5 bolsas de cemento 3.5 carretillas de piedra 3 carretillas de arena 16 Lt de agua (por 3)	3 bolsas de cemento 3.0 carretillas de piedra 2.8 carretillas de arena 12 Lt de agua (por 3)
Número de Operarios:	2 operarios	2 operarios	2 operarios
Número de Maquinas:	1 máquina	1 máquina	1 máquina
Tiempo de Procesamiento:	10 minutos / 12 buggy de mezcla	9.7 minutos / 11.7 buggy de mezcla	8.9 minutos / 10.8 buggy de mezcla
Nivel de Calidad:	68%	68%	68%

Fiabilidad de la Máquina:	68%	68%	68%
Tiempo de ajuste de máquina para procesar otro producto:	12 minutos	12 minutos	12 minutos
Salida:	12 buggies de mezcla	11.7 buggies de mezcla	10.8 buggies de mezcla

Elaboración Propia

- Tiempo de procesamiento y tiempo de ciclo equivalente por poste:

Tiempo de procesamiento Poste de 9 mts

$$= (10 \text{ minutos} / 12 \text{ buggies de mezcla}) \times (4 \text{ buggies} / \text{molde con mezcla}) = 3.3 \text{ min/mezcla poste} (x 1 \text{ máquina})$$

Tiempo de procesamiento Poste de 8.7 mts

$$= (9.7 \text{ minutos} / 11.7 \text{ buggy de mezcla}) \times (3.9 \text{ buggy} / \text{molde con mezcla}) = 3.23 \text{ min/mezcla poste} (x 1 \text{ máquina})$$

Tiempo de procesamiento Poste de 8 mts

$$= (8.9 \text{ minutos} / 10.8 \text{ buggy de mezcla}) \times (3.6 \text{ buggies} / \text{molde con mezcla}) = 2.96 \text{ min/mezcla poste} (x 1 \text{ máquina})$$

$$TC \text{ (9 mts.)} = \frac{3.3 \text{ minutos} / 4 \text{ buggies} \times 1 \text{ máquina}}{1 \text{ máquina}} = 3.3 \text{ minutos/mezcla poste}$$

$$TC \text{ (8.7 mts.)} = \frac{3.23 \frac{\text{minutos}}{3.9} \text{ buggies} \times 1 \text{ máquina}}{1 \text{ máquina}} = 3.23 \text{ minutos/mezcla poste}$$

$$TC \text{ (8 mts.)} = \frac{2.96 \frac{\text{minutos}}{3.6} \text{ buggies} \times 1 \text{ máquina}}{1 \text{ máquina}} = 2.96 \text{ minutos/mezcla poste}$$

En la Tabla 24 se muestra el tiempo de ciclo, % de calidad, cantidad de operarios y tiempo de cambio del área de Mezclado.

Tabla 24: Información de Indicadores del Área de Mezclado

Información de TC	Poste de 9 metros.	Poste de 8.7 metros.	Poste de 8 metros.
TC	3.3 minutos/ Mezcla poste	3.23 minutos/Mezcla poste	2.96 minutos/Mezcla poste
Tasa de Cambio	12 minutos	12 minutos	12 minutos
Tasa de Función	68%	68%	68%
Calidad	68%	68%	68%
Número de Maquinas:	1	1	1

Elaboración Propia

2.7. Soldadura

En la Tabla 25 se muestra la materia prima entrante al área de Soldadura, además de información necesaria del área de producción en mención.

Tabla 25: Información del Área de Soldadura

Información Necesaria para TC	Poste de 9 metros.	Poste de 8.7 metros.	Poste de 8 metros.
Entrada:	(8 unid) Fierro de 3/8 (2.5 unid) Soldadura (36 unid) Arandelas (1.9 kg) Kilos Alambión 1/4 (1.8 kg) Kilos Alambión N°14 (0.3 kg) Kilos Alambre N° 16 (1 unid) Tubo (por 2 estructura)	(7.8 unid) Fierro de 3/8 (3 unid) Soldadura (36 unid) Arandelas (1.9 kg) Kilos Alambión 1/4 (1.8 kg) Kilos Alambión N°14 (0.3 kg) Kilos Alambre N° 16 (1 unid) Tubo (por 2 estructura)	(8 unid) Fierro de 3/8 (2.5 unid) Soldadura (32 unid) Arandelas (1.4 kg) Kilos Alambión 1/4 (1.6 kg) Kilos Alambión N°14 (0.3 kg) Kilos Alambre N° 16 (0.5 unid) Tubo (por 2 estructura)
Número de Operarios:	2 operarios	2 operarios	2 operarios

Número de Maquinas:	2 máquinas	2 máquinas	2 máquinas
Tiempo de Procesamiento:	18.7 minutos / canastilla	18.5 minutos / canastilla	18.2 minutos / canastilla
Nivel de Calidad:	80%	80%	80%
Fiabilidad de la Máquina:	80%	80%	80%
Tiempo de ajuste de máquina para procesar otro producto:	6 minutos	6 minutos	6 minutos
Salida:	2 canastillas (Estructuras de fierro)	2 canastillas (Estructura de fierro)	2 canastillas (Estructura de fierro)

Elaboración Propia

- Tiempo de procesamiento y tiempo de ciclo equivalente por poste:

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de procesamiento Poste de 9 mts} &= (18.7 \text{ minutos} / \text{canastilla}) \\ &= 9.35 \text{ min} / \text{canastilla} (x 1 \text{ máquina}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de procesamiento Poste de 8.7 mts} &= (18.5 \text{ minutos} / \text{canastilla}) \\ &= 9.25 \text{ min} / \text{canastilla} (x 1 \text{ máquina}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de procesamiento Poste de 8 mts} &= (18.2 \text{ minutos} / \text{canastilla}) x \\ &= 9.1 \text{ min} / \text{canastilla} (x 1 \text{ máquina}) \end{aligned}$$

$$TC (9 \text{ mts.}) = \frac{18.7 \text{ min/canastilla} x 1 \text{ máquina}}{2 \text{ máquinas}} = 9.35 \text{ minutos/canastilla}$$

$$TC (8.7 \text{ mts.}) = \frac{18.5 \text{ min/canastilla} x 1 \text{ máquina}}{2 \text{ máquinas}} = 9.25 \text{ minutos/poste resanado}$$

$$TC (8 \text{ mts.}) = \frac{18.2 \text{ min/canastilla} x 1 \text{ máquina}}{2 \text{ máquinas}} = 9.1 \text{ minutos/canastilla}$$

En la Tabla 26 se muestra el tiempo de ciclo, % de calidad, cantidad de operarios y tiempo de cambio del área de Soldadura.

Tabla 26: Información de Indicadores del Área de Soldadura

Información de TC	Poste de 9 metros.	Poste de 8.7 metros.	Poste de 8 metros.
TC	9.35 minutos	9.25 minutos	9.1 minutos
Tasa de Cambio	6 minutos	6 minutos	6 minutos
Tasa de Función	80%	80%	80%
Calidad	80%	80%	80%
Número de Maquinas:	2	2	2

Elaboración Propia

2.8. Arandelas

En la Tabla 27 se muestra la materia prima entrante al área de Arandelas, además de información necesaria del área de producción en mención.

Tabla 27: Información del Área de Arandelas

Información Necesaria para TC	Poste de 9 metros.	Poste de 8.7 metros.	Poste de 8 metros.
Entrada:	7.2 kg de cemento	7.2 kg de cemento	6 kg de cemento
Número de Operarios:	1 operario	1 operario	1 operario
Número de Maquinas:	Manual	Manual	Manual
Tiempo de Procesamiento:	7.8 minutos / 36 arandelas	7.5 minutos / 36 arandelas	6.9 minutos / 32 arandelas
Nivel de Calidad:	70%	70%	70%
Fiabilidad de la Máquina:	95% (tasa de no ausentismo)	95% (tasa de no ausentismo)	95% (tasa de no ausentismo)
Tiempo de ajuste de máquina para procesar otro producto:	0.5 minutos	0.5 minutos	0.5 minutos
Salida:	36 arandelas	36 arandelas	32 arandelas

Elaboración Propia

- Tiempo de procesamiento y tiempo de ciclo equivalente por poste:

Tiempo de procesamiento (Poste de 9 y 8.7 mts)

$$= (7.8 \text{ minutos} / 36 \text{ arandelas}) = 7.8 \text{ min} / \text{poste arandelas}$$

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de procesamiento Poste de 8 mts} &= (6.9 \text{ minutos} / 32 \text{ arandelas}) \\ &= 6.9 \text{ min/poste arandelas} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TC (9 y 8.7 mts.)} &= \frac{7.8 \text{ minutos/poste arandelas} \times \text{operario}}{1 \text{ operario}} \\ &= 7.8 \text{ minutos/poste arandelas} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TC (8 mts.)} &= \frac{6.9 \text{ minutos/poste arandelas} \times \text{operario}}{1 \text{ operario}} \\ &= 6.9 \text{ minutos/poste arandelas} \end{aligned}$$

En la Tabla 28 se muestra el tiempo de ciclo, % de calidad, cantidad de maquina tiempo de cambio del área de Arandelas.

Tabla 28: Información de Indicadores del Área de Arandelas

Información de TC	Poste de 9 metros.	Poste de 8.7 metros.	Poste de 8 metros.
TC	7.8 minutos	7.5 minutos	6.9 minutos
Tasa de Cambio	0.5 minutos	0.5 minutos	0.5 minutos
Tasa de Función	70%	70%	70%
Calidad	95% (tasa de no ausentismo)	95% (tasa de no ausentismo)	95% (tasa de no ausentismo)
Número de Operarios	1	1	1

Elaboración Propia

Con toda la información calculada de las áreas de producción, se desarrolla el Mapeo de Flujo de Valor Actual de los postes de 8, 8.7 y 9 metros.

Lead time es el tiempo involucrado en la fabricación del lote de 36 unidades, se ha calculado utilizando la siguiente formula:

$$\sum \frac{\text{Capacidad de produccion diaria} * \text{Tiempo de ciclo de cada proceso}}{\text{Tiempo disponible}}$$

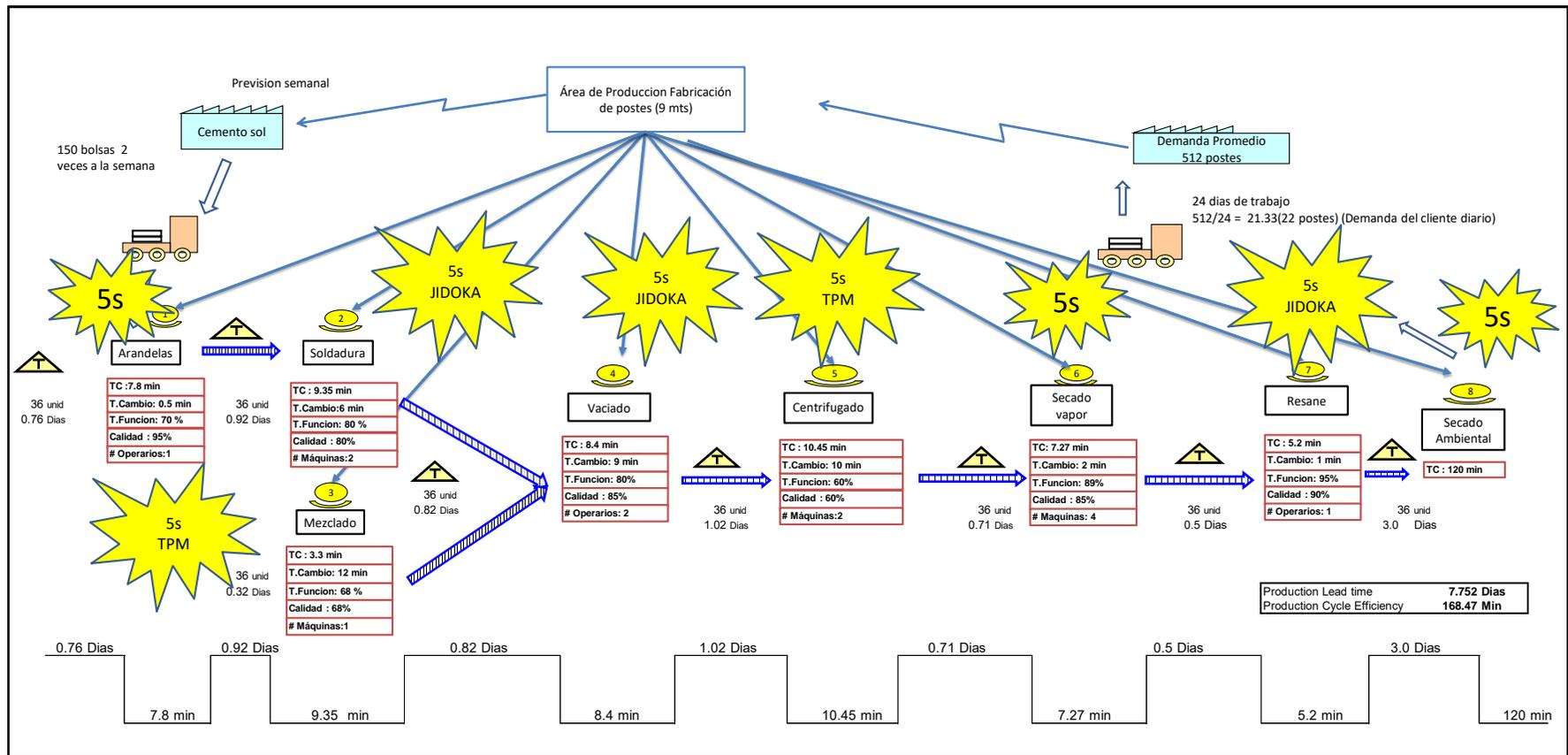
Dónde:

La capacidad de producción diaria: Está dada por el cuello de botella (10.45 min - centrifugado) para los postes de 9, 8.7 y 8 detallados en la Gráfica **18**, Gráfica 19 y Gráfica 20 respectivamente.

Tiempo disponible: *367.2 minutos/día* véase Tabla 11.

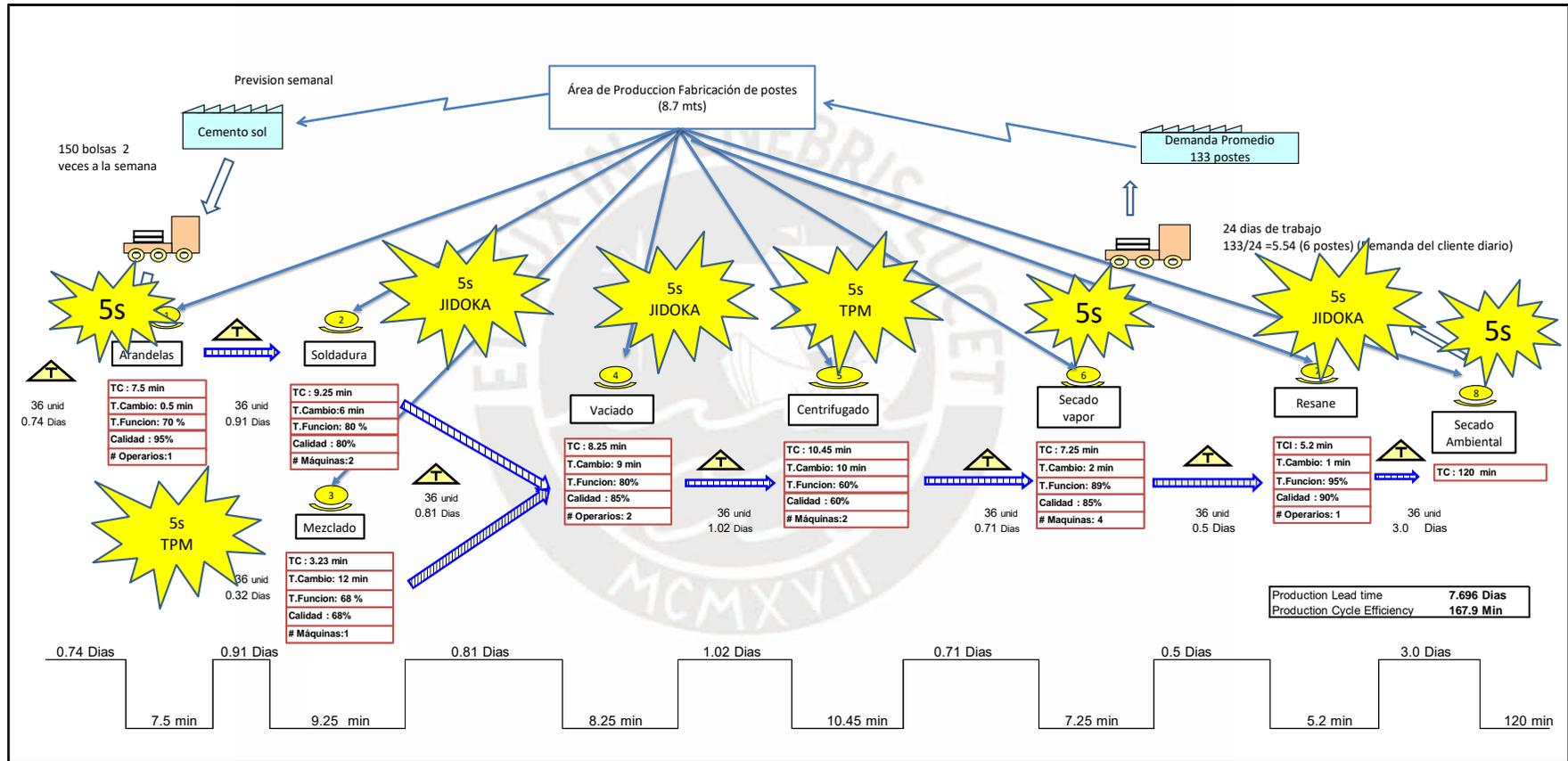
Tiempo de ciclo de cada proceso: Detalladas desde la Tabla 13 a la Tabla 28.





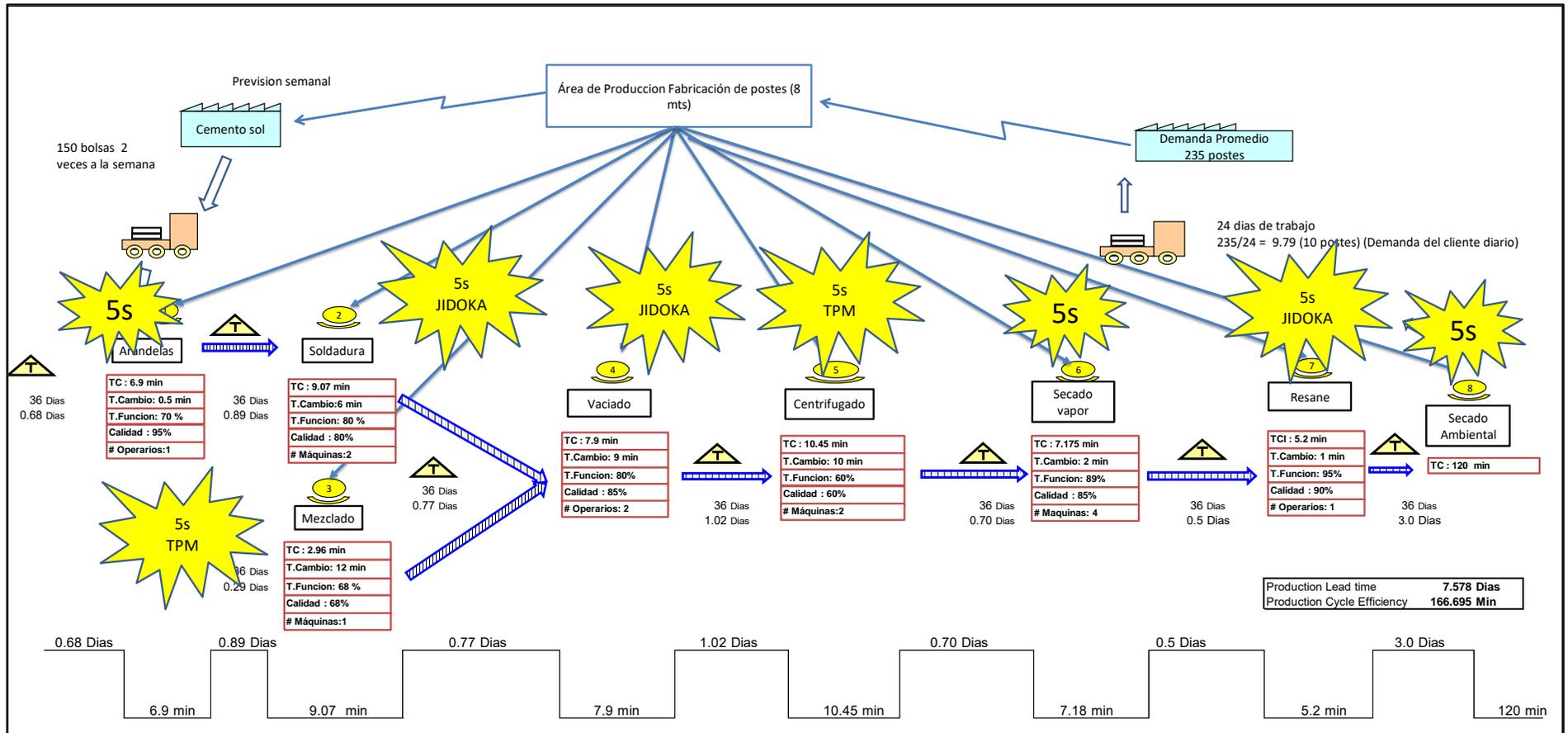
Gráfica 18: Mapeo de Flujo de Valor Actual del Poste de 9 mts.

Elaboración Propia



Gráfica 19: Mapeo de Flujo de Valor Actual del Poste de 8.7 mts.

Elaboración Propia



Gráfica 20: Mapeo de Flujo de Valor Actual del Poste de 8 mts,

Elaboración Propia

3.3. Análisis de la Problemática del Área de Producción

Teniendo como base la explicación de la situación actual del área de Producción, se analiza la presencia de desperdicios (definidos por la metodología de la manufactura esbelta), con la finalidad de identificar las causas raíz y la relación con las áreas de producción: arandela, soldadura, mezclado, vaciado de mezcla, centrifugado, secado, resane y secado ambiental.

3.3.1. Identificación de los Problemas

Para la identificación de los problemas (desperdicios según la manufactura esbelta) se ha requerido nuevamente el uso de un juicio de expertos, con el apoyo del gerente general y de las jefaturas de la misma Empresa. Para este ejercicio se solicitó una puntuación para cada desperdicio, teniendo como referente a los sobrecostos que generan estos desperdicios en el objeto de estudio (producción de postes de 8, 8.7 y 9 metros), siendo 1: bajo, 3: medio, 5: alto. Con lo cual, se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 29: Juicio de Expertos para Identificar Problemas (Desperdicios)

Tipo de Desperdicios	Gerente General	Jefe de Administrativo	Jefe de Ventas	Jefe de Producción	Total de Valoración
Sobreproducción	1	3	1	1	6
Espera	5	1	3	5	14
Transporte innecesario	3	1	1	5	10
Sobreprocesamiento	3	1	3	1	8
Inventarios	3	1	1	3	8
Movimiento innecesario	5	1	1	5	12
Productos defectuosos	5	5	5	5	20

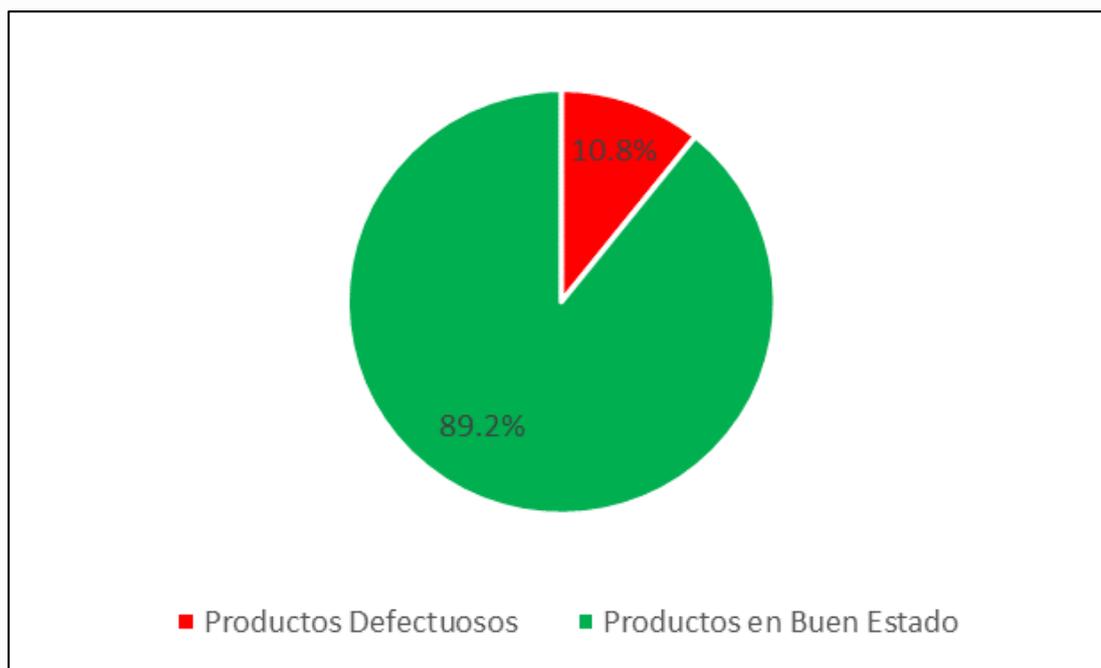
Elaboración Propia

Con el juicio de expertos se identifican los principales desperdicios del área de Producción: productos defectuosos, espera y movimiento innecesario. Por ello, los siguientes pasos se centran en la identificación de sus causas raíz y las áreas de producción involucradas.

Para dar a conocer más detalle sobre los problemas identificados con mayor importancia, se muestra la siguiente información:

- **Productos defectuosos y reprocesos**

Considerando sólo la fabricación de los postes de 8, 8.7 y 9 metros, el 10.8% de la producción es defectuosa, como se representa en la Gráfica 21.



Gráfica 21: Productos Defectuosos vs Productos en Buen Estado - Producción de Postes 8, 8.7 y 9 mts (2018)

Elaboración Propia

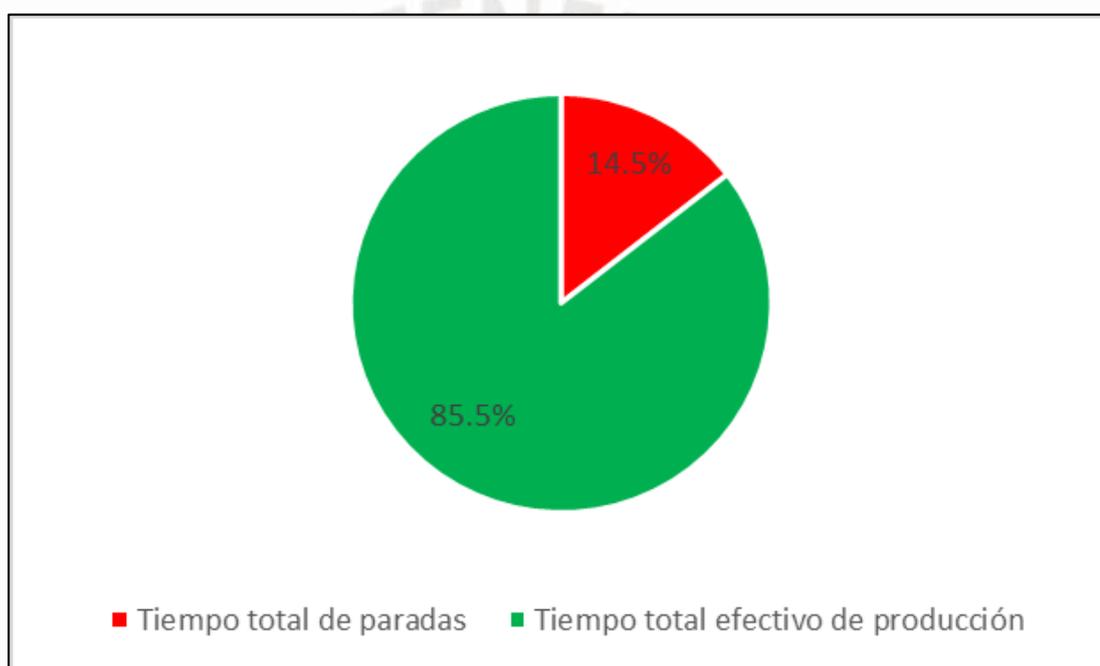
Cabe recordar que de la Gráfica 15, se explica que el 90.4% del total de productos defectuosos corresponde a los postes de 8, 8.7 y 9 metros. Adicionalmente se puede mencionar que, el 11.7% de la producción de postes de 9 metros es defectuoso, el 11.3% de la producción de postes de 8.7 metros es defectuoso, y el 8.4% de la producción de postes de 8 metros es defectuoso.

Adicionalmente, con respecto a los reprocesos, se ha estimado que el 5.4% de los postes de concreto requieren de un reproceso, involucrando un costo adicional en mano de obra y materiales.

Con respecto a los productos defectuosos, se evidencia que los productos terminados muestran rajaduras y desperfectos originados por la máquina de centrifugado y un mal vaciado de mezcla. Estos productos requieren de tiempo adicional para pasarlos por un proceso manual de corrección.

- **Espera**

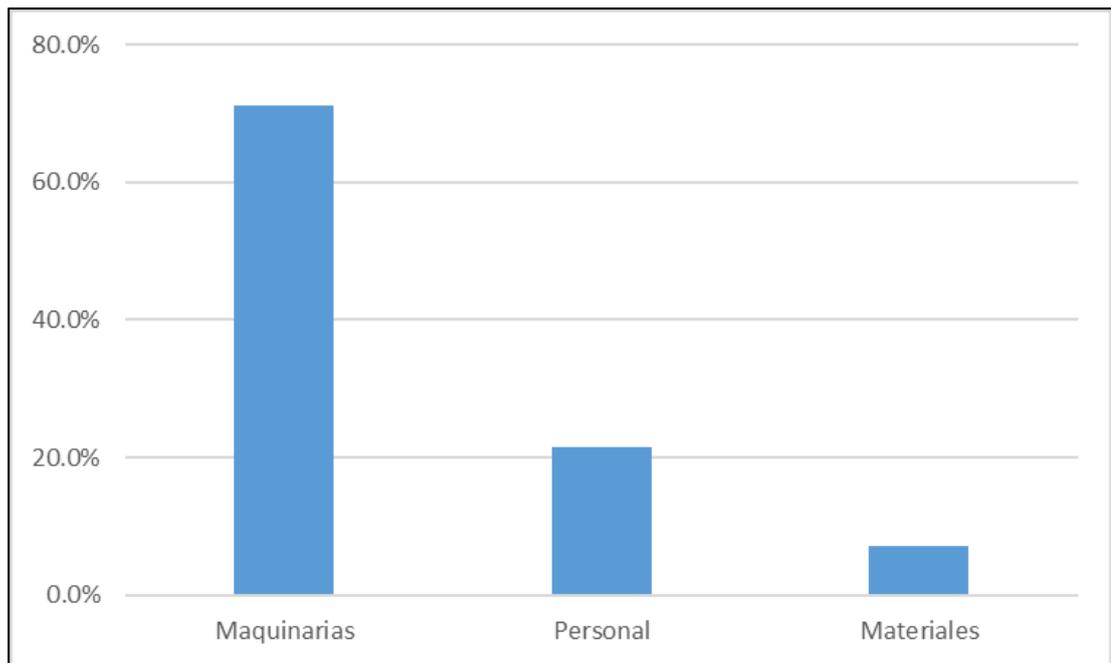
Considerando las esperas del proceso productivo debido a fallas en las maquinarias, desabastecimiento de materiales o productos en proceso, y por falta de personal en el puesto de trabajo. Se ha estimado un total de 14.5% de tiempos de espera, como se muestra en la Gráfica 22.



Gráfica 22: Tiempo Total de Paradas vs Tiempo Total Efectivo (2018)

Elaboración Propia

Debido a la naturaleza del material usado en el proceso productivo (mezcla de concreto), se sabe que ante una falla de una máquina de un área involucra un detenimiento total (en el caso del área de mezclado) o un detenimiento parcial (en el caso de las áreas de soldadura, centrifugado y secado a vapor).



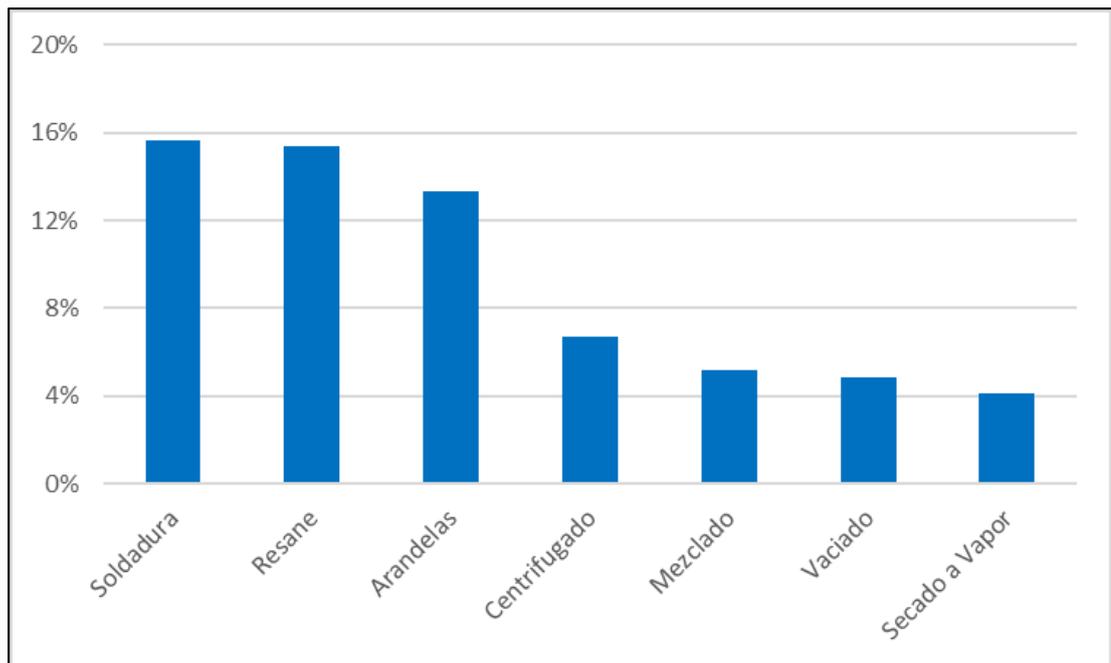
Gráfica 23: Fuentes de las Paradas del Proceso Productivo (2018)

Elaboración Propia

En la Gráfica 23 se aprecia que las esperas debido a fallas en maquinarias representan el 71.2% del total de esperas del proceso productivo.

- **Movimiento innecesario**

Considerando solo las operaciones del proceso productivo (exceptuando el secado ambiental) para la fabricación de postes de 8, 8.7 y 9 metros, se ha estimado los movimientos innecesarios en los puestos de trabajo que realizan los operarios, debido a la búsqueda de materiales o herramientas necesarias para su labor.

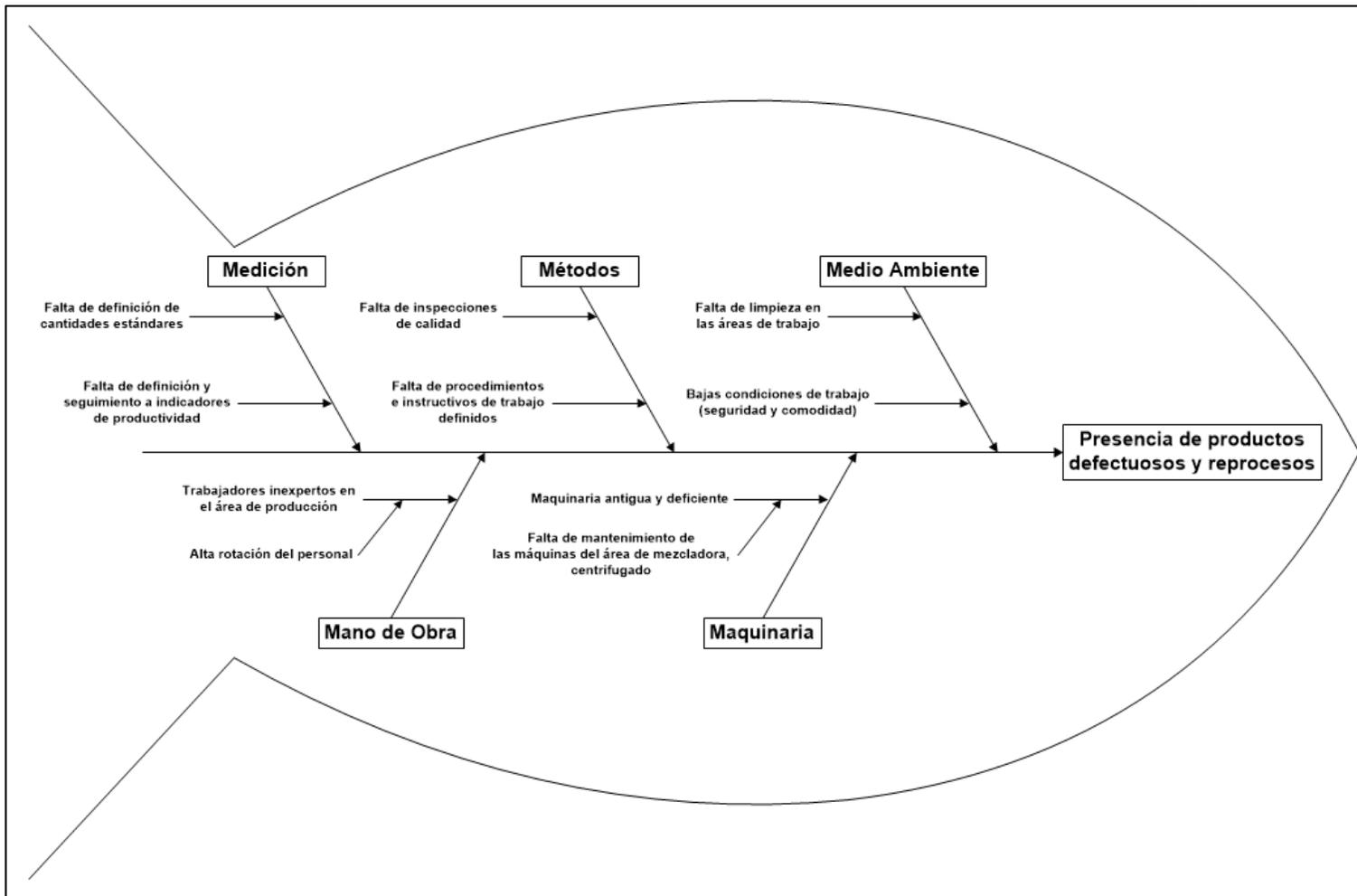


Gráfica 24: Porcentaje de Tiempo Innecesario por Área de Producción
Elaboración Propia

El tiempo total promedio invertido en movimientos innecesarios representa un 7.9% del total de tiempo requerido para la fabricación de un poste de concreto. Además, en la Gráfica 24, se visualiza que, en el área de soldadura, los tiempos innecesarios representan un 15.7% del total del tiempo efectivo que se requiere para realizar las operaciones del área.

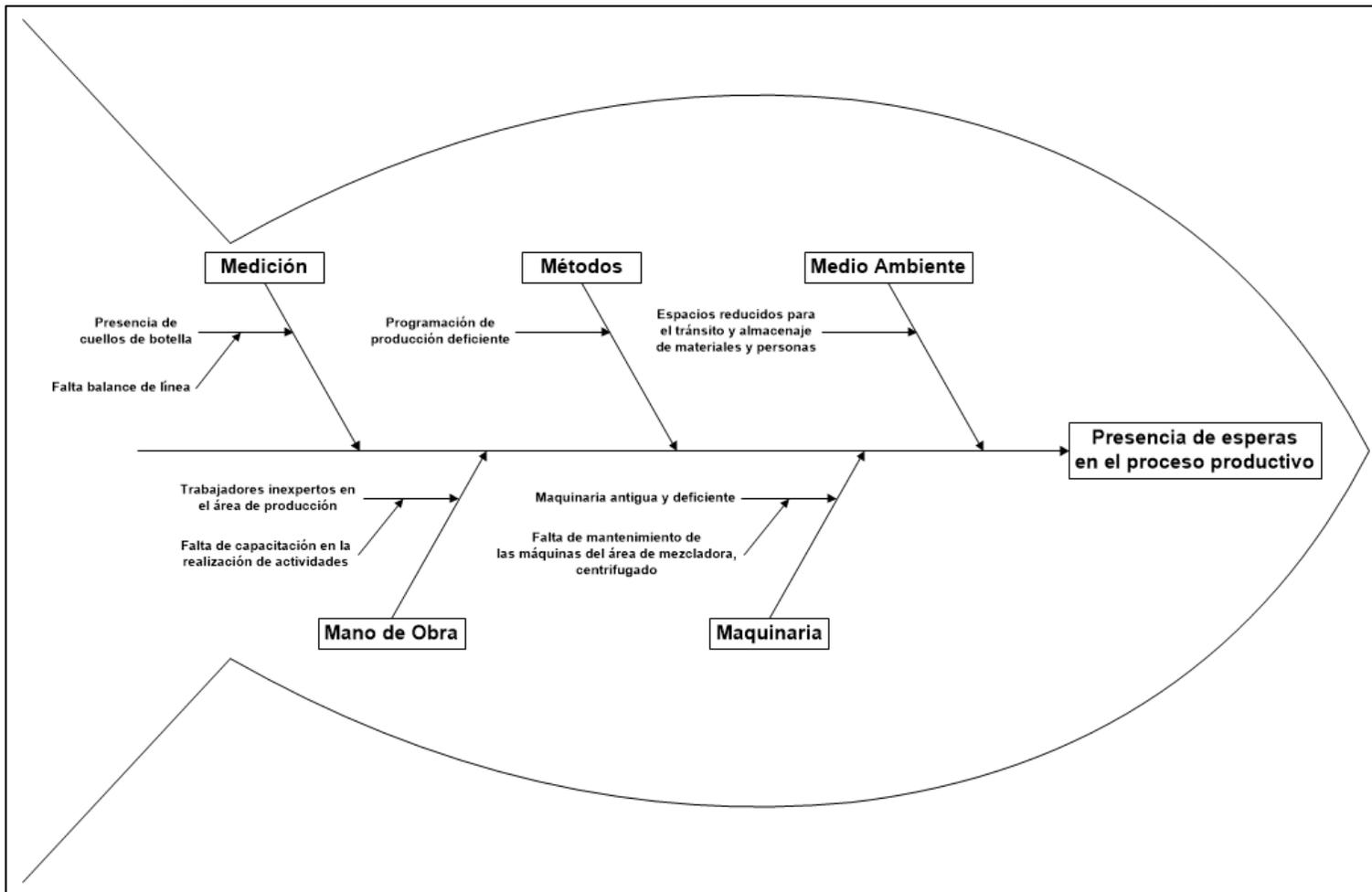
3.3.2. Identificación de la Causas de los Problemas Principales

Para la identificación de las causas que originan los tres principales desperdicios (productos defectuosos, espera y movimientos innecesarios), se usa el Diagrama Ishikawa evaluando cada uno de los seis aspectos: medio ambiente, medición, maquinaria, mano de obra, materiales y métodos de trabajo.



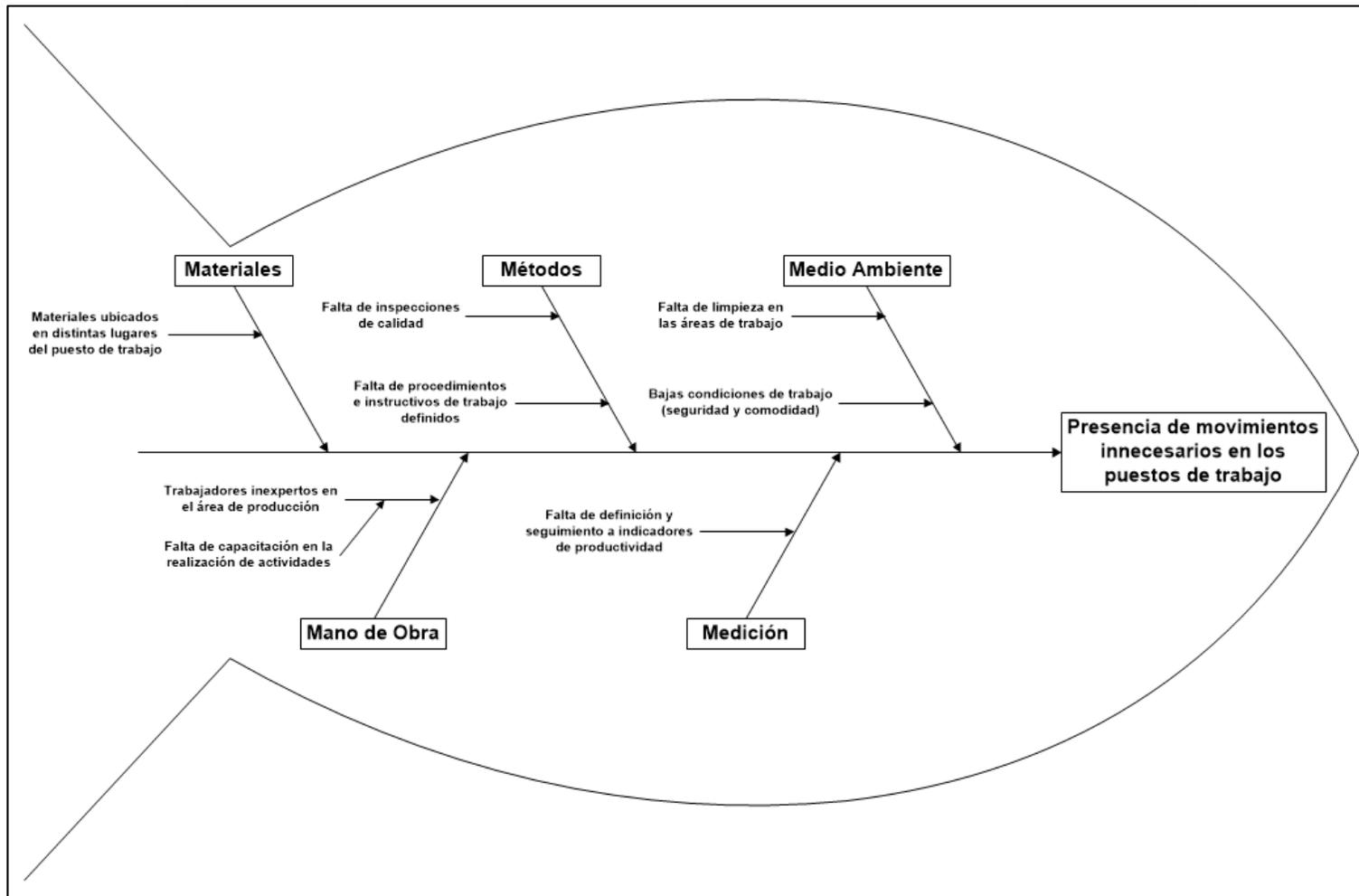
Gráfica 25: Diagrama Causa-Efecto para Productos Defectuosos y Reprocesos

Elaboración Propia



Gráfica 26: Diagrama Causa-Efecto para Esperas en el Proceso Productivo

Elaboración Propia



Gráfica 27: Diagrama Causa-Efecto para Movimientos Innecesarios en los Puestos de Trabajo

Elaboración Propia

Como resumen se muestra en la Tabla 30, las causas identificadas de los 3 desperdicios principales del proceso productivo detallados desde la Gráfica 25 hasta la Gráfica 27.

Tabla 30: Comparación de las Causas Principales de los Desperdicios

	Presencia de productos defectuosos y reprocesos	Presencia de esperas en el proceso productivo	Presencia de movimientos innecesarios en los puestos de trabajo
Mano de Obra	Trabajadores inexpertos en el área de producción * Alta rotación del personal	Trabajadores inexpertos en el área de producción * Falta de capacitación en la realización de actividades	Trabajadores inexpertos en el área de producción * Falta de capacitación en la realización de actividades
Maquinaria	Maquinaria antigua y deficiente * Falta de mantenimiento de las máquinas del área de mezclado, centrifugado	Maquinaria antigua y deficiente * Falta de mantenimiento de las máquinas del área de mezclado, centrifugado	---
Métodos de Trabajo	Falta de inspecciones de calidad	Programación de producción deficiente	Falta de inspecciones de calidad
	Falta de procedimientos e instructivos de trabajo definidos		Falta de procedimientos e instructivos de trabajo definidos
Medio Ambiente	Falta de limpieza en las áreas de trabajo	Espacios reducidos para el tránsito y almacenaje de materiales y personas	Falta de limpieza en las áreas de trabajo
	Bajas condiciones de trabajo (seguridad y comodidad)		Bajas condiciones de trabajo (seguridad y comodidad)
Medición	Falta de definición de cantidades estándares	Presencia de cuellos de botella * Falta balance de línea	Falta de definición y seguimiento a indicadores de productividad
Materiales	---	---	Materiales ubicados en distintos lugares del puesto de trabajo

Elaboración Propia

En conclusión, se detectan las 06 causas comunes entre los 3 desperdicios principales. Por ello, las propuestas de mejoras se enfocarán en resolver estas causas comunes.

3.3.3. Áreas de Producción Involucradas en las Causas Identificadas

En esta sección, se busca identificar las áreas de producción que están involucradas en cada una de estas causas comunes identificadas. Este análisis se realizará con la finalidad de poder acotar las propuestas de mejoras a las áreas más críticas.

En la Tabla 31, se hace una clasificación de las causas comunes en persona, maquinaria y procesos.

Tabla 31: Clasificación de las Causas Comunes

N°	Causas Comunes	Aspecto
1	Trabajadores inexpertos en el área de producción * Falta de capacitación en la realización de actividades	Personal
2	Maquinaria antigua y deficiente * Falta de mantenimiento de las máquinas del área de mezcladora, centrifugado	Maquinaria
3	Falta de inspecciones de calidad	Procesos
4	Falta de procedimientos e instructivos de trabajo definidos	Procesos
5	Falta de limpieza en las áreas de trabajo	Procesos
6	Bajas condiciones de trabajo (seguridad y comodidad)	Procesos

Elaboración Propia

Para identificar las áreas de producción involucradas en las causas comunes 1, 3, 4, 5 y 6, se ha realizado una encuesta dirigida al Gerente General (GG), Jefe de Administración (JA), Jefe de Ventas (JV) y Jefe de Producción (JP). El cuestionario consiste en responder 5 preguntas, donde 0 es "No" y 1 es "Si". Finalmente, si se obtiene 2 o más respuestas positivas en un área, se considera que las mejoras que se propongan deben tomar en consideración estas áreas.

Tabla 32: Cuestionario a Expertos para Identificar las Áreas Involucradas en las Causas Comunes

	¿El área requiere de un conocimiento técnico mínimo?					¿El área requiere un punto de control?					¿El área requiere de instructivos para la realización de las actividades?					¿El área requiere un mejor orden y limpieza?					¿El área requiere mejores condiciones de trabajo: seguridad y comodidad?				
	GG	JA	JV	JP	Decisión	GG	JA	JV	JP	Decisión	GG	JA	JV	JP	Decisión	GG	JA	JV	JP	Decisión	GG	JA	JV	JP	Decisión
Arandelas	0	0	0	0	No	0	0	0	0	No	1	1	0	1	Si	1	1	1	1	Si	0	1	0	1	Si
Soldadura	1	1	1	1	Si	1	1	1	1	Si	1	1	1	1	Si	1	1	1	1	Si	1	1	1	1	Si
Mezclado	1	0	0	1	Si	0	0	0	1	No	1	1	1	1	Si	1	1	1	1	Si	1	0	0	1	Si
Vaciado	1	0	0	0	No	1	0	0	1	Si	1	1	1	1	Si	1	1	1	1	Si	1	0	0	1	Si
Centrifugado	1	1	1	1	Si	0	0	0	1	No	1	1	1	1	Si	1	1	1	1	Si	0	0	1	1	Si
Secado a Vapor	0	0	1	0	No	0	0	0	1	No	1	1	1	1	Si	1	1	1	1	Si	0	0	1	1	Si
Resane	1	1	1	1	Si	1	1	1	1	Si	1	1	1	1	Si	1	1	1	1	Si	0	1	1	1	Si
Secado Ambiental	0	0	0	0	No	0	0	0	0	No	1	0	0	1	Si	1	1	1	1	Si	1	0	1	1	Si

Leyenda: GG: Gerente General ; JA: Jefe de Administración ; JV: Jefe de Ventas ; JP : Jefe de Producción

Elaboración Propia

Para identificar las áreas de producción involucradas en la causa común 2, en la Tabla 33 se describen las máquinas y su antigüedad que existen en el proceso productivo, y los impactos que conlleva a todo el proceso productivo de una falla de una máquina.

Tabla 33: Identificación y Caracterización de las Máquinas de Producción

	Cantidad de Máquinas	Antigüedad de Máquina 1	Antigüedad de Máquina 2	Antigüedad de Máquina 3	Antigüedad de Máquina 4
Arandelas	0	-	-	-	-
Soldadura	2	7 años	5 años	-	-
Mezclado	1	15 años	-	-	-
Vaciado	0	-	-	-	-
Centrifugado	2	20 años	16 años	-	-
Secado a Vapor	4	12 años	10 años	10 años	8 años
Resane	0	-	-	-	-
Secado Ambiental	0	-	-	-	-

Elaboración Propia

La situación actual de las maquinarias es crítica dado que la Empresa no cuenta con una política de mantenimiento preventivo y que solo se realizan mantenimientos correctivos a las máquinas, a pesar de que la cantidad de años de las máquinas es elevada. Se tiene un registro de la frecuencia promedio de falla de una máquina y el tiempo promedio de parada por falla, que se muestra en la Tabla 34.

Tabla 34: Frecuencia de Falla y Tiempo Promedio de Parada por Máquina

	Cantidad de Máquinas	Frecuencia promedio de falla de una máquina (vez/mes)	Tiempo promedio de paradas por falla de una máquina (min)
Arandelas	0	-	-
Soldadura	2	0.20	123
Mezclado	1	0.20	251
Vaciado	0	-	-
Centrifugado	2	0.33	212
Secado a Vapor	4	0.13	173
Resane	0	-	-

	Cantidad de Máquinas	Frecuencia promedio de falla de una máquina (vez/mes)	Tiempo promedio de paradas por falla de una máquina (min)
Secado Ambiental	0	-	-

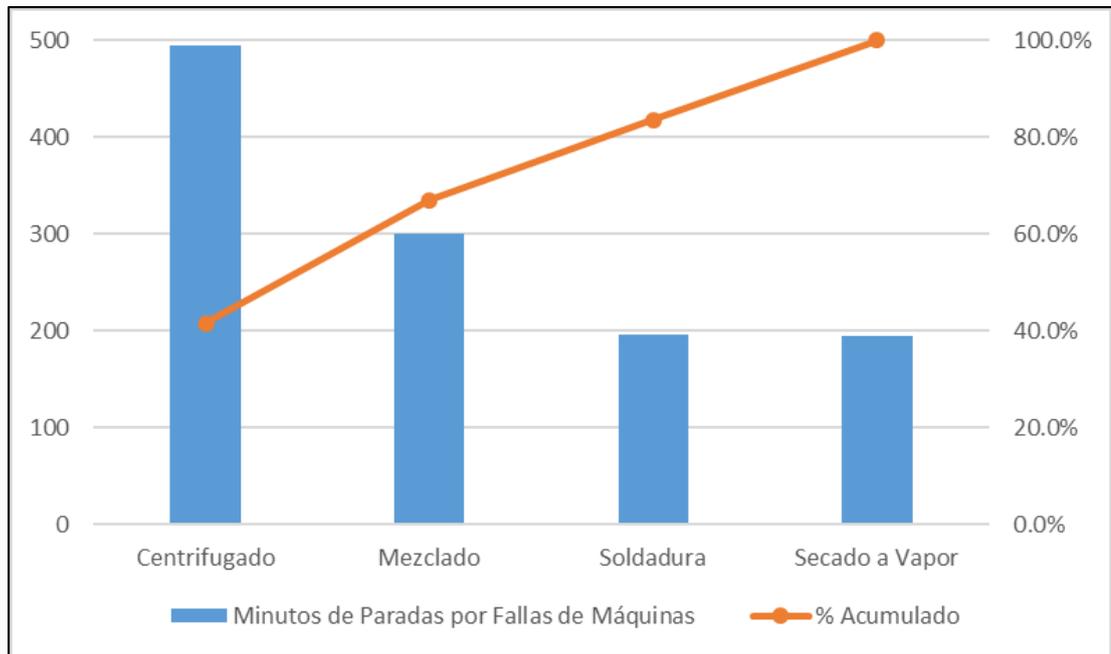
Elaboración Propia

Para entender el cálculo referente a la cantidad total de minutos de paradas en todo el proceso productivo que ocasiona las fallas de una máquina, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Si falla una máquina del área de soldadura, todas las áreas siguientes deben trabajar en un 50% de su capacidad. Considerando las 2 máquinas del área de soldadura, el total de minutos de paradas al mes es de 49.2 min y ocasionando un total de paradas al mes en las otras áreas de 147.6 minutos (24.60 min x 6 áreas), resultando un total de 196.8 min de paradas al mes por causa del área de soldadura.
- Si falla la máquina del área de mezclado, todas las áreas siguientes se detienen. Considerando una máquina del área de mezclado, el total de minutos de paradas al mes es de 50.2 min y ocasionando un total de paradas al mes en las otras áreas de 251 minutos (50.2 min x 5 áreas), resultando un total de 301.2 min de paradas al mes por causa del área de mezclado.
- Si falla una máquina del área de centrifugado, todas las áreas desde mezclado trabajarán en un 50% de su capacidad. Considerando las 2 máquinas del área de centrifugado, el total de minutos de paradas al mes es de 141.33 min y ocasionando un total de paradas al mes en las otras áreas de 353.33 minutos (70.66 min x 5 áreas), resultando un total de 494.66 min de paradas al mes por causa del área de centrifugado.
- Si falla una máquina del área de secado a vapor, todas las áreas desde soldadura trabajarán en un 75% de capacidad. Considerando las 4 máquinas del área de secado a vapor, el total de minutos de paradas al mes es de 86.5 min y ocasionando un total de paradas al mes en las otras áreas de 108.125 minutos (21.625 min x 5 áreas), resultando un total de 194.625 min de paradas al mes por causa del área de secado a vapor.

Esta explicación conlleva a que una falla de una máquina del área de centrifugado presente mayores consecuencias negativas en el proceso productivo, 495 minutos de tiempo de parada en un mes; y una falla de la máquina del área de mezclado

conlleva a un tiempo de parada de 301 minutos en un mes; como se muestra en la Gráfica 28.



Gráfica 28: Paradas en el Proceso Productivo ocasionadas por cada Área
Elaboración Propia

Con el análisis explicado para el cálculo de paradas en el proceso productivo debido a una falla de una máquina, teniendo en consideración de la tasa de falla mensual, se obtuvo un total de 2.5 días detenidos al mes sin producción en las áreas.

En conclusión, para la causa común 2, las mejoras que se propongan se centrarán en el área de centrifugado y mezclado, debido a que ocasionan más paradas en el proceso productivo, debido a fallas en sus máquinas.

En base a lo expuesto, las áreas del proceso productivo que principalmente se involucran en las causas comunes se muestran en la Tabla 35.

Tabla 35: Resumen de Áreas Involucradas en las Causas Comunes Clasificadas

N°	Causas Comunes de los Desperdicios	Aspecto	Arandelas	Soldadura	Mezclado	Vaciado	Centrifugado	Secado a Vapor	Resane	Secado Ambiental
1	Trabajadores inexpertos en el área de producción * Falta de capacitación en la realización de actividades	Personal		X	X		X		X	
2	Maquinaria antigua y deficiente * Falta de mantenimiento de las máquinas del área de mezcladora, centrifugado	Maquinaria			X		X			
3	Falta de inspecciones de calidad	Procesos		X		X			X	
4	Falta de procedimientos e instructivos de trabajo definidos	Procesos	X	X	X	X	X	X	X	X
5	Falta de limpieza en las áreas de trabajo	Procesos	X	X	X	X	X	X	X	X
6	Bajas condiciones de trabajo (seguridad y comodidad)	Procesos	X	X	X	X	X	X	X	X

Elaboración Propia

Con el análisis de la problemática realizado en esta sección, permitirá enfocar los esfuerzos de mejora en las áreas críticas para las causas comunes detectadas en los desperdicios principales del proceso productivo.

3.4. Diagnóstico General del Área de Producción

Con la información recopilada y analizada de la Empresa se puede evidenciar un crecimiento en el mercado de postes de concreto (61.5%), sin embargo, esto también ha influenciado en el aumento de los sobrecostos en los procesos de producción, debido a productos defectuosos o ineficiencias del proceso productivo, que se evidencia actualmente con el 10.8% de la producción considerado como un producto defectuoso.

El diagnóstico de la Empresa enfocada en un análisis del proceso actual mediante el VSM y el análisis de causa-efecto, evidencia una problemática enfocada en tres puntos (desperdicios de Lean): productos defectuosos, espera y movimientos innecesarios; que conllevan a tener sobrecostos por horas extras y materiales adicionales, incumplimiento a tiempo de la demanda, reclamos del cliente por las fechas de entrega, entre otros.

Los productos defectuosos son el principal problema identificado, y estos al finalizar el proceso productivo (área de resane). Los defectos más comunes son la presencia de rajaduras o imperfecciones en el poste. Posterior al secado ambiental, también se realiza una inspección de calidad mediante un muestreo por atributos, en el cual se hace una prueba de rotura al poste, con lo cual se demuestra al cliente que el lote que va a ser entregado está en condiciones óptimas. Adicionalmente, se puede notar que la alta rotación del personal y la falta de capacitación al momento de ingresar a sus labores conlleva a tener mayores reprocesos y productos defectuosos en el proceso productivo.

El siguiente problema importante es la espera en el proceso productivo, y este se debe principalmente a las esperas o detenciones del proceso productivo por fallas en las máquinas de las áreas de soldadura, mezclado, centrifugado y secado a vapor. Las fallas en estas máquinas traen como consecuencia un detenimiento total del proceso productivo (en el caso del área de mezclado) o un detenimiento parcial del proceso productivo (en el caso de las otras áreas). Estas fallas ocasionan en

promedio 2.5 días de esperas en el proceso en un mes, a pesar de esto, la Empresa no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo y tampoco con un área de mantenimiento que pueda atender con mayor agilidad las fallas en las máquinas.

El tercer problema crítico de la Empresa son los movimientos innecesarios, y esto se debe al desorden en los puestos de trabajo y el no considerar a la limpieza en las áreas de producción como una actividad más de un operario. Estos tiempos perdidos en los puestos de trabajo, ocasionan una sobreutilización de horas extras del personal para poder cumplir con los requerimientos de los clientes.

En base a lo expuesto, se muestra la problemática con los siguientes valores:

Tabla 36: Valores Actuales de los Desperdicios e Ineficiencias del Proceso

Desperdicios / Problemas	Valor Actual
Productos defectuosos	10.8%
Reprocesos	5.4%
Esperas	14.5%
Movimiento Innecesario	7.9%
Total de Materia Prima Adicional	16.2%
Total de Mano de Obra Adicional	23.5%

Elaboración Propia

En la Tabla 36 se puede resumir que la cantidad adicional de materia prima que se requiere para la fabricación de un poste es del 16.2%, y la cantidad adicional de horas-hombre es del 23.5%. Finalmente, se resumen las causas principales que ocasionan esta problemática explicada, teniendo en cuenta tres aspectos: procesos, personal y maquinaria.

- **Procesos:**

- ✓ Falta de estándares y metodologías en los procesos productivos, el personal realiza sus labores según su experiencia, ya que no existen procedimientos ni instructivos.
- ✓ Existe poco control en cada etapa del proceso productivo, por ello se evidencia que los productos terminados muestran rajaduras y desperfectos originados por la máquina de centrifugado y un mal vaciado de mezcla. Estos productos

finalmente requieren de tiempo adicional para pasarlos por un proceso manual de corrección.

- ✓ Las condiciones de trabajo evidencian poco orden y limpieza en las estaciones de trabajo y en las zonas de tránsito. Los métodos de trabajo que se realizan no consideran los temas de ergonomía y seguridad en el trabajo, y los operarios no están concientizados en estos aspectos.

- **Personal:**

- ✓ El personal contratado para las áreas de producción no es técnico ni especializado para realizar trabajos de manufactura.
- ✓ Existe una alta rotación de personal de producción, con una duración mínima de una semana en el puesto de trabajo por parte del personal técnico, mayormente en el área de soldadura.
- ✓ No existe un programa de capacitación o inducción al personal nuevo, referente a las actividades que va a realizar en su área de trabajo.

- **Máquinas:**

- ✓ Las máquinas del proceso de mezclado, centrifugado y soldadura, no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo, debido a ello, se registran paradas frecuentes para la realización de mantenimiento correctivos debido a fallas en pleno funcionamiento de las operaciones.

Para terminar con el diagnóstico general de la Empresa se desarrollará una línea base de los indicadores de productividad seleccionados para medir el impacto de las mejoras que se van a proponer.

Adicionalmente, se seleccionarán las herramientas de manufactura esbelta que ayuden a mejorar los aspectos ya detallados, contrarrestando las causas comunes identificadas de los tres desperdicios principales del producto productivo.

3.4.1. Indicadores Principales de la línea base del Área de Producción

Los indicadores de producción que se han seleccionado para medir el impacto de las mejoras que se van a proponer son: eficiencia, productividad y efectividad. Para ello en la Tabla 37 se detalla la información necesaria del cálculo de los indicadores detallados en la Tabla 38.

Tabla 37: Calculo de Indicadores de Área de Producción

		ÓPTIMO	ÓPTIMO	PROGRAMADO	PROGRAMADO	REAL	REAL
COSTO OPERATIVO							
Materia Prima							
Costo Materia Prima	S/. 189.00	100%	S/. 189.00	100%	S/. 189.00	100%	S/. 189.00
Costo Adicional de Materia Prima		3%	S/. 5.67	5%	S/. 9.45	16%	S/. 30.62
Mano de obra							
Costo Mano de obra	S/. 32.00	100%	S/. 32.00	100%	S/. 32.00	100%	S/. 32.00
Costo Adicional de Mano de Obra		3%	S/. 0.96	5%	S/. 1.60	23%	S/. 7.51
Gastos de Maquinaria							
Costo de Depreciación de Máquina	S/. 3.50	100%	S/. 3.50	100%	S/. 3.50	100%	S/. 3.50
Costo de Mantenimiento Correctivo	S/. 2.50	10%	S/. 0.25	100%	S/. 2.50	180%	S/. 4.50
Costo de Mantenimiento Preventivo	S/. 2.00	100%	S/. 2.00	5%	S/. 0.10	5%	S/. 0.10
Costo de materiales y equipos	S/. 0.97	100%	S/. 0.97	100%	S/. 0.97	100%	S/. 0.97
TOTAL DE COSTO OPERATIVO			S/. 234.34		S/. 239.11		S/. 268.20
GASTO ADMINISTRATIVO							
Gasto Administrativo		10%	S/. 23.43	10%	S/. 23.91	10%	S/. 26.82
TOTAL DE GASTO ADMINISTRATIVO			S/. 23.43		S/. 23.91		S/. 26.82
COSTO TOTAL			S/. 257.78		S/. 263.03		S/. 295.02
							REAL
							VALOR
INDICADORES	UNIDAD						
Eficiencia	%	Costo Total Programado / Costo Total Real					89.16%
Productividad Total (Real)	poste / soles	1/ Costo Total Real					0.00339
Productividad Total (Óptima)	poste / soles	1/ Costo Total Optimo					0.00388
Efectividad	%	Productividad Total Real / Productividad Total Optima					87.38%

Elaboración Propia

Tabla 38: Línea Base de Indicadores de Área de Producción

Indicadores	Formula	Valor Actual	Unidad
Eficiencia	$\frac{\text{Costo total programado}}{\text{Costo total real}}$	89.16%	%
Productividad Total	$\frac{1}{\text{Costo total real}}$	0.00339	Postes / Sol
Efectividad	$\frac{\text{Productividad total real}}{\text{Productividad total óptima}}$	87.38%	%

Elaboración Propia

Siendo la productividad total óptima de 0.00388 postes/sol, que se calcula de la siguiente forma: $\frac{1}{\text{Costo total óptimo}}$.

En resumen, se puede notar del proceso productivo que se cuenta con una eficiencia del 89.16%, una productividad total que se representa por 0.00339 postes por cada sol invertido, y una efectividad de 87.38%. Estos valores, serán mi línea base del proceso productivo, y posteriormente servirán para ser comparados con las estimaciones resultantes de las propuestas de mejora.

3.4.2. Selección de Herramientas de Manufactura Esbelta

En base a las causas comunes de los tres desperdicios principales del proceso productivo, se determinan las herramientas de mejora a ser aplicadas, con el objetivo de mejorar la productividad y la calidad del poste de 8, 8.7 y 9 metros. En la Tabla 39 se muestra las herramientas a aplicar en cada problemática identificada dentro del proceso productivo.

Tabla 39: Elección de Herramientas de Manufactura Esbelta por cada Causa Común Clasificada

N°	Causas Comunes de los Desperdicios	Aspecto	Arandelas	Soldadura	Mezclado	Vaciado	Centrifugado	Secado a Vapor	Resane	Secado Ambiental	Herramienta de Manufactura Esbelta	Beneficio esperado
1	Trabajadores inexpertos en el área de producción * Falta de capacitación en la realización de actividades	Personal		X	X		X		X		5 S (Seiketsu)	Implementar un programa de capacitaciones (principalmente a operarios nuevos) para realizar las operaciones con mayor eficiencia.
2	Maquinaria antigua y deficiente * Falta de mantenimiento de las máquinas del área de mezcladora, centrifugado	Maquinaria			X		X				TPM	Implementar un programa de mantenimiento preventivo de la maquinaria evitando esperas en el proceso.
3	Falta de inspecciones de calidad	Procesos		X		X			X		Jidoka	Implementar mejoras en los puestos de trabajo que permitan controlar de manera autónoma la calidad del producto.

N°	Causas Comunes de los Desperdicios	Aspecto	Arandelas	Soldadura	Mezclado	Vaciado	Centrifugado	Secado a Vapor	Resane	Secado Ambiental	Herramienta de Manufactura Esbelta	Beneficio esperado
4	Falta de procedimientos e instructivos de trabajo definidos	Procesos	X	X	X	X	X	X	X	X	5S (Seiketsu)	Implementar instructivos de trabajo y socializarlos con los trabajadores, buscando la estandarización de los procesos y la calidad de los productos.
5	Falta de limpieza en las áreas de trabajo	Procesos	X	X	X	X	X	X	X	X	5 S (Seiri / Seiso)	Implementar instructivos de orden y limpieza, y socializarlos con los trabajadores, buscando la armonía en los puestos de trabajo.
6	Bajas condiciones de trabajo (seguridad y comodidad)	Procesos	X	X	X	X	X	X	X	X	5 S (Seiri / Seiton)	Implementar mejoras en los puestos de trabajo que permitan brindar una mayor comodidad y seguridad a las personas.

Elaboración Propia

Como se puede notar en la Tabla 39, todas las causas comunes pueden ser solucionables con la aplicación de una metodología Lean, por ello, el presente trabajo tiene como objetivo la aplicación de las herramientas de la manufactura esbelta, y con ello, alcanzar una mayor efectividad en los procesos y mejorar la productividad de la Empresa de fabricación de postes de concreto armado.

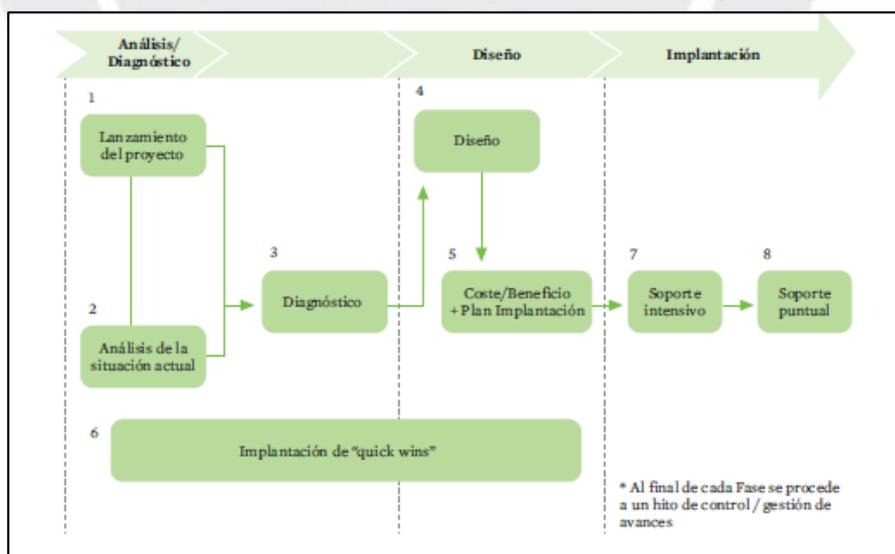
CAPÍTULO 4: MODELO DE MEJORA

En el presente capítulo se desarrollan las herramientas de manufactura esbelta que han sido propuestas para mejorar el proceso productivo. Para cada herramienta se especifica la metodología de aplicación en las áreas de producción involucradas, que incluye la secuencia de actividades, los responsables de las actividades, los plazos de las actividades y los costos asociados.

Es importante precisar, que este trabajo de investigación tiene como finalidad elaborar una propuesta de mejora usando herramientas de manufactura esbelta y en esta sección se analizará cada propuesta de implementación de manera independiente.

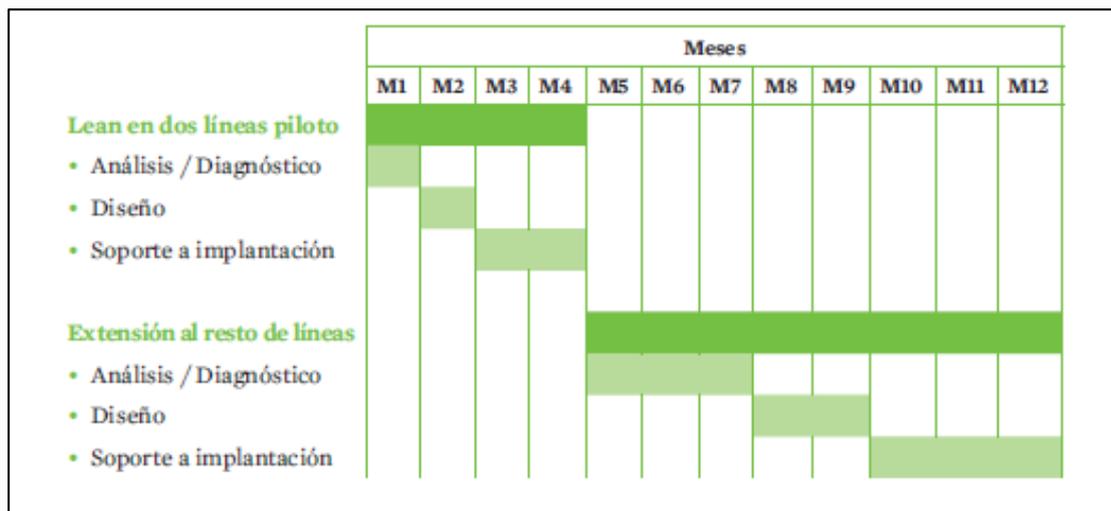
4.1. Generalidades para la Implementación de las Herramientas de Manufactura Esbelta

Para tener una idea general sobre una implementación de herramientas de manufactura esbelta, se ha revisado los casos exitosos: “Conceptos, técnicas e implementación” Hernández & Vizán (2013), en el cual se detallan los pasos que se siguieron y que se resumen en las Gráfica 29 y Gráfica 30.



Gráfica 29: Ejemplo de un Plan de Implementación de las Herramientas de Manufactura Esbelta

Fuente: Manufactura esbelta: Conceptos, técnicas e implementación. Hernández & Vizán (2013)



Gráfica 30: Cronograma del Plan de Implementación de las Herramientas de Manufactura Esbelta

Fuente: Manufactura esbelta: Conceptos, técnicas e implementación. Hernández & Vizán (2013)

En el Gráfica 29 muestran las fases de un plan de implementación de las herramientas de manufactura esbelta y en el Gráfica 30 se detalla el cronograma del plan de implementación. En el cual se visualiza que es necesario realizar un lanzamiento del proyecto por parte de la gerencia, un análisis y diagnóstico de la situación actual, un diseño de las mejoras y el plan de implementación, que comienza con una prueba piloto.

Teniendo como referencia lo explicado en los casos exitosos, en esta sección se desarrolla una hoja de ruta que describe los pasos a seguir para la implementación de un proyecto de mejora de procesos, mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta. Esta hoja de ruta contiene una secuencia de actividades que permitirán a la Empresa implementar de manera efectiva el proyecto, considerando la situación actual de la Empresa y conociendo sus limitaciones (restricciones).

Esta hoja de ruta propuesta contiene siete fases, las cuales se realizan en 39 semanas, con el apoyo de personal de la Empresa y con el compromiso de la Gerencia General, las fases, sus actividades que la componen, los recursos necesarios y los plazos estimados se detallan en el siguiente cronograma de proyecto.

Como se puede apreciar en la Gráfica 31, el cronograma muestra fases que implican implementar un proyecto de mejora de procesos desde el inicio, y se detalla de forma genérica para cualquier herramienta de manufactura esbelta que se desee implementar. A continuación, se describe los objetivos de las fases:

Fase 1: Iniciación del Proyecto de Mejora

Esta fase tiene como objetivo convencer a la Gerencia General y las Jefaturas de la Empresa para que crean en los resultados de la filosofía Lean, y con ello se pueda crear un Equipo de Mejora para la implementación de las herramientas de manufactura esbelta. Adicionalmente, es necesario que la Gerencia, Jefaturas y el Equipo de Mejora se capacite en herramientas de calidad y metodologías Lean. Finalmente es importante que la Gerencia General comunique a los trabajadores de la Empresa de esta iniciativa.

Fase 2: Planificación del Proyecto de Mejora

Esta fase tiene como objetivo describir la metodología para la mejora del proceso mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta, que consiste en detallar las actividades que se realizarán y los instrumentos que se usarán en las fases de recopilación de información del proceso productivo, el diagnóstico del proceso productivo, el diseño de mejoras en el proceso productivo, la implementación de mejoras en el proceso productivo, y el seguimiento y control de mejoras implementadas en el proceso productivo. También es necesario precisar los objetivos del proyecto en conjunto con la Gerencia, y elaborar un cronograma de trabajo, los cuales serán comunicados a los trabajadores de la Empresa.

Fase 3: Recopilación de Información del Proceso Productivo

Esta fase tiene como objetivo recoger información de las áreas de producción, con el fin de identificar la secuencia lógica de los subprocesos y actividades, así como reconocer a los responsables y maquinarias involucradas.

Fase 4: Diagnóstico del Proceso Productivo

Esta fase tiene como objetivo definir el proceso actual y la línea base de sus indicadores, y también es necesario desarrollar el VSM Actual. Estas herramientas permitirán realizar un análisis de la problemática actual del proceso productivo.

Fase 5: Diseño de Mejoras en el Proceso Productivo

Esta fase tiene como objetivos identificar oportunidades de mejora, priorizarlas, analizar su factibilidad y elaborar su estrategia de aplicación. Es importante definir el rango de acción entre las áreas de producción. En esta fase también se desarrolla el proceso deseado y VSM Futuro.

Fase 6: Implementación de Mejoras en el Proceso Productivo

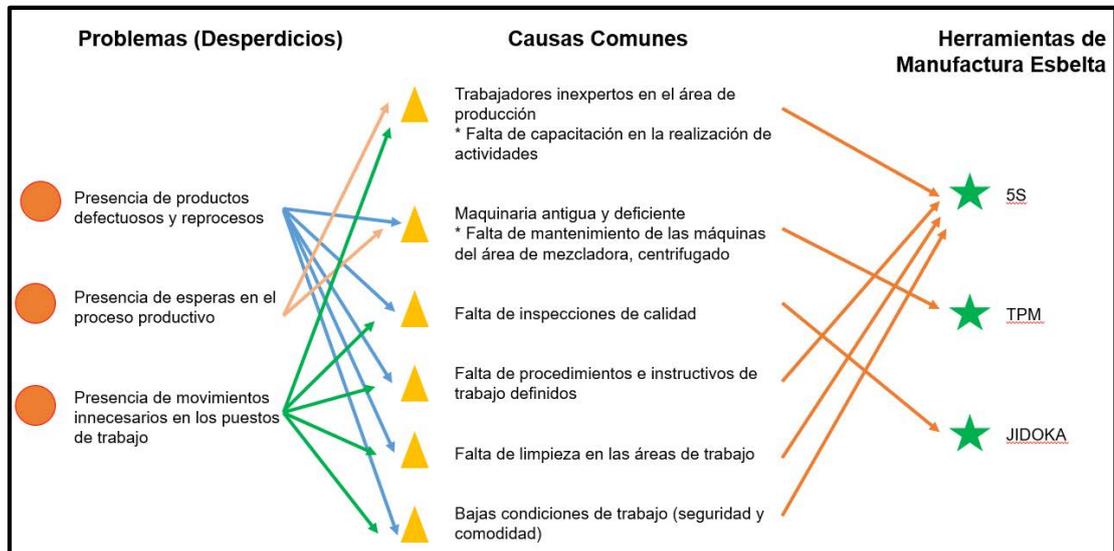
Esta fase tiene como objetivo la implementación de las herramientas de manufactura esbelta, que debe iniciar con una comunicación por parte de la Gerencia a todos los trabajadores de la Empresa, seguida de una capacitación a los trabajadores involucradas en temas relacionados a la herramienta de manufactura esbelta, para posteriormente realizar una prueba piloto, el que permitirá realizar ajustes a la estrategia definida en la fase anterior. Es importante recordar que es aconsejable seleccionar un área delimitada para iniciar la implementación de las herramientas, y una vez que se consigan los éxitos, esta área piloto se convierte en un modelo de buenas prácticas para toda la Empresa. La actividad "Implementar la Herramienta de manufactura esbelta" será descrita en las siguientes secciones, ya que variará según la Herramienta seleccionada, pero tendrá un plazo promedio de 12 semanas.

Fase 7: Seguimiento y Control de Mejoras Implementadas en el Proceso Productivo

Esta fase tiene como objetivo el verificar la continuidad de las mejoras implementadas en la fase anterior, también se hace un cálculo de los beneficios obtenidos y el cumplimiento de los objetivos planteados en la fase 1. Finalmente, es importante actualiza la línea base que permitirá definir nuevas brechas e identificar nuevos puntos de mejora.

Es importante mencionar que para realizar la actividad de "Implantar la Herramienta de Manufactura Esbelta", se requiere que el Equipo de mejora se conforme por un Líder del proyecto y dos analistas de mejora continua, todas ellas con conocimientos previos de herramientas de manufactura esbelta y con experiencia mínima de dos años en trabajos relacionados con mejora de procesos o aplicación de estas herramientas. Este personal debe ser contratado por la Empresa para la realización del proyecto de manera exclusiva por el periodo de 39 semanas (9 meses).

Con lo explicado y teniendo como base el Diagnóstico General de la Empresa, se desarrollará en las siguientes secciones el detalle de la implementación de cada herramienta de manufactura esbelta seleccionada para eliminar o reducir las causas comunes de los problemas (desperdicios) identificados en la situación actual de la Empresa, según la Gráfica 32.



Gráfica 32: Resumen del Análisis de la Problemática y Selección de las Herramientas de Manufactura Esbelta

Elaboración Propia

Es preciso mencionar que algunas de las causas comunes identificadas sólo se evidencian con mayor fuerza en algunas áreas de producción, como se muestra en la Tabla 39.

4.2. Propuesta de Implementación de la Herramienta 5S

Según el diagnóstico de la situación actual de la Empresa, la herramienta 5S se aplicará en las ocho áreas de producción: arandelas, soldadura, mezclado, vaciado, centrifugado, secado a vapor, resane y secado ambiental (véase Tabla 39). En esta sección se desarrolla el project charter, el cronograma y la descripción de las actividades para la implementación de la herramienta 5S en el proceso productivo.

4.2.1. Project Charter de Implementación de la Herramienta 5S

La primera actividad de la fase 1 del cronograma inicial, consiste en “Socializar y Sensibilizar a la Gerencia y Jefaturas”, para lo cual se usará la siguiente cartilla de información del proyecto de implementación de la herramienta 5S.

Tabla 40: Project Charter de la Implementación de la Herramienta 5S

Nombre del Proyecto	Mejora del proceso productivo utilizando la herramienta de Manufactura Esbelta 5S
Objetivo General	Mejorar el proceso productivo utilizando la herramienta de Manufactura Esbelta 5S, minimizando los productos defectuosos, estandarizando las operaciones y reduciendo las esperas del proceso.
Objetivos Específicos	<ul style="list-style-type: none"> * Clasificar y eliminar los materiales innecesarios en cada área de trabajo. * Mejorar las condiciones de la zona de trabajo mediante la organización y limpieza de sus elementos. * Estandarizar las actividades del proceso productivo y capacitar al personal. * Desarrollar una cultura de mejora continua en los procesos productivos.
Patrocinador	Gerente General
Participantes Claves	<ul style="list-style-type: none"> * Jefe de Producción * Jefe de Planta * Jefe de Administración * Jefe de Despacho
Alcance del Proyecto	<p>Las áreas de producción involucradas en el proyecto son:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Área de Arandela 2) Área de Soldadura 3) Área de Mezclado 4) Área de Vaciado 5) Área de Centrifugado 6) Área de Secado a vapor 7) Área de Resane 8) Área de Secado Ambiental
Fases del Proyecto	<p>Las fases del proyecto son:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Iniciación del Proyecto de Mejora (duración: 3 semanas) 2) Planificación del Proyecto de Mejora (duración: 4 semanas) 3) Recopilación de Información del Proceso Productivo (duración: 3 semanas) 4) Diagnóstico del Proceso Productivo (duración: 4 semanas) 5) Diseño de Mejoras en el Proceso Productivo (duración: 5 semanas) 6) Implementación de Mejoras en el Proceso Productivo (Herramienta Lean) (duración: 15 semanas) 7) Seguimiento y Control de Mejoras Implementadas en el Proceso Productivo (duración: 5 semanas)
Beneficios del Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> * Reducción de la proporción de productos defectuosos en un 20%. * Reducción de los tiempos innecesarios (esperas y movimientos innecesarios) en un 20%. * Incremento de la eficiencia del proceso productivo en 5%. * Incremento de la efectividad del proceso productivo en 5%. * Promueve el trabajo en equipo y el pensamiento de la mejora continua en el proceso productivo.

Elaboración Propia

4.2.2. Cronograma de la Implementación de la Herramienta 5S

N°	Actividad	Responsable	Predecesoras	Semanas													
				23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34		
1.	Aplicar 1° S: Clasificar (Seiri)			■	■												
1.1.	Seleccionar los elementos innecesarios	OP ; JPL ; EM		■													
1.2.	Descartar los elementos innecesarios	OP ; JPL ; EM	1.1.		■												
2.	Aplicar 2° S: Organizar (Seiton)					■	■	■									
2.1.	Identificar los elementos necesarios	OP ; JPL ; EM	1.2.			■	■										
2.2.	Definir y etiquetar ubicación de los elementos necesarios	OP ; JPL ; EM	2.1.				■	■									
2.3.	Colocar elementos en ubicación definida	OP ; JPL ; EM	2.2.					■	■								
3.	Aplicar 3° S: Limpiar (Seiso)								■	■							
3.1.	Proporcionar artículos de limpieza a las áreas de producción	EM ; JA	2.3.						■	■							
3.2.	Realizar la limpieza de las zonas de trabajo	OP ; JPL ; EM	3.1.						■	■							
4.	Aplicar 4° S: Estandarizar (Seito)										■	■	■				
4.1.	Promocionar los resultados de la implementación de las 3S	JP ; LP	3.2.								■	■	■				
4.2.	Definir y difundir procedimientos de orden y limpieza	JP ; EM	3.2.								■	■					
4.3.	Definir y difundir procedimientos de trabajo	JP ; EM	3.2.									■	■				
4.4.	Capacitar al personal en los procedimientos	JP ; EM	4.1. ; 4.2. ; 4.3.										■	■			
5.	Aplicar 5° S: Disciplinar (Shitsuki)															■	■
5.1.	Promocionar los beneficios de la implementación de las 4S	JP ; LP	4.4,													■	■
5.2.	Fomentar el cumplimiento de los procedimientos	EM	5.1.													■	■
5.3.	Crear un sistema de auditoría permanente de la 5S	EM	5.1.														■

Legenda: GG: Gerente General ; JA: Jefe de Administración ; JP : Jefe de Producción ; JPL: Jefe de Planta ; OP: Operarios ; LP: Líder del Proyecto ; EM: Equipo de Mejora

Gráfica 33: Cronograma de la Implementación de la Herramienta 5S

Elaboración Propia

4.2.3. Descripción de Actividades de la Implementación de la Herramienta 5S

El cronograma muestra las etapas que implican la actividad “Implementación de la Herramienta de Manufactura Esbelta (5S)”. A continuación, se describe los objetivos de cada una de las etapas:

Etapa 1: Aplicar 1° S: Clasificar (Seiri)

Esta etapa tiene como objetivo descartar los elementos innecesarios de las ocho áreas de producción, mediante la realización de un cuestionario sencillo a las personas responsables del proceso para diferenciar los elementos necesarios de los innecesarios y la aplicación de una tarjeta roja a los elementos innecesarios. Finalmente, los elementos rotulados como innecesarios serán desechados. A continuación, un ejemplo de tarjeta roja, que puede ser implementada.

TARJETA ROJA			
NOMBRE DEL ARTÍCULO			
CATEGORÍA	1. Maquinaria	5. Accesorios y herramientas	
	2. Materia Prima	6. Producto en Proceso	
	3. Equipo de oficina	7. Producto Terminado	
	4. Artículo de limpieza		
FECHA DE IDENTIFICACIÓN	UBICACIÓN	CANTIDAD	
RAZÓN	1. Defectuoso	3. No se necesita	
	2. Uso desconocido	4. Otros	
ELABORADA POR	DEPARTAMENTO	FECHA DE DESECHO	
FORMA DE DESECHO	1. Transferir	3. Vender	
	2. Eliminar	4. Otros	

Gráfica 34: Tarjeta Roja para Clasificar lo Innecesario

Elaboración Propia

Etapa 2: Aplicar 2° S: Organizar (Seiton)

Esta etapa tiene como objetivo ubicar los elementos de las 8 áreas de trabajo adecuada y fija, para lo cual se requiere identificar los elementos catalogados como necesarios, y a su vez, definir y etiquetar su mejor ubicación para facilitar las actividades en el puesto de trabajo realizado por el operario.

Etapa 3: Aplicar 3° S: Limpiar (Seiso)

Esta etapa tiene como objetivo limpiar las zonas de trabajo, siendo necesario, proporcionar los implementos de limpieza en las 8 áreas de producción. Es importante definir a la limpieza como una actividad recurrente dentro de sus funciones del operario.

Etapa 4: Aplicar 4° S: Estandarizar (Seito)

Esta etapa tiene como objetivo promocionar los resultados de la implementación de las 3S y establecer los procedimientos de orden, limpieza y secuencia de las actividades de las áreas de trabajo. Los procedimientos desarrollados deben ser difundidos en las 8 áreas de producción, con el uso de paneles informativos, charlas, entre otros. Finalmente, es importante capacitar a los operarios en el cumplimiento de los procedimientos desarrollados.

Etapa 5: Aplicar 5° S: Disciplinar (Shitsuki)

Esta etapa tiene como objetivo fomentar el cumplimiento de los procedimientos y crear un sistema de auditoría para verificar el cumplimiento de las 5S. En esta etapa también se realiza una promoción de los resultados obtenidos de la implementación de las 5S en las 8 áreas de producción. A continuación, un ejemplo de registro (check list) para la auditoría, que puede ser implementada.

Nombre de Persona Auditora:		Fecha de la Auditoría:								
5S	CRITERIO DE EVALUACIÓN	ARANDELA	SOLDADURA	MEZCLADO	VACIADO	CENTRIFUGADO	SECADO A VAPOR	RESANE	SECADO AMBIENTAL	OBSERVACIONES
SEIRI	Uso adecuado de tarjetas rojas									
SEITON	Ubicación adecuada de los elementos									
SEISO	Conserva los elementos en condiciones óptimas									
SEIKETSU	Cumple los estándares correctamente									
SHITSUKE	Desarrolla cultura de mejora continua									
Conclusión:		Por Mejorar	Bueno	Excelente	Firma del Auditor:					

Gráfica 35: Registro de Auditoría de Cumplimiento de la 5S

Elaboración Propia

4.3. Propuesta de Implementación de la Herramienta TPM

Según el diagnóstico de la situación actual de la Empresa, la herramienta TPM se aplicará en las dos áreas de producción que se identificaron como críticas: mezclado y centrifugado (véase x). En esta sección se desarrolla el project charter, el cronograma y la descripción de las actividades para la implementación de la herramienta TPM en el proceso productivo.

4.3.1. Project Charter de Implementación de la Herramienta TPM

La primera actividad de la fase 1 del cronograma inicial, consiste en “Socializar y Sensibilizar a la Gerencia y Jefaturas”, para lo cual se usará la siguiente cartilla de información del proyecto de implementación de la herramienta TPM.

Tabla 41: Project Charter de la Implementación de la Herramienta TPM

Nombre del Proyecto	Mejora del proceso productivo utilizando la herramienta de Manufactura Esbelta TPM
Objetivo General	Reducir los tiempo de parada de las máquinas utilizando la herramienta de Manufactura Esbelta TPM.
Objetivos Específicos	<ul style="list-style-type: none"> * Maximizar la utilización y efectividad de las maquinarias. * Mantener las máquinas en condiciones óptimas y reducir los mantenimientos correctivos. * Fomentar la participación de los trabajadores en las actividades de mantenimiento. * Aumentar los conocimientos y habilidades de los trabajadores en las actividades de mantenimiento. * Mejorar la seguridad en la zona de trabajo.
Patrocinador	Gerente General
Participantes Claves	<ul style="list-style-type: none"> * Jefe de Producción * Jefe de Planta * Jefe de Administración
Alcance del Proyecto	<p>Las áreas de producción involucradas en el proyecto son:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Área de Mezclado 2) Área de Centrifugado
Fases del Proyecto	<p>Las fases del proyecto son:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Iniciación del Proyecto de Mejora (duración: 3 semanas) 2) Planificación del Proyecto de Mejora (duración: 4 semanas) 3) Recopilación de Información del Proceso Productivo (duración: 3 semanas) 4) Diagnóstico del Proceso Productivo (duración: 4 semanas) 5) Diseño de Mejoras en el Proceso Productivo (duración: 5 semanas) 6) Implementación de Mejoras en el Proceso Productivo (Herramienta Lean) (duración: 15 semanas) 7) Seguimiento y Control de Mejoras Implementadas en el Proceso Productivo (duración: 5 semanas)
Beneficios del Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> * Aumenta la productividad del proceso productivo en un 7%. * Mejora la efectividad del proceso productivo en un 5%. * Mejora el grado de utilización de las máquinas eliminando las seis grandes pérdidas del TPM.

Elaboración Propia

4.3.2. Cronograma de Implementación de la Herramienta TPM

N°	Actividad	Responsable	Predecesoras	Semanas													
				23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34		
1.	Definir el área de mantenimiento			■	■												
1.1.	Designar al responsable del mantenimiento y sus funciones	JP ; EM		■													
1.2.	Capacitar al responsable del mantenimientos en el uso de las maquinarias	JP ; EM	1.1.	■													
1.3.	Realizar inventario de máquinas y codificar	OP ; JPL ; EM	1.2.	■	■												
1.4.	Recuperar los registros de mantenimiento en cada máquina	JPL ; EM	1.3.	■	■												
2.	Regresar a la máquina a su estado inicial					■	■										
2.1.	Proporcionar artículos de limpieza y mantenimiento a las áreas involucradas	OP ; JPL ; EM	1.4.			■											
2.2.	Realizar limpieza interna y externa de las máquinas	OP ; JPL ; EM	2.1.			■	■										
2.3.	Regular la máquina en su puesta a punto	OP ; JPL ; EM	2.2.				■										
3.	Eliminar las fuentes de suciedad y las zonas de difícil acceso							■	■								
3.1.	Detectar fuentes de suciedad internas y externas de las máquinas	OP ; JPL ; EM	2.3.					■									
3.2.	Reubicar y mejorar posicionamiento de las máquinas	OP ; JPL ; EM	3.1.						■								
4.	Aprender a inspeccionar el equipo									■	■						
4.1.	Definir y difundir procedimientos de mantenimiento	JP ; EM	3.2.							■							
4.2.	Capacitar al personal en las actividades de mantenimiento	JP ; EM	4.1.								■						
5.	Desarrollar el mantenimiento autónomo continuo											■	■	■	■	■	■
5.1.	Establecer una política para el mantenimiento autónomo	JP ; EM	4.2.									■	■				
5.2.	Establecer un programa de mantenimiento preventivo	JP ; EM	5.1.										■				
5.3.	Promocionar los beneficios de la implementación del TPM	JP ; LP	5.2.												■		
5.4.	Fomentar el cumplimiento del mantenimiento autónomo	JP ; EM	5.3.												■	■	
5.5.	Crear un sistema de auditoría permanente del TPM	JP ; EM	5.4.													■	■

Leyenda: GG: Gerente General ; JA: Jefe de Administración ; JP : Jefe de Producción ; JPL: Jefe de Planta ; OP: Operarios ; LP: Líder del Proyecto ; EM: Equipo de Mejora

Gráfica 36: Cronograma de la Implementación de la Herramienta TPM

Elaboración Propia

4.3.3. Descripción de Actividades de Implementación de la Herramienta TPM

El cronograma muestra las etapas que implican la actividad “Implementación de la Herramienta de Manufactura Esbelta (TPM)”. A continuación, se describe los objetivos de cada una de las etapas:

Etapas 1: Definir el área de mantenimiento

Esta etapa tiene como objetivo definir al responsable del mantenimiento en el proceso productivo y especificar sus funciones referentes al mantenimiento. Es importante que el responsable del mantenimiento sea capacitado en el uso correcto de las máquinas, en sus calibraciones y en sus mantenimientos; estas capacitaciones deben realizarlo personal técnico calificado en las máquinas (de preferencia de la marca de las máquinas). Adicionalmente, se debe recopilar la información de las maquinarias existentes, realizar un inventario de máquinas del área de mezclado y centrifugado, y recuperar los registros de mantenimiento correctivo y los problemas que ocasionó en el proceso productivo. En la Empresa es importante que el responsable de mantenimiento sea el Jefe de Planta.

Etapas 2: Regresar a la máquina a su estado inicial

Esta etapa tiene como objetivo colocar la máquina en su puesto a punto, es decir, tal cual fue comprada. Para ello es necesario realizar una limpieza interna y externa de las máquinas de mezclado y centrifugado.

Etapas 3: Eliminar las fuentes de suciedad y las zonas de difícil acceso

Esta etapa tiene como objetivo detectar las fuentes (internas y externas) de suciedad para las máquinas de mezclado y centrifugado. Posteriormente, se analizará si es necesario una reubicación o una mejora en el posicionamiento de los elementos de las máquinas.

Etapas 4: Aprender a inspeccionar el equipo

Esta etapa tiene como objetivo definir los procedimientos de mantenimiento adecuado de las máquinas de mezclado y centrifugado. Los procedimientos desarrollados deben ser difundidos en las 2 áreas de producción, con el uso de paneles informativos, charlas, entre otros. Finalmente, es importante capacitar a los operarios en el cumplimiento de los procedimientos desarrollados.

Etapa 5: Desarrollar el mantenimiento autónomo continuo

Esta etapa tiene como objetivo definir la política del mantenimiento autónomo y el programa del mantenimiento preventivo en las áreas de mezclado y centrifugado. En esta etapa también se realiza una promoción de los resultados obtenidos de la implementación de las TPM en las 2 áreas de producción, y se define un sistema de auditoría para verificar el cumplimiento de las acciones realizadas en la implementación del TPM. A continuación, un ejemplo de registro (check list) para el llevar en control diario del mantenimiento autónomo de las máquinas, que puede ser implementada.

Nombre de Máquina:			Código de Máquina:	Área de Ubicación de Máquina:		Observaciones
	Fecha / Actividades	Limpieza	Lubricación	Ajuste	Mantenimiento Preventivo	
Día 1:						
Día 2:						
Día 3:						
Día 4:						
Día 5:						
Día 6:						
Día 7:						
Día 8:						
Día 9:						
Día 10:						
Día 11:						
Día 12:						
Día 13:						
Día 14:						
Día 15:						
Día 16:						
Día 17:						
Día 18:						
Día 19:						
Día 20:						
Día 21:						
Día 22:						
Día 23:						
Día 24:						
Día 25:						
Día 26:						
Día 27:						
Día 28:						
Día 29:						
Día 30:						
Día 31:						

Gráfica 37: Registro de Control Diario de Mantenimiento Autónomo de las Máquinas

Elaboración Propia

4.4. Propuesta de Implementación de la Herramienta Jidoka

Según el diagnóstico de la situación actual de la Empresa, la herramienta Jidoka se aplicará en las tres áreas de producción que se identificaron como críticas: soldadura, vaciado y resane (véase Tabla 39).

En esta sección se desarrolla el project charter, el cronograma y la descripción de las actividades para la implementación de la herramienta Jidoka en el proceso productivo.

4.4.1. Project Charter de Implementación de la Herramienta Jidoka

La primera actividad de la fase 1 del cronograma inicial, consiste en “Socializar y Sensibilizar a la Gerencia y Jefaturas”, para lo cual se usará la siguiente cartilla de información del proyecto de implementación de la herramienta Jidoka.

Tabla 42: Project Charter de la Implementación de la Herramienta Jidoka

Nombre del Proyecto	Mejora del proceso productivo utilizando la herramienta de Manufactura Esbelta Jidoka
Objetivo General	Reducir la proporción de productos defectuosos utilizando la herramienta de Manufactura Esbelta Jidoka.
Objetivos Específicos	<ul style="list-style-type: none">* Implementar dispositivos de detección de errores.* Implementar la automatización de los procesos manuales.* Reducir la cantidad de reprocesos.* Aumentar los puntos de control dentro del proceso.
Patrocinador	Gerente General
Participantes Claves	<ul style="list-style-type: none">* Jefe de Producción* Jefe de Planta* Jefe de Administración
Alcance del Proyecto	Las áreas de producción involucradas en el proyecto son: 1) Área de Soldadura 2) Área de Vaciado 3) Área de Resane
Fases del Proyecto	Las fases del proyecto son: 1) Iniciación del Proyecto de Mejora (duración: 3 semanas) 2) Planificación del Proyecto de Mejora (duración: 4 semanas) 3) Recopilación de Información del Proceso Productivo (duración: 3 semanas) 4) Diagnóstico del Proceso Productivo (duración: 4 semanas) 5) Diseño de Mejoras en el Proceso Productivo (duración: 5 semanas) 6) Implementación de Mejoras en el Proceso Productivo (Herramienta Lean) (duración: 15 semanas) 7) Seguimiento y Control de Mejoras Implementadas en el Proceso Productivo (duración: 5 semanas)
Beneficios del Proyecto	<ul style="list-style-type: none">* Reducción de los productos defectuosos en un 7%.* Aumento de la eficiencia en un 5%.

Elaboración Propia

4.4.2. Cronograma de Implementación de la Herramienta Jidoka

N°	Actividad	Responsable	Predecesoras	Semanas													
				23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34		
1.	Implementar autonomación del proceso																
1.1.	Identificar las actividades reemplazables por equipos	JPL ; EM															
1.2.	Diseñar equipos necesarios	JPL ; EM	1.1.														
1.3.	Comprar materiales y equipos necesarios	JA ; EM	1.2.														
1.4.	Definir y difundir instructivo de uso de equipo	JPL ; EM	1.3.														
1.5.	Capacitar al personal en el uso del equipo	JPL ; EM	1.4.														
1.6.	Utilizar el equipo de manera adecuada	OP ; JPL ; EM	1.5.														
1.7.	Promocionar los beneficios de la implementación del Jidoka	JP ; LP	1.6.														
2.	Implementar autonomación de sujeción																
2.1.	Identificar las actividades con ajuste manual reemplazables a mecánica	JPL ; EM															
2.2.	Diseñar sistemas de sujeción mecánica necesarios	JPL ; EM	2.1.														
2.3.	Comprar sistemas de sujeción mecánica necesarios	JA ; EM	2.2.														
2.4.	Definir y difundir instructivo de uso de sistemas de sujeción mecánica	JPL ; EM	2.3.														
2.5.	Capacitar al personal en el uso del sistema de sujeción mecánica	JPL ; EM	2.4.														
2.6.	Utilizar los sistemas de sujeción mecánica de manera adecuada	OP ; JPL ; EM	2.5.														
2.7.	Promocionar los beneficios de la implementación del Jidoka	JP ; LP	2.6.														
3.	Implementar mecanismos anti-error "poka yoke"																
3.1.	Identificar las áreas que requieran mecanismos anti-error	JPL ; EM															
3.2.	Diseñar dispositivos anti-error necesarios	JPL ; EM	3.1.														
3.3.	Comprar dispositivos anti-error necesarios	JA ; EM	3.2.														
3.4.	Definir y difundir instructivo de uso de dispositivos anti-error	JPL ; EM	3.3.														
3.5.	Capacitar al personal en el uso del dispositivos anti-error	JPL ; EM	3.4.														
3.6.	Utilizar los mecanismos anti-error de manera adecuada	OP ; JPL ; EM	3.5.														
3.7.	Promocionar los beneficios de la implementación del Jidoka	JP ; LP	3.6.														

Leyenda: GG: Gerente General ; JA: Jefe de Administración ; JP : Jefe de Producción ; JPL: Jefe de Planta ; OP: Operarios ; LP: Líder del Proyecto ; EM: Equipo de Mejora

Gráfica 38: Cronograma de la Implementación de la Herramienta Jidoka

Elaboración Propia

4.4.3. Descripción de Actividades de Implementación de la Herramienta Jidoka

El cronograma muestra las acciones que implican la actividad “Implementación de la Herramienta de Manufactura Esbelta (Jidoka)”. Estas acciones pueden implementarse en paralelo ya que no son dependientes entre ellas, es preciso mencionar que la selección de estas acciones se basa primordialmente en el análisis de su factibilidad económica. A continuación, se describe los objetivos de cada una de estas acciones:

Acción 1: Implementar autonomación del proceso

Esta acción tiene como objetivo reemplazar actividades manuales por equipos, para lo cual se requiere identificar las actividades que puedan ser reemplazadas, diseñar los equipos a implantarse en el proceso, comprar los materiales para fabricarlo en la planta o comprar el equipo completo. Posteriormente es necesario definir los procedimientos de uso correcto del equipo, estos procedimientos deben ser difundidos en las áreas de aplicación, con el uso de paneles informativos, charlas, entre otros. Adicionalmente, es importante capacitar a los operarios en el cumplimiento de los procedimientos desarrollados, para que puedan finalmente utilizar el equipo dentro de sus actividades. En la Empresa se requiere de un equipo que reemplace las actividades manuales, en las operaciones de vaciado de mezcla al molde (con la ayuda de canaletas) y el resane del poste (con la ayuda de lijas eléctricas); es importante que los diseños de los equipos, dispositivos o mecanismos a implementarse debe ser desarrollados por un especialista en ingeniería mecánica y/o electrónica, con la finalidad de garantizar la calidad del producto a elaborar y del poste de concreto y la seguridad del operario.

Acción 2: Implementar autonomación de sujeción

Esta acción tiene como objetivo reemplazar actividades de ajuste manual por ajuste mecánico, para lo cual se requiere identificar las actividades que requieren de ajustes que puedan ser transformadas, diseñar la sujeción a implantarse en el proceso, comprar los materiales para fabricarlo en la planta o comprar la sujeción completa. Posteriormente es necesario definir los procedimientos de uso correcto de la sujeción mecánica, estos procedimientos deben ser difundidos en las áreas de aplicación, con el uso de paneles informativos, charlas, entre otros. Adicionalmente, es importante capacitar a los operarios en el cumplimiento de los procedimientos desarrollados,

para que puedan finalmente utilizar la sujeción mecánica dentro de sus actividades. En la Empresa se requiere de una sujeción mecánica en la operación de resane, que permita sostener y también girar al poste sin la necesidad de usar la grúa, que involucra demasiado tiempo y riesgo para el operario; es importante que los diseños de los equipos, dispositivos o mecanismos a implementarse debe ser desarrollados por un especialista en ingeniería mecánica y/o electrónica, con la finalidad de garantizar la calidad del producto y la seguridad del operario.

Acción 3: Implementar mecanismos anti-error "poka yoke"

Esta acción tiene como objetivo implementar mecanismos anti-error, para lo cual se requiere identificar las actividades críticas que requieran de un control para evitar reprocesos, diseñar los mecanismos anti-error a implantarse en el proceso, comprar los materiales para fabricarlo en la planta o comprar el mecanismo anti-error completo. Posteriormente es necesario definir los procedimientos de uso correcto del mecanismo anti-error, estos procedimientos deben ser difundidos en las áreas de aplicación, con el uso de paneles informativos, charlas, entre otros. Adicionalmente, es importante capacitar a los operarios en el cumplimiento de los procedimientos desarrollados, para que puedan finalmente utilizar el mecanismo anti-error dentro de sus actividades. En la Empresa se requiere de un mecanismo anti-error en la operación de soldadura, que permita trabajar con el tamaño de fierros correcto para una orden de producción determinada (con el uso de topes en las mesas de trabajo que tengan medidas fijas y rotuladas); es importante que los diseños de los equipos, dispositivos o mecanismos a implementarse debe ser desarrollados por un especialista en ingeniería mecánica y/o electrónica, con la finalidad de garantizar la calidad del producto a elaborar y del poste de concreto y la seguridad del operario.

4.5. Beneficios Esperados de la Implementación de Herramientas de Manufactura Esbelta

Con las implementaciones de las Herramientas de manufactura esbelta descritas en las secciones anteriores, se detallarán los beneficios esperados de la implementación de cada una de las Herramientas de manera independiente, y un beneficio esperado global de la implementación de todas las herramientas de manufactura esbelta propuestas (5S, TPM y Jidoka).

4.5.1. Impacto Esperado en la Problemática Identificada

En esta sección se ha estimado los valores después de cada implementación en cada uno de los desperdicios o problemas identificados en el proceso productivo. En la Tabla 43 se muestra: la columna de Valor Actual que corresponde a la información de la Tabla 36, las columnas con el nombre de una herramienta de manufactura esbelta son los beneficios estimados resultantes de su aplicación (de manera independiente), y la columna de Valor Futuro corresponde a la información de los beneficios estimados resultantes de la aplicación de las 3 herramientas de manufactura esbelta. Cabe mencionar que la información del valor futuro se calcula teniendo el siguiente orden de aplicación: 5S, TPM y Jidoka, que es el más conveniente para obtener resultados favorables de manera rápida en el proceso productivo.

Tabla 43: Estimación de los Valores de Desperdicios del Proceso después de la Implementación de Herramientas de Manufactura Esbelta

Desperdicios / Problemas	Valor Actual	5S	TPM	Jidoka	Valor Futuro
Productos defectuosos	10.8%	9.2%	9.7%	8.6%	6.6%
Reprocesos	5.4%	4.6%	4.9%	4.3%	3.3%
Esperas	14.5%	11.6%	8.7%	13.1%	6.3%
Movimiento Innecesario	7.9%	3.2%	7.1%	7.1%	2.6%

Elaboración Propia

De la Tabla 43, se aprecia que los desperdicios han sido disminuidos en favor de la productividad del proceso productivo. Teniendo en consideración los valores anteriormente estimados, se calcula el nuevo valor (futuro) de los adicionales de materia prima y horas-hombre que se requieren para la fabricación de los postes de concreto.

Tabla 44: Estimación de los Valores de Ineficiencias del Proceso después de la Implementación de Herramientas de Manufactura Esbelta

Descripción	Valor Actual	Valor Futuro
Total de Materia Prima Adicional	16.2%	9.9%
Total de Mano de Obra Adicional	23.5%	9.5%

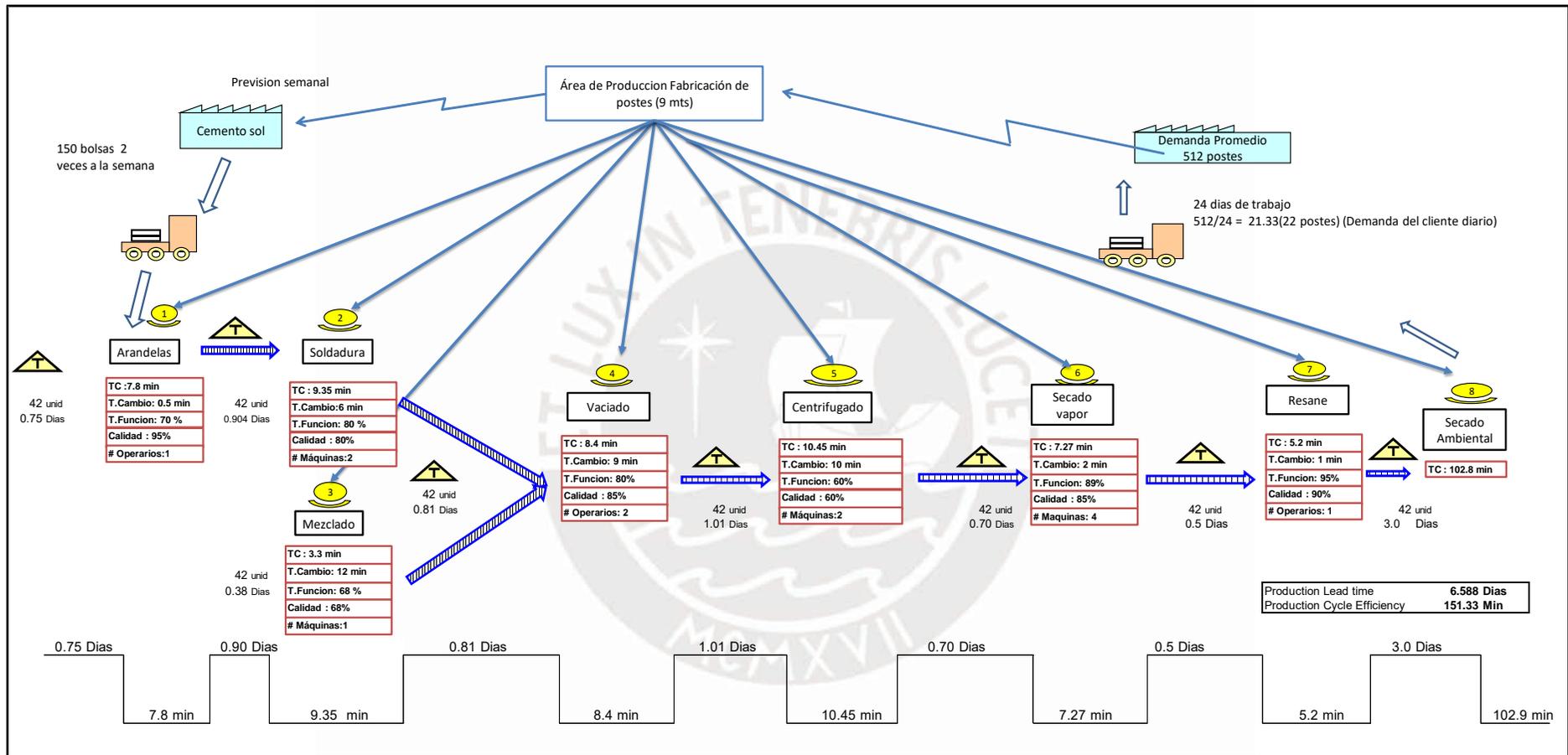
Elaboración Propia

En conclusión, se puede apreciar una mejora que consiste en la reducción de los desperdicios (problemas) y la reducción de más del 50% en las ineficiencias del proceso (materia prima y horas-hombre adicional). Teniendo como consecuencia, una mejora en los indicadores de productividad que se detallarán más adelante.

4.5.2. Mapeo de Flujo de Valor Futuro (VSM Futuro)

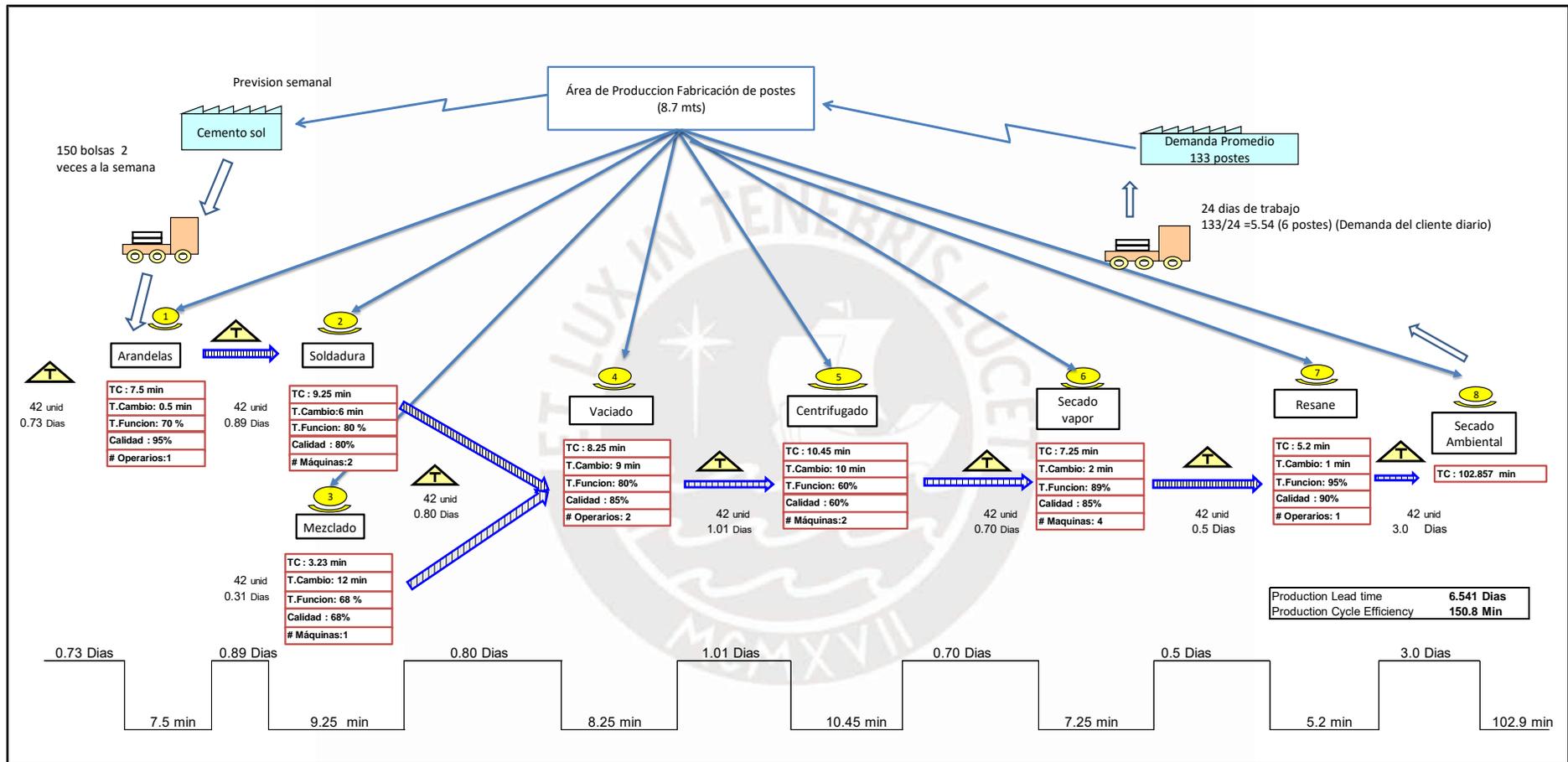
Teniendo en consideración las tres herramientas de manufactura esbelta (5S, TPM y Jidoka) propuestas según las áreas de aplicación definidas y los valores estimados resultantes de la aplicación, permiten definir el VSM Futuro de los postes 8, 8.7 y 9 metros.





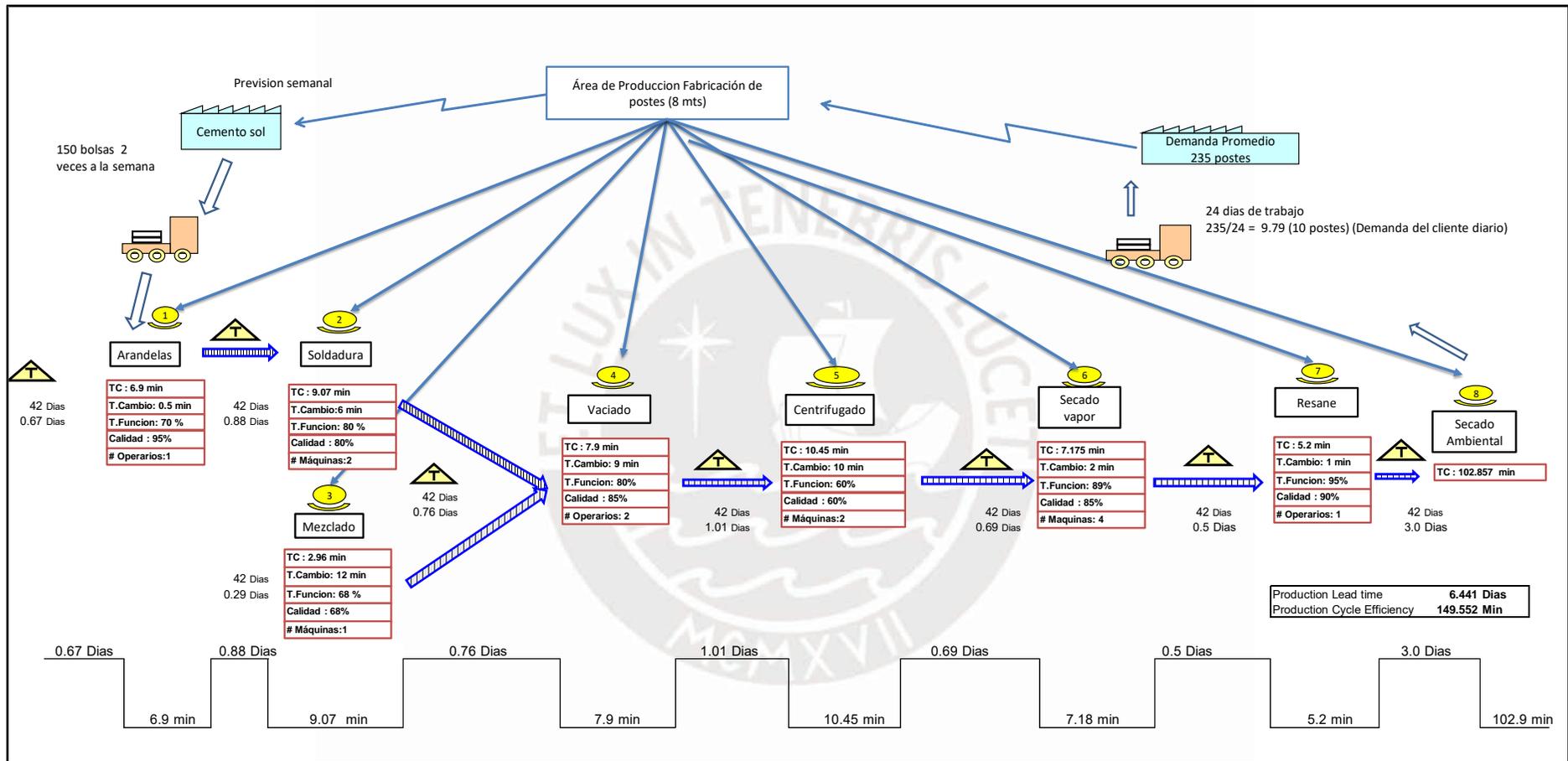
Gráfica 39: Mapeo de Flujo de Valor Futuro del Poste de 9 mts.

Elaboración Propia



Gráfica 40: Mapeo de Flujo de Valor Futuro del Poste de 8.7 mts.

Elaboración Propia



Gráfica 41: Mapeo de Flujo de Valor Futuro del Poste de 8 mts.

Elaboración Propia

En los VSM Futuro se visualiza una mejora en el proceso productivo con la aplicación de las 3 herramientas de manufactura esbelta, reflejada la capacidad de producción de los postes de concreto. Cabe precisar, que las mejoras de la implementación de las herramientas de manufactura esbelta conllevan a una reducción de los desperdicios (tiempos adicionales debido a esperas, movimientos innecesarios, entre otros), que finalmente logran aumentar el tiempo efectivo de un día de trabajo y por consiguiente se incrementa la productividad diaria (reduciendo las horas extras del personal).

4.5.3. Indicadores Esperados

En la Tabla 38 se mostró la información actual de los indicadores de producción, en esta sección, se actualizarán los estos valores considerando la aplicación individual de las Herramientas de manufactura esbelta y su aplicación en conjunto, esta estimación se encuentra detallada en la Tabla 45.

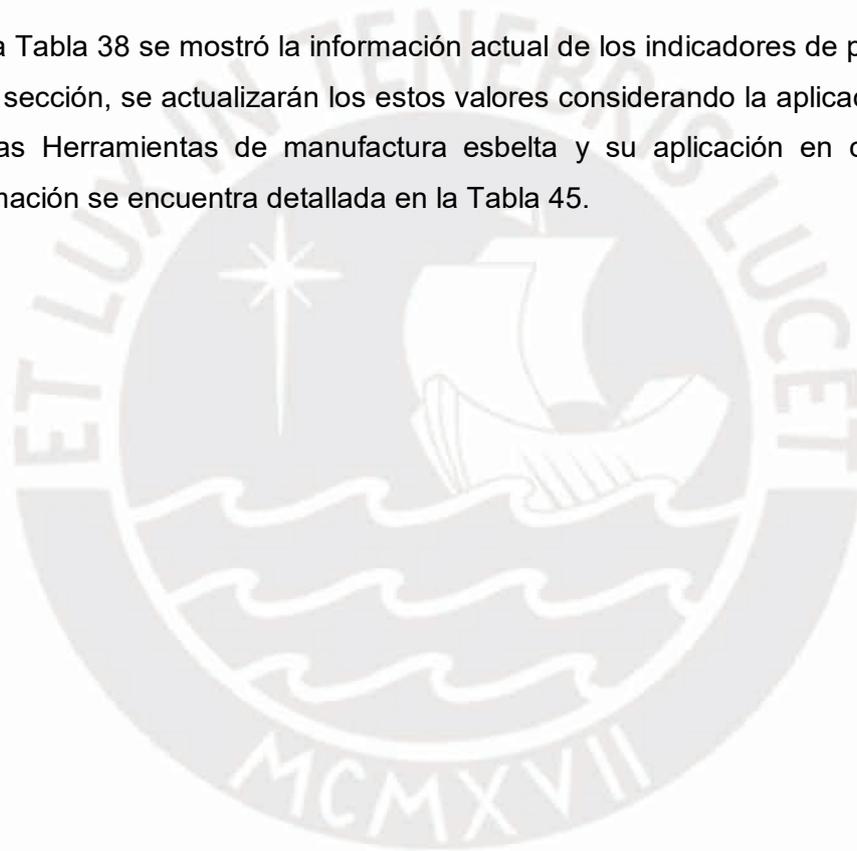


Tabla 45: Detalle de la estimación de los Indicadores del área de Producción después de la Implementación de las herramientas de Manufactura Esbelta

		REAL	REAL	5S	5S	TPM	TPM	JIDOKA	JIDOKA	TODOS	TODOS
COSTO OPERATIVO											
Materia Prima											
Costo Materia Prima	S/. 189.00	100%	S/. 189.00	100%	S/. 189.00	100%	S/. 189.00	100%	S/. 189.00	100%	S/. 189.00
Costo Adicional de Materia Prima		16%	S/. 30.62	14%	S/. 26.03	15%	S/. 27.56	13%	S/. 24.49	10%	S/. 18.74
Mano de obra											
Costo Mano de obra	S/. 32.00	100%	S/. 32.00	100%	S/. 32.00	100%	S/. 32.00	100%	S/. 32.00	100%	S/. 32.00
Costo Adicional de Mano de Obra		23%	S/. 7.51	16%	S/. 5.02	17%	S/. 5.37	21%	S/. 6.73	9%	S/. 3.04
Gastos de Maquinaria											
Costo de Depreciación de Máquina	S/. 3.50	100%	S/. 3.50	100%	S/. 3.50	100%	S/. 3.50	100%	S/. 3.50	100%	S/. 3.50
Costo de Mantenimiento Correctivo	S/. 2.50	180%	S/. 4.50	80%	S/. 2.00	20%	S/. 0.50	80%	S/. 2.00	20%	S/. 0.50
Costo de Mantenimiento Preventivo	S/. 2.00	5%	S/. 0.10	40%	S/. 0.80	80%	S/. 1.60	40%	S/. 0.80	80%	S/. 1.60
Costo de materiales y equipos	S/. 0.97	100%	S/. 0.97	100%	S/. 0.97	100%	S/. 0.97	100%	S/. 0.97	100%	S/. 0.97
TOTAL DE COSTO OPERATIVO			S/. 268.20		S/. 259.31		S/. 260.49		S/. 259.49		S/. 249.34
GASTO ADMINISTRATIVO											
Gasto Administrativo		10%	S/. 26.82	10%	S/. 25.93	10%	S/. 26.05	10%	S/. 25.95	10%	S/. 24.93
TOTAL DE GASTO ADMINISTRATIVO			S/. 26.82		S/. 25.93		S/. 26.05		S/. 25.95		S/. 24.93
COSTO TOTAL			S/. 295.02		S/. 285.24		S/. 286.54		S/. 285.43		S/. 274.27
INDICADORES	UNIDAD		REAL		5S		TPM		JIDOKA		TODOS
			VALOR		VALOR		VALOR		VALOR		VALOR
Eficiencia	%		89.16%		92.21%		91.79%		92.15%		95.90%
Productividad Total (Real)	poste / soles		0.00339		0.00351		0.00349		0.00350		0.00365
Productividad Total (Óptima)	poste / soles		0.00388		0.00388		0.00388		0.00388		0.00388
Efectividad	%		87.38%		90.37%		89.96%		90.31%		93.99%

Elaboración Propia

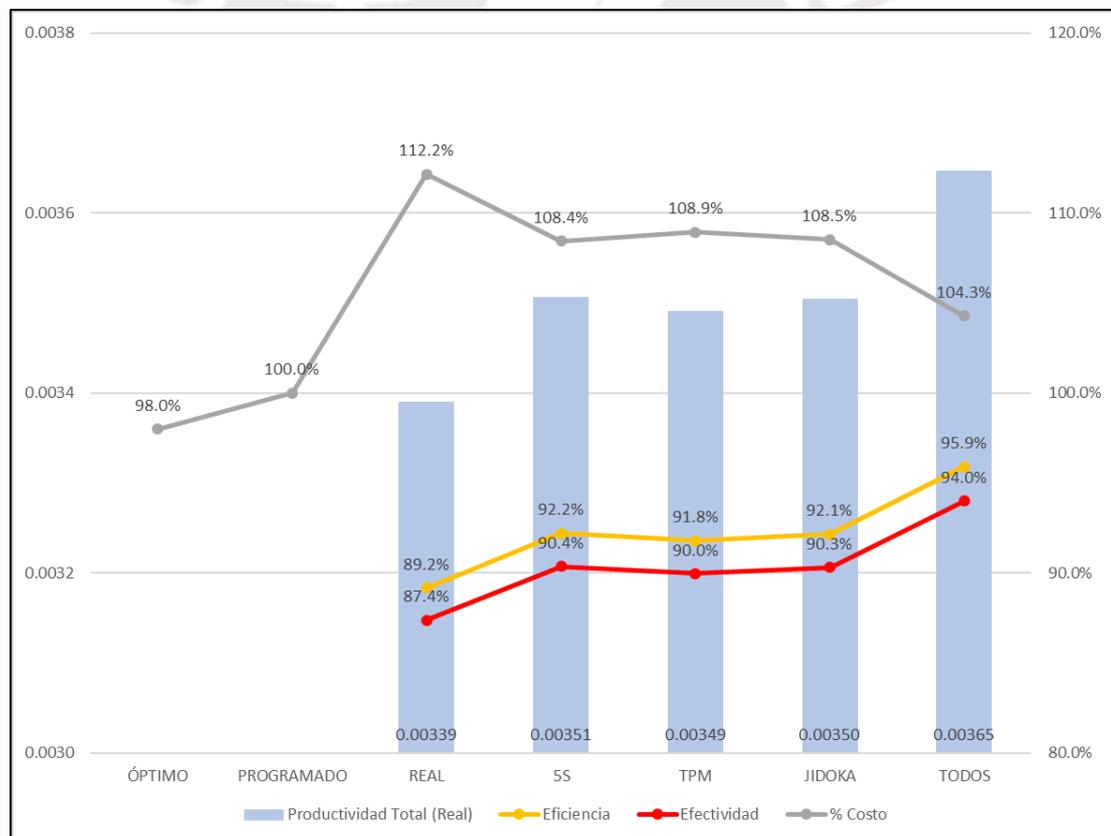
En la Tabla 46 se muestran con los resultados esperados en cada uno de los indicadores de producción.

Tabla 46: Estimación de los Indicadores del área de Producción después de la Implementación de las herramientas de Manufactura Esbelta

Indicadores	Valor Actual	5S	TPM	Jidoka	Valor Futuro	Unidad
Eficiencia	89.16%	92.21%	91.79%	92.15%	95.90%	%
Productividad Total	0.00339	0.00351	0.00349	0.00350	0.00365	Postes / Sol
Efectividad	87.38%	90.37%	89.96%	90.31%	93.99%	%

Elaboración Propia

Es preciso mencionar que, para los cálculos de indicadores, se sigue usando como productividad total óptima el valor de 0.00388 postes/sol.



Gráfica 42: Impacto de la Implementación de Manufactura Esbelta en los Costos e Indicadores de Producción

Elaboración Propia

En resumen, se puede observar que, analizando cada herramienta, de manera independiente, la que más impacto tiene sobre la eficiencia, efectividad y productividad total del proceso productivo es la implementación de la Herramienta 5S, incrementando la eficiencia de un 89.2 % a un 92.2%, mejorando la efectividad de 87.4% a un 90.4%, y reduciendo los costos de fabricación de un poste de concreto de un 112.2% a un 108.4%. Este último punto, tiene como origen el desorden y la falta de limpieza existente en el proceso actualmente, y como consecuencia de la implementación de las herramientas, se obtendrá una reducción en las horas extras, y por consiguiente ahorros en el proceso productivo, generando mayores rentabilidades a la Empresa sin la necesidad de incrementar los costos a nuestros clientes.

Se puede concluir que todos estos resultados esperados son consecuencia del gran significado que tiene implementar las herramientas de manufactura esbelta, contando siempre con el compromiso por parte de la Gerencia General.



CAPÍTULO 5: EVALUACIÓN ECONÓMICA

En el presente capítulo se determinan los costos de inversión que implican implementar las herramientas de manufactura esbelta propuestas (5S, TPM y Jidoka) de manera independiente y de forma conjunta, para posteriormente realizar un análisis económico con la ayuda de los indicadores financieros: VPN, TIR y B/C.

5.1. Costos Esperados de la Implementación del Proyecto

En esta sección se definen los costos de inversión requeridos para la implementación del proyecto de las herramientas de manufactura esbelta de forma individual y conjunta.

1. Costos Generales del Proyecto

El desarrollo de todas las actividades descritas en el cronograma general de la Gráfica 31, genera un costo basado sólo en los tiempos requeridas en el personal involucrado como responsable. Por ello, el costo total del proyecto (a excepción de la actividad “Implementar la Herramienta de Manufactura Esbelta”), se muestra en la Tabla 47.

Tabla 47: Costos Generales del Proyecto

Personas	Personal	Costo Unitario	Periodo	Costo Total
1	Gerente General	S/ 750.00	5 semanas	S/ 3,750.00
1	Jefe de Producción	S/ 375.00	6 semanas	S/ 2,250.00
1	Líder del Proyecto	S/ 2,500.00	9 meses	S/ 22,500.00
2	Analistas de Mejora Continua	S/ 1,500.00	9 meses	S/ 27,000.00
1	Consultor Capacitador	S/ 900.00	3 días por 6 semanas	S/ 16,200.00
Total del Proyecto (sin Implementación)				S/ 71,700.00

Elaboración Propia

En la Tabla 47 se muestra al Gerente General y Jefe de Producción que ya pertenecen a la planilla de la Empresa, y los costos son las estimaciones según el periodo de participación en el proyecto y dedicándose solo medio tiempo de su jornada laboral. El Líder del Proyecto y los dos Analistas de Mejora Continua son parte del Equipo de Mejora que serán contratados por los 9 meses de duración del proyecto. Adicionalmente, se encuentra el Consultor Capacitador que brindará las charlas sobre las herramientas de calidad y manufactura esbelta, y su pago se realiza

en base a los días de capacitación. Todos estos conceptos ascienden a un monto total de S/. 71,700.00 (soles).

2. Costos de Implantar la Herramienta 5S

Los costos del desarrollo de las actividades descritas en el cronograma de la Implementación de la Herramienta 5S de la Gráfica 33, se muestran en la Tabla 48.

Tabla 48: Costos de Implementación de la Herramienta 5S

Cantidad	Materiales	Costo Unitario	Costo Total	
8	Utensilios de limpieza	S/ 300.00	S/ 2,400.00	
8	Accesorios de clasificación	S/ 500.00	S/ 4,000.00	
1	Sistemas de difusión	S/ 200.00	S/ 800.00	
Total de Materiales			S/ 7,200.00	
Cantidad	Mano de Obra	Costo Unitario	Periodo	Costo Total
1	Jefe de Administración	S/ 225.00	1 semana	S/ 225.00
1	Jefe de Producción	S/ 375.00	4 semanas	S/ 1,500.00
1	Jefe de Planta	S/ 300.00	7 semanas	S/ 2,100.00
8	Operarios	S/ 116.25	7 semanas	S/ 6,510.00
Total de Mano de Obra				S/ 10,335.00
Total de Implantación de Herramienta 5S			S/ 17,535.00	

Elaboración Propia

En la Tabla 48 se muestra al Jefe de Administración, Jefe de Producción, Jefe de Planta y los Operarios de las 8 áreas de producción (arandelas, soldadura, mezclado, vaciado, centrifugado, secado a vapor, resane), que ya pertenecen a la planilla de la Empresa, y los costos son las estimaciones según el periodo de participación en el proyecto. Todos estos conceptos de materiales y mano de obra ascienden a un monto total de S/. 17,535.00 (soles).

3. Costos de Implantar la Herramienta TPM

Los costos del desarrollo de las actividades descritas en el cronograma de la Implementación de la Herramienta TPM de la Gráfica 36, se muestra en la Tabla 49.

Tabla 49: Costos de Implementación de la Herramienta TPM

Cantidad	Materiales	Costo Unitario	Costo Total	
2	Utensilios de mantenimiento y limpieza	S/ 700.00	S/ 1,400.00	
2	Accesorios de clasificación	S/ 200.00	S/ 400.00	
1	Sistemas de difusión	S/ 200.00	S/ 400.00	
Total de Materiales			S/ 2,200.00	
Cantidad	Mano de Obra	Costo Unitario	Periodo	Costo Total
1	Jefe de Producción	S/ 375.00	7 semanas	S/ 2,625.00
1	Jefe de Planta	S/ 300.00	6 semanas	S/ 1,800.00
2	Operarios	S/ 116.25	6 semanas	S/ 1,395.00
2	Consultor Capacitador	S/ 1,200.00	3 días por 2 semanas	S/ 14,400.00
Total de Mano de Obra				S/ 20,220.00
Total de Implantación de Herramienta TPM			S/ 22,420.00	

Elaboración Propia

En la Tabla 49 se muestra al Jefe de Producción, Jefe de Planta y los Operarios de las 2 áreas de producción (mezclado y centrifugado), que ya pertenecen a la planilla de la Empresa, y los costos son las estimaciones según el periodo de participación en el proyecto. Adicionalmente, se encuentra el Consultor Capacitador que brindará las charlas sobre el uso adecuado de las máquinas y sus mantenimientos, y su pago se realiza en base a las horas de capacitación. Todos estos conceptos de materiales y mano de obra ascienden a un monto total de S/. 22,420.00 (soles).

4. Costos de Implantar la Herramienta Jidoka

Los costos del desarrollo de las actividades descritas en el cronograma de la Implementación de la Herramienta Jidoka de la Gráfica 38, se muestra en la Tabla 50.

Tabla 50: Costos de Implementación de la Herramienta Jidoka

Cantidad	Materiales	Costo Unitario	Costo Total	
3	Compra de equipos necesarios	S/ 5,000.00	S/ 15,000.00	
3	Accesorios de limpieza	S/ 200.00	S/ 600.00	
1	Sistemas de difusión	S/ 200.00	S/ 400.00	
	Total de Materiales	S/ 16,000.00		
Cantidad	Mano de Obra	Costo Unitario	Periodo	Costo Total
1	Jefe de Administración	S/ 225.00	3 semanas	S/ 675.00
1	Jefe de Producción	S/ 375.00	1 semana	S/ 375.00
1	Jefe de Planta	S/ 300.00	9 semanas	S/ 2,700.00
3	Operarios	S/ 116.25	3 semanas	S/ 1,046.25
3	Consultor Diseñador	S/ 1,200.00	1 día	S/ 3,600.00
	Total de Mano de Obra			S/ 8,396.25
Total de Implantación de Herramienta Jidoka		S/ 24,396.25		

Elaboración Propia

En la Tabla 50 se muestra al Jefe de Administración, Jefe de Producción, Jefe de Planta y los Operarios de las 3 áreas de producción (soldadura, vaciado y resane), que ya pertenecen a la planilla de la Empresa, y los costos son las estimaciones según el periodo de participación en el proyecto. Adicionalmente, se encuentra el Consultor Diseñador que brindará el servicio del diseño de los dispositivos requeridos, y su pago se realiza en base a la cantidad de dispositivos diseñados. Es importante mencionar que, por restricciones presupuestales de la Empresa, se estima un máximo de S/. 15,000 (soles) para la compra de los dispositivos. Todos estos conceptos de materiales y mano de obra ascienden a un monto total de S/. 24,396.25 (soles).

5. Costos de Totales de Implementación

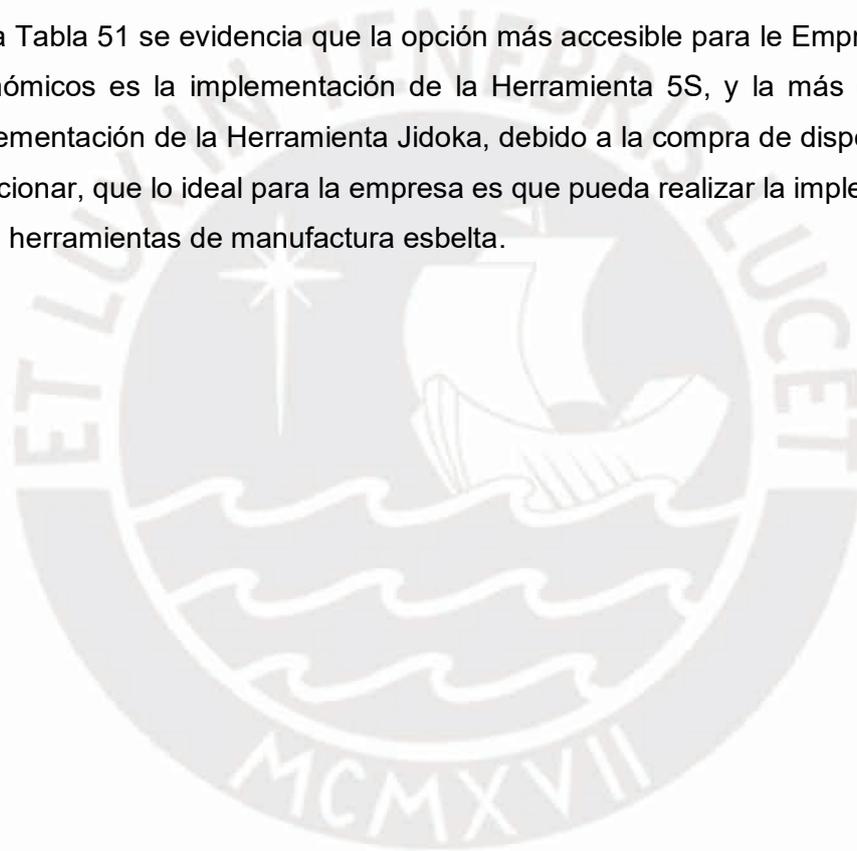
En esta sección, se muestran las opciones de implementación que puede tomar la Empresa (implementar una o las tres en conjunto).

**Tabla 51: Costos de las Opciones de Implementación de las Herramientas de
Manufactura Esbelta**

Opciones de Implementación	Costo Total
Implementación de la Herramienta 5S	S/. 89,235.00
Implementación de la Herramienta TPM	S/. 94,120.00
Implementación de la Herramienta Jidoka	S/. 96,096.25
Implementación de las 3 Herramientas de Manufactura Esbelta	S/ 136,051.25

Elaboración Propia

En la Tabla 51 se evidencia que la opción más accesible para le Empresa en temas económicos es la implementación de la Herramienta 5S, y la más costosa es la implementación de la Herramienta Jidoka, debido a la compra de dispositivos. Cabe mencionar, que lo ideal para la empresa es que pueda realizar la implementación de las 3 herramientas de manufactura esbelta.



5.2. Ganancias y Ahorros Esperados de la Implementación del Proyecto

Es importante precisar que la implementación de las herramientas de manufactura esbelta está enfocada en la eliminación o disminución de los desperdicios que, en este estudio de investigación, están relacionados en los materiales y manos de obra adicionales que se usan en la fabricación de los postes de concreto. Por ello, en esta sección se describirán los ahorros esperados que generan la implementación de las herramientas de manufactura esbelta propuestas, de manera individual y conjunta. Estos ahorros son las ganancias que tendrá la Empresa por hacer el proceso productivo más eficiente.

Para el cálculo de los ahorros esperados, se ha considerado la demanda anual del 2018 (como ejemplo), y las mejoras en los ratios de materiales y manos de obra adicionales generados por la problemática identificada en los desperdicios del proceso productivo (ver Tabla 44)

Tabla 52: Ingresos y Ahorros Esperados después de la Implementación de Herramientas de Manufactura Esbelta

	Actual	5S	TPM	Jidoka	3 Herramientas
Ingresos (2018)	S/. 3,685,330	S/. 3,563,180	S/. 3,579,452	S/. 3,565,651	S/. 3,426,195
Ahorros Esperados		S/. 122,150	S/. 105,878	S/. 119,678	S/. 259,135

Elaboración Propia

En la Tabla 52, se muestra que la Herramienta 5S genera (de manera individual) mayores ahorros en comparación de las otras herramientas de manufactura esbelta. Estos ahorros esperados permitirán realizar un flujo de caja y su posterior análisis de los indicadores económicos.

5.3. Flujo de Caja de la Implementación del Proyecto

En esta sección se realiza un flujo de caja de los próximos cinco años desde la implementación del proyecto.

Costos de Implementación del Proyecto y Mantenimiento de Mejoras

Los costos de implementación han sido desarrollados en la sección 5.1, y servirá para estimar los costos para la consecución de las mejoras implementadas en los próximos cinco años. Véase Tabla 53.

Tabla 53: Costos de las Opciones de la Implementación del Proyecto en los Próximos 5 años

Opciones de Implementación	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Implementación de la Herramienta 5S	S/. 89,235.00	S/. 16,600.00				
Implementación de la Herramienta TPM	S/. 94,120.00	S/. 13,400.00	S/. 17,000.00	S/. 17,000.00	S/. 17,000.00	S/. 17,000.00
Implementación de la Herramienta Jidoka	S/. 96,096.25	S/. 9,000.00				
Implementación de las 3 Herramientas Lean	S/ 136,051.25	S/ 28,200.00	S/ 31,800.00	S/ 31,800.00	S/ 31,800.00	S/ 31,800.00

Elaboración Propia

Es preciso mencionar que el año 0 es el 2018. Adicionalmente, los costos que se mantienen en los años siguientes son los referentes a capacitaciones en las herramientas de calidad y de manufactura esbelta al personal de la Empresa y materiales que se usan para limpieza y mantenimiento de las áreas de trabajo y maquinarias.

1. Ganancias de Implementación del Proyecto

Las ganancias debido a los ahorros generados por la implementación han sido desarrolladas en la sección 5.2., y servirá para estimar las ganancias de los próximos cinco años.

En este caso, primero se realizará una proyección de la demanda de los primeros cinco años, teniendo como datos desde el 2015 al 2018. Para la proyección se usará la siguiente ecuación lineal: $1199.4 * X + 7425$, donde $X = 1$ (cuando es 2015) y así sucesivamente.

Tabla 54: Demanda Proyectada para los Próximos 5 años

Años	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Demanda de Postes	8,945	9,453	10,806	12,492	13,423	14,622	15,821	17,021	18,220

Elaboración Propia

Como se puede apreciar en la Tabla 54, la demanda sigue aumentando debido a la pendiente positiva de la ecuación lineal que se usa para la proyección, esta ecuación lineal tiene un coeficiente de determinación de 0.9523 que demuestra un buen ajuste de la recta.

Con la demanda proyecta, el precio de venta actual (para ser competitivo en el mercado) y las ratios mejorados en el proceso productivo, se obtiene el ingreso generado en los próximos cinco años, mostrados en la Tabla 55 con las distintas opciones de implementación.

Tabla 55: Ingresos Projectados para los Próximos 5 años considerando las Opciones de Implementación de las Herramientas de Manufactura Esbelta

Años	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Situación Actual	S/. 3,685,330	S/. 3,959,841	S/. 4,313,683	S/. 4,667,524	S/. 5,021,365	S/. 5,375,206
Implementación de la Herramienta 5S	S/. 3,563,180	S/. 3,828,593	S/. 4,170,706	S/. 4,512,819	S/. 4,854,933	S/. 5,197,046
Implementación de la Herramienta TPM	S/. 3,579,452	S/. 3,846,077	S/. 4,189,752	S/. 4,533,428	S/. 4,877,104	S/. 5,220,779
Implementación de la Herramienta Jidoka	S/. 3,565,651	S/. 3,831,248	S/. 4,173,599	S/. 4,515,949	S/. 4,858,300	S/. 5,200,650
Implementación de las 3 Herramientas Lean	S/. 3,426,195	S/. 3,681,404	S/. 4,010,365	S/. 4,339,326	S/. 4,668,287	S/. 4,997,248

Elaboración Propia

Con la información de la Tabla 55 se puede calcular las ganancias debido a los ahorros que se obtienen al implementar las herramientas de manufactura esbelta de manera individual o en forma conjunta.

Tabla 56: Ganancias de las Opciones de la Implementación del Proyecto en los Próximos 5 años

Opciones de Implementación	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Implementación de la Herramienta 5S		S/. 131,248	S/. 142,976	S/. 154,704	S/. 166,432	S/. 178,160
Implementación de la Herramienta TPM		S/. 113,764	S/. 123,930	S/. 134,096	S/. 144,261	S/. 154,427
Implementación de la Herramienta Jidoka		S/. 128,593	S/. 140,084	S/. 151,575	S/. 163,065	S/. 174,556
Implementación de las 3 Herramientas Lean		S/. 278,437	S/. 303,317	S/. 328,198	S/. 353,078	S/. 377,958

Elaboración Propia

Es preciso mencionar que el año 0 es el 2018. Adicionalmente, las ganancias y ahorros se incrementan debido a que la demanda de la Empresa es creciente. Detallado en la Tabla 56

2. Flujo de Caja para cada Opción de Implementación

Como resumen, Tabla 57 se muestra los flujos de caja para cada opción analizada en el presente estudio, es decir, la implementación de las Herramientas de manufactura esbelta de forma individual y de forma conjunta.

Tabla 57: Flujo de Caja por cada Opción de Implementación de las Herramientas de Manufactura Esbelta

Opción de Implementación: 5S						
Año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Total de Ingresos		S/. 131,248.27	S/. 142,976.28	S/. 154,704.29	S/. 166,432.29	S/. 178,160.30
Total de Egresos	S/. 89,235.00	S/. 16,600.00				
Flujo Neto Económico	-S/. 89,235.00	S/. 114,648.27	S/. 126,376.28	S/. 138,104.29	S/. 149,832.29	S/. 161,560.30

Opción de Implementación: TPM						
Año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Total de Ingresos		S/. 113,764.35	S/. 123,930.04	S/. 134,095.73	S/. 144,261.42	S/. 154,427.11
Total de Egresos	S/. 94,120.00	S/. 13,400.00	S/. 17,000.00	S/. 17,000.00	S/. 17,000.00	S/. 17,000.00
Flujo Neto Económico	-S/. 94,120.00	S/. 100,364.35	S/. 106,930.04	S/. 117,095.73	S/. 127,261.42	S/. 137,427.11

Opción de Implementación: Jidoka						
Año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Total de Ingresos		S/. 128,593.07	S/. 140,083.82	S/. 151,574.56	S/. 163,065.31	S/. 174,556.05
Total de Egresos	S/. 96,096.25	S/. 9,000.00				
Flujo Neto Económico	-S/. 96,096.25	S/. 119,593.07	S/. 131,083.82	S/. 142,574.56	S/. 154,065.31	S/. 165,556.05

Opción de Implementación: 3 Herramientas						
Año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Total de Ingresos		S/. 278,436.87	S/. 303,317.27	S/. 328,197.67	S/. 353,078.07	S/. 377,958.48
Total de Egresos	S/. 136,051.25	S/. 28,200.00	S/. 31,800.00	S/. 31,800.00	S/. 31,800.00	S/. 31,800.00
Flujo Neto Económico	-S/. 136,051.25	S/. 250,236.87	S/. 271,517.27	S/. 296,397.67	S/. 321,278.07	S/. 346,158.48

Elaboración Propia

En la Tabla 56 también se evidencia que la opción ideal para la empresa es que pueda realizar la implementación de las 3 herramientas de manufactura esbelta.

5.4. Análisis de Indicadores Económicos del Proyecto

Para el análisis de los indicadores económicos del proyecto, se usan los flujos netos de la Tabla 57 como base y un costo de oportunidad de capital del 18% (dato de la Empresa).

Tabla 58: Indicadores Esperados por la Implementación de la Herramienta 5S

Año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
Total de Ingresos		S/. 131,248	S/. 142,976	S/. 154,704	S/. 166,432	S/. 178,160	
Total de Egresos	S/. 89,235	S/. 16,600					
Flujo Neto Económico	-S/. 89,235	S/. 114,648	S/. 126,376	S/. 138,104	S/. 149,832	S/. 161,560	
Costo de Oportunidad de Capital	18.00%						
VPN	-S/. 89,235	S/. 97,160	S/. 90,761	S/. 84,055	S/. 77,282	S/. 70,619	S/. 330,642
TIR	135%						
B/C	S/. -	S/. 111,227	S/. 102,683	S/. 94,158	S/. 85,844	S/. 77,876	S/. 471,788
	S/. 89,235	S/. 14,068	S/. 11,922	S/. 10,103	S/. 8,562	S/. 7,256	S/. 141,146
							3.34

Elaboración Propia

Con la información resultante de los análisis de indicadores, se concluye que la opción de implementar sólo la Herramienta 5S es viable económicamente para la Empresa, ya que se tiene un VPN positivo, un TIR mayor a 24.3% y un B/C mayor que 1, mostrados en la Tabla 58

Tabla 59: Indicadores Esperados por la Implementación de la Herramienta TPM

Año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Total de Ingresos		S/. 113,764	S/. 123,930	S/. 134,096	S/. 144,261	S/. 154,427
Total de Egresos	S/. 94,120	S/. 13,400	S/. 17,000	S/. 17,000	S/. 17,000	S/. 17,000
Flujo Neto Económico	-S/. 94,120	S/. 100,364	S/. 106,930	S/. 117,096	S/. 127,261	S/. 137,427

Costo de Oportunidad de Capital	18.00%
--	--------

VPN	-S/. 94,120	S/. 85,055	S/. 76,795	S/. 71,268	S/. 65,640	S/. 60,071	S/. 264,709
------------	-------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------

TIR	111%
------------	------

B/C	S/. -	S/. 96,410	S/. 89,005	S/. 81,615	S/. 74,408	S/. 67,502	S/. 408,940
	S/. 94,120	S/. 11,356	S/. 12,209	S/. 10,347	S/. 8,768	S/. 7,431	S/. 144,231
							2.84

Elaboración Propia

Con la información resultante de los análisis de indicadores, se concluye que la opción de implementar sólo la Herramienta TPM es viable económicamente para la Empresa, ya que se tiene un VPN positivo, un TIR mayor a 24.3% y un B/C mayor que 1, mostrados en la Tabla 59.

Tabla 60: Indicadores Esperados por la Implementación de la Herramienta Jidoka

Año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
Total de Ingresos		S/. 128,593	S/. 140,084	S/. 151,575	S/. 163,065	S/. 174,556	
Total de Egresos	S/. 96,096	S/. 9,000					
Flujo Neto Económico	-S/. 96,096	S/. 119,593	S/. 131,084	S/. 142,575	S/. 154,065	S/. 165,556	
Costo de Oportunidad de Capital	18.00%						
VPN	-S/. 96,096	S/. 101,350	S/. 94,142	S/. 86,775	S/. 79,465	S/. 72,366	S/. 338,003
TIR	131%						
B/C	S/. -	S/. 108,977	S/. 100,606	S/. 92,253	S/. 84,107	S/. 76,300	S/. 462,243
	S/. 96,096	S/. 7,627	S/. 6,464	S/. 5,478	S/. 4,642	S/. 3,934	S/. 124,241
							3.72

Elaboración Propia

Con la información resultante de los análisis de indicadores, se concluye que la opción de implementar sólo la Herramienta Jidoka es viable económicamente para la Empresa, ya que se tiene un VPN positivo, un TIR mayor a 24.3% y un B/C mayor que 1, mostrados en la Tabla 60.

Tabla 61: Indicadores Esperados por la Implementación de las 3 Herramientas

Año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Total de Ingresos (Ahorros de la implementación)		S/. 278,437	S/. 303,317	S/. 328,198	S/. 353,078	S/. 377,958
Total de Egresos (Mantener la implementación)	S/. 136,051	S/. 28,200	S/. 31,800	S/. 31,800	S/. 31,800	S/. 31,800
Flujo Neto Económico	-S/. 136,051	S/. 250,237	S/. 271,517	S/. 296,398	S/. 321,278	S/. 346,158

Costo de Oportunidad de Capital	18.00%
--	--------

VPN	-S/. 136,051	S/. 212,065	S/. 194,999	S/. 180,397	S/. 165,712	S/. 151,309	S/. 768,431
------------	--------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

TIR	191%
------------	------

B/C	S/. -	S/. 235,963	S/. 217,838	S/. 199,751	S/. 182,114	S/. 165,209	S/. 1,000,875
	S/. 136,051	S/. 23,898	S/. 22,838	S/. 19,354	S/. 16,402	S/. 13,900	S/. 232,444
							4.31

Elaboración Propia

Con la información resultante de los análisis de indicadores, se concluye que la opción de implementar las tres herramientas de manufactura esbelta propuestas (5S, TPM y Jidoka) es viable económicamente para la Empresa, ya que se tiene un VPN positivo, un TIR mayor a 18% y un B/C mayor que 1, mostrados en la Tabla 61. Es importante mencionar que esta opción, es la que presenta los valores más altos de los indicadores, por ello, se recomienda a la Empresa que opte por la opción de implementar las tres herramientas de manufactura esbelta.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación, referida al análisis y la propuesta de mejoras al proceso productivo de fabricación de postes de concreto armado, usando las herramientas de manufactura esbelta identificadas como idóneas para reducir los desperdicios del proceso productivo.

6.1. Conclusiones

Las principales conclusiones que se obtienen de la presente investigación son:

- Con el presente estudio se ha comprobado que las herramientas de manufactura esbelta desarrolladas en el marco conceptual (VSM, 5S, TPM, Jidoka), permiten reducir los desperdicios (problemática) de las distintas áreas identificadas en la Empresa, y contribuyen con la introducción del pensamiento de mejora continua dentro de todo el personal.
- La situación actual de la Empresa es positiva ya que la demanda e ingresos son crecientes a través de los últimos años, sin embargo, las ineficiencias del proceso productivo (desperdicios) han hecho incrementar aún más los sobrecostos de producción. Estas ineficiencias actualmente se pueden visualizar en la mano de obra (23.5%) y materiales (16.2%) adicionales que se requieren para la producción de un poste, véase Tabla 36.
- El análisis de la situación actual de los indicadores de producción definidos en este trabajo de investigación, marcan una línea base de la Empresa (eficiencia: 89.16% y efectividad 87.38%), que permitirá evaluar posteriormente los resultados de las implementaciones de las herramientas manufactura esbelta, véase Tabla 38.
- La herramienta VSM es utilizada para diagramar el flujo de valor actual que permite reconocer los cuellos de botella (área de centrifugado) e identificar las áreas críticas con respecto a la problemática identificada, que contempla: productos defectuosos y reprocesos, esperas en el proceso productivo, y movimientos innecesarios en los puestos de trabajo.
- Como resultado del análisis de la situación actual de la Empresa, se realiza una propuesta de mejora que contempla la implementación de algunas herramientas

de manufactura esbelta identificadas como idóneas para mejorar la línea base de los indicadores del proceso productivo. Dichas herramientas son: 5S, TPM y Jidoka, véase Tabla 39.

- La propuesta de mejora descrita en la presente investigación contempla un proyecto genérico de actividades que deben ser realizadas cuando se decida implementar las herramientas de manufactura esbelta seleccionadas. Es importante el conformar (contratar) el Equipo de Mejora que realizará las implementaciones en los 9 meses del proyecto, según el perfil adecuado.
- La propuesta de implementación de las herramientas 5S, TPM y Jidoka, tiene como beneficio el mantener las áreas de trabajo de forma ordenada y limpia, establecer un plan de mantenimiento preventivo de las maquinarias, diseñar e implementar dispositivos que permitan realizar las operaciones de manera automatizada y sin errores, así como desarrollar y difundir los procedimientos estandarizados para garantizar la calidad de los postes.
- Los resultados que se esperan tener con la implementación de las 3 herramientas de manufactura esbelta son: una reducción en la mano de obra adicional (9.5%) y en el material adicional (9.9%) requeridos para las operaciones, véase Tabla 44. Asimismo, los indicadores de producción aumentan con respecto a la línea base (eficiencia 95.90% y efectividad: 93.99%), véase y Tabla 46.
- Por otro lado, se ha realizado una estimación de los resultados esperados de forma individual, ya que la Empresa puede decidir no realizar la ejecución de las 3 herramientas de manufactura esbelta, debido decisiones de la Gerencia General que principalmente puede radicar en un tema de costos.
- Los resultados que se esperan tener con la implementación individual de la herramienta 5S, se muestran en la Tabla 46 (eficiencia: 92.21% y efectividad: 90.37%).
- Los resultados que se esperan tener con la implementación individual de la herramienta TPM, se muestran en la Tabla 46 (eficiencia:91.79% y efectividad: 89.96%).
- Los resultados que se esperan tener con la implementación individual de la herramienta Jidoka, se muestran en la Tabla 46 (eficiencia: 92.15% y efectividad: 90.31%).
- De lo mencionado anteriormente, se puede afirmar que los resultados de eficiencia y efectividad se optimizan si la Empresa decide realizar la implementación de las 3 herramientas de manufactura esbelta.

- La evaluación económica de la implementación de las herramientas de manufactura esbelta se realiza de forma individual (aplicando sólo una herramienta) y de forma global (aplicando las 3 herramientas).
- Los resultados de los indicadores económicos son favorables en todas las opciones que puede optar la Empresa, sin embargo, el ideal es implementar las 3 herramientas de manufactura esbelta que tiene los mejores valores de VPN (768,431), TIR (191%) y B/C (4.31), véase Tabla 61.
- Finalmente, se puede concluir que la implementación de las herramientas es viable y factible para la Empresa, con mejores resultados cuando se implementa las 3 herramientas de manufactura esbelta. Esta afirmación se basa teniendo en consideración los indicadores de productividad y económicos.



6.2. Recomendaciones

Las principales recomendaciones que se pueden hacer a la presente investigación son:

- Los resultados de la situación actual de la Empresa deben ser actualizados cuando la Gerencia General decida implementar la filosofía de manufactura esbelta. Es importante que la Gerencia General y las jefaturas se comprometan con la implementación de las herramientas de manufactura esbelta.
- El Equipo de Mejora debe mantenerse a lo largo del tiempo, con la finalidad de mejorar el proceso productivo de manera frecuente mediante el análisis de nuevas brechas que puedan ser cubiertas por alguna herramienta de manufactura esbelta que no se haya descrito en la presente investigación.
- Durante la implementación de las herramientas de manufactura esbelta, el Equipo de Mejora debe evaluar si amerita algún cambio en la ejecución del proyecto: alcance, tiempo, costos.
- Las capacitaciones al personal referentes al desarrollo de las actividades de forma correcta deben ser frecuentes (semanales o diarias). Adicionalmente, se debe mantener la cultura de capacitación a lo largo del tiempo con el fin de concientizar a los trabajadores sobre la filosofía de mejora continua. Estas capacitaciones pueden ser realizados por un consultor externo o un trabajador especializado en el tema.
- La realización de una prueba piloto antes de la implementación. Para la prueba piloto se debe trabajar con un área reducida y delimitada que sea posteriormente usada como ejemplo para el resto de las áreas. Es importante reconocer los beneficios a menor escala que brinda la herramienta usada. Dichos beneficios deben ser informados a las distintas áreas con el fin de incentivarlas en su implementación a gran escala.
- La implementación de una política de reconocimiento por parte de la Empresa a los trabajadores, con la finalidad de que cumplan con sus metas de producción y fomente la filosofía de mejora continua. Esto contribuirá con la promoción y el incentivo a los trabajadores en seguir aportando valor agregado a la Empresa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, H. C. (2015). Una visión humanizada y eficiente en el ciclo de la automatización automotriz basada en la metodología Jidoka. *Lean Manufacturing*. Costa Rica.
- Baluis Flores, C. A. (2013). Optimización de Procesos en la Fabricación de Termas Eléctricas utilizando Herramientas de Lean Manufacturing. (*Tesis de pregrado*). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima - Perú.
- Bass, J. M. (2016). Improving writing processes using lean and Kanban. *Learned Publishing*.
- Benites Aliaga, V. S. (2017). Analisis y propuesta de mejora de procesos para una empresa metalmeccanica de sistemas de izaje para centros mineros. (*Tesis de pregrado*). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima - Perú.
- Bonilla, E., Díaz, B., Kleeberg, F., & Noriega, M. T. (2010). *Mejora continua de los procesos. Herramientas y Técnicas*. Lima: Universidad de Lima. Fondo Editorial.
- Borris, S. (2005). *Total Productive Maintenance*. Ohio: McGraw-Hill Professional.
- Cobeñas, A. H. (2018). Implementación de Herramientas Lean para Mejorar la Gestión de Inventarios de Existencias de una Empresa Minera. (*Tesis de Maestría*). Universidad Ricardo Palma, Lima.
- De la Fuente, D., & Fernández, I. (2005). *Distribución en Planta*. Oviedo - España: Ediciones de la Universidad Oviedo.
- Delisle, D. R. (2014). Everything is 5S: A simple yet powerful lean improvement approach applied in a preadmission testing center. *Quality Management Journal*, 10-22. Fonte: Quality Management Journal.
- Evans, J., & Lindsay, W. (2008). *Administración y Control de la Calidad*. México: Cengage Learning.
- Galloway, D. (1994). *Mejora Continua de Procesos*. Barcelona: Gestion 2000.
- González, D., & Encarnación, R. (2018). Diseño de células de manufactura en un contexto lean en un área de conversión de producto lácteo: estudio de caso. *The Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions*, 1- 10.
- González, F. (2007). Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) Principales Herramientas. *Revista Panoramica Administrativo*, 85-112.
- Gutierrez, H., & De la Vara, R. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. México: Interamericana Editores SA.
- Hernández, J., & Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Fundacion EOL.
- Hualla, R. N., & Cárdenas, C. (2017). Mejora de procesos en las áreas de mezclado y molienda de una empresa manufactura de tubosistemas PVC y PEAD aplicando herramientas de calidad y lean manufacturing. (*Tesis de pregrado*). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima - Perú.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2019). *Acceso a Servicios Básicos en el Perú 2013- 2018*. LIMA.

- Lu-Chang-Say, J., Lu-Chang-Say, E., Zuloaga, L., & Zarate, B. (2018). *ADN de Filosofía Lean y TOC para Desarrollar, Innovar y Mejorar Procesos*. Lima - Perú.
- Muther, R. (1997). *Distribución de Planta*. España: Hispano Europea.
- Nakajima, S. (1991). *Introducción al TPM: Mantenimiento Productivo Total*. Madrid: Tecnología de Gerencias y Producción.
- Palomino Espinoza, M. A. (2012). Aplicación de Herramientas de Lean Manufacturing en las Líneas de Envasado de una Planta Envasadora de Lubricantes". (*Tesis de pregrado*). Universidad Católica del Perú, Lima - Perú.
- Pardo, J. M. (2012). *Configuración y usos de un mapa de procesos*. España: Aenor.
- Quezada, C., & Salamea, G. (2016). *El Jidoka y Kanban dentro de las Pymes*. Ecuador.
- Rajadell, M., & García, J. L. (2010). *Lean manufacturing: la evidencia de una necesidad*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Rey Sacristán, F. (2003). *Mantenimiento total de la producción (TPM)*. España: Fundación Confemetal.
- Rother, M., & Shook, J. (1998). *Learning to see. Value stream mapping to add*. Massachusetts: Lean Enterprise Institute.
- Sandivar Anaya, R. A. (2016). Propuesta de mejora del proceso de una línea de producción de parabrisas para autos usando Herramientas de Manufactura Esbelta. (*Tesis de pregrado*). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima - Perú.
- Shingo, S. (1993). *El sistema de producción de Toyota : desde el punto de vista de la Ingeniería*. Madrid: Tecnología de Gerencia y Producción.
- Susuki, T. (1995). *TPM en industrias en proceso*. Madrid: TGP Hoshin.
- Vásquez, J., Rojas, J. E., & Cáceres, A. (2018). Mejora de los Indicadores de productividad en una empresa textil mediante la sinergia de herramientas de Lean Manufacturing y el enfoque Sociotécnico. *The Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions*, 1- 10.
- Villaseñor, A. (2007). *Manual Lean Manufacturing: Guía Básica*. Mexico: Limusa.
- Winston, W. L. (2005). *Investigación de Operaciones, Aplicaciones y Algoritmos*. México: Thomson.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2005). Lean Consumption. *Harvard Business Review*.
- Zúñiga, D. C., Flores, L. A., & Rojas, J. E. (2019). Mejora de los Procesos de Producción en una Empresa Fabricadora de Electrodomésticos de Línea Blanca Mediante la Metodología Lean Six Sigma. *The Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions*, 1-10.