

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DE PROCESOS EN UNA
EMPRESA DE VENTA DE MÁQUINAS Y EQUIPOS DE
TRATAMIENTO DE AGUA Y FABRICACIÓN DE PRODUCTOS
QUÍMICOS DE LIMPIEZA INDUSTRIAL Y DEL HOGAR
APLICANDO HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero industrial

AUTOR:

Jhonny Anderson Rivera Pavis

ASESOR:

José Alan Rau Álvarez

Lima, marzo, 2023

Declaración jurada de autenticidad

Yo, JOSÉ ALAN, RAU ALVAREZ, docente de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis/el trabajo de investigación titulado: ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DE PROCESOS EN UNA EMPRESA DE VENTA DE MÁQUINAS Y EQUIPOS DE TRATAMIENTO DE AGUA Y FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS DE LIMPIEZA INDUSTRIAL Y DEL HOGAR APLICANDO HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING, del autor JHONNY ANDERSON RIVERA POVIS.

.....

.....dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 20%. Asílo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 29/03/2023.
- He revisado con detalle dicho reporte y confirmo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio alguno.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha:

LIMA, SAN MIGUEL 29.03.2023.....

Apellidos y nombres del asesor: RAU ALVAREZ, JOSÉ ALAN	
DNI: 07602255	Firma: 
ORCID: 0000-0003-0928-3994	

RESUMEN

El presente trabajo tiene como propósito mejorar la efectividad de una empresa que posee dos sectores, una de elaboración de productos de limpieza y otra en la distribución de plantas de tratamiento de agua, aplicando herramientas de *Lean Manufacturing*.

El primer capítulo describe los principales conceptos de la filosofía *Lean*, además de las principales herramientas que posee (5'S, *Kanban*, SMED, VSM, TPM, *Poka Yoke* entre otros) de esa manera ayuda a comprender más sobre dicho movimiento y el porqué de la aplicación a los diversos problemas de la empresa.

El segundo capítulo muestra la situación actual de la empresa. En primera instancia, describe la empresa y presenta la estructura organizacional además de los principales productos y clientes que posee. Luego describe los procesos de los principales productos del sector de limpieza y de saneamiento de agua.

El tercer capítulo se analiza la situación actual descrita en el capítulo anterior. Primero, se elige el área con mayores problemas y luego la familia de productos que mayor demanda posee. A continuación, se presenta el VSM actual de una familia de producto de limpieza y otro del sector saneamiento de agua. Después se enfoca en las principales *mudas* de la empresa y se realiza matriz de enfrentamiento y diagrama de *Ishikawa* para conocer la causa raíz. Finalmente, se identifica las posibles herramientas a aplicar en el VSM futuro de cada sector y se prioriza las que se va a implementar.

El cuarto capítulo describe la forma en que se van a aplicar las herramientas de *Lean Manufacturing*. Empieza con las 5'S, en el cual se detalla los pasos a seguir en cada S y luego los beneficios esperados al implantarlo. Luego se implementa el SMED (*Single Minute Exchange of Die*) que se prioriza las actividades internas y externas en una preparación para la actividad principal y finalmente se aplica el *Kanban* el cual se desarrolla de forma distinta para cada sector lo cual mejora el flujo de los procesos de cada uno. La implantación de tales herramientas mejora la OEE de la empresa (*Overall Equipment Effectiveness*) de 67.68% a 85.73% lo que genera mayor disponibilidad, mejor calidad y ser más eficiente en el proceso productivo.

El quinto capítulo muestra la evaluación económica de las mejoras y se verifica su viabilidad por medio de los gastos que genera y los ahorros que produce por su implementación. Se obtiene en total un ahorro anual de S/. 10451.72 y al elaborar un flujo de caja con un horizonte de 5 años se obtiene un VPN de S/. 6,639.24 y una TIR DE 55% lo cual es mayor al costo de oportunidad de capital que la empresa pueda poseer actualmente.

ÍNDICE

INDICE DE TABLAS	ii
INDICE DE FIGURAS	iii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO.....	2
1.1. <i>Lean Manufacturing</i>	2
1.2. Principios de <i>Lean Manufacturing</i>	2
a) Precisar el valor	2
b) Determinar las actividades de valor.....	2
c) Hacer que fluya la cadena de valor.....	2
d) Estrategia de tirón	3
e) Llegar a la Perfección	3
1.3. <i>Muda</i>	3
a) Sobreproducción	3
b) Tiempo de espera	4
c) Transporte y movimientos innecesarios	5
d) Sobreproceso.....	6
e) Exceso de inventario.....	6
f) Defectos	7
1.4. Herramientas del <i>Lean Manufacturing</i>	8
1.4.1. <i>Value Stream Mapping</i> (VSM).....	9
1.4.2. 5S	11
1.4.3. <i>Heijunka</i>	15
1.4.4. <i>Kanban</i>	16
1.4.5. SMED (<i>Single Minute Exchange of Die</i>).....	18
1.4.6. TPM (Mantenimiento Productivo total)	20
1.4.7. <i>Jidoka</i>	21
1.4.8. <i>Poka Yoke</i>	23
CAPÍTULO 2: LA EMPRESA DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE LIMPIEZA Y TRATAMIENTO DE AGUA	24
2.1. Descripción de la empresa	24
2.1.1. Visión.....	24
2.1.2. Misión	24
2.1.3. Organización de la empresa	24
2.2. Cartera de productos.....	25
2.3. Clientes	30
2.4. Descripción general del proceso productivo	30
2.4.1. Procesos productivos	30
CAPITULO 3: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO ACTUAL.....	34
3.1. Elección del área de producción.....	35
3.2. Selección de una familia de productos	36
3.3. Desarrollo del <i>VSM</i> actual.....	38
3.4. Identificación de desperdicios que se observan en el <i>VSM</i> actual.....	42

3.5. Identificación de métricas de <i>Lean</i>	55
3.6. Desarrollo de VSM futuro.....	57
3.7. Priorización de herramientas de <i>Lean Manufacturing</i>	60
CAPÍTULO 4: PROPUESTAS DE MEJORA	61
4.1. Implementación de las 5 S's	61
4.1.1. Primera S: Clasificación	64
4.1.2. Segunda S: Orden	66
4.1.3. Tercera S: Limpieza	69
4.1.4. Cuarta S: Estandarización	72
4.1.5. Quinta S: Disciplina	74
4.1.6. Beneficios esperados de la aplicación de las 5S's	74
4.2. Implementación de SMED	74
4.3. Implementación de <i>KANBAN</i>	79
4.4. Medición de indicadores luego de la implantación de las herramientas de <i>Lean Manufacturing</i>	87
CAPÍTULO 5: EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROPUESTAS.....	90
5.1. Evaluación Técnica de los impactos del rediseño.....	90
5.2. Evaluación del impacto económico.....	91
5.3. Costo del personal.....	92
5.4. Gastos de implementación.....	92
5.5. Ahorro generado por la implementación.....	92
5.5.1. Ahorro generado por la implementación de las 5S's	94
5.5.2. Ahorro generado por la implementación del SMED	95
5.5.3. Ahorro generado por la implementación del <i>Kanban</i>	96
5.5.4. Resumen de impacto.....	97
5.5.5. Flujo de caja de proyecto.....	97
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	99
6.1. Conclusiones.....	99
6.2. Recomendaciones	100
Bibliografía	102

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Opiniones de importancia de áreas de la empresa</i>	35
Tabla 2. <i>Valoración de las familias de productos de limpieza</i>	37
Tabla 3. <i>Ventas mensuales de cada familia de producto</i>	38
Tabla 4. <i>Desperdicios de familia de limpieza</i>	45
Tabla 5. <i>Desperdicios de la familia de saneamiento</i>	46
Tabla 6. <i>Causas posibles de los problemas en la familia de limpieza</i>	46
Tabla 7. <i>Criterios para el análisis</i>	47
Tabla 8. <i>Matriz de enfrentamiento para la familia de limpieza</i>	47
Tabla 9. <i>Causas escogidas para la problemática en la familia de limpieza</i>	48
Tabla 10. <i>Causas respecto a los problemas dentro de la familia de saneamiento</i>	48
Tabla 11. <i>Matriz de enfrentamiento para la familia de saneamiento</i>	49
Tabla 12. <i>Causas elegidas para la problemática de la familia de saneamiento</i>	49
Tabla 13. <i>Causas raíz de los problemas de estudio</i>	54
Tabla 14. <i>Cálculo de MTBF</i>	55
Tabla 15. <i>Cálculo del MTTR</i>	56
Tabla 16. <i>Resumen de los datos necesarios para el cálculo del OEE</i>	56
Tabla 17. <i>Resultado de los indicadores para el cálculo del OEE</i>	57
Tabla 18. <i>Principales métricas para el análisis de las familias de productos</i>	57
Tabla 19. <i>Relación de los problemas con las herramientas Lean Manufacturing</i>	60
Tabla 20. <i>Registro de Tarjetas rojas colocadas</i>	65
Tabla 21. <i>Destino Final de las tarjetas rojas</i>	66
Tabla 22. <i>Resumen de tarjetas rojas</i>	66
Tabla 23. <i>Matriz de tiempo de cambio de formato-Mezcladora</i>	75
Tabla 24. <i>Actividades Exteriorizadas- Mezcladora</i>	76
Tabla 25. <i>Escenario 2 Cambio de formato-Mezcladora</i>	77
Tabla 26. <i>Diagrama de actividades-Antes de aplicar el SMED</i>	78
Tabla 27. <i>Diagrama de actividades Conjuntas-Después de aplicar el SMED</i>	79
Tabla 28. <i>Clasificación ABC de los productos de limpieza</i>	82
Tabla 29. <i>Número de Kanban</i>	83
Tabla 30. <i>Tiempo actual de subproceso de expedición de almacén</i>	84
Tabla 31. <i>Tiempo actual de subproceso de habilitado</i>	84
Tabla 32. <i>Leyenda del Kanban</i>	85
Tabla 33. <i>Información de la tarjeta de transporte</i>	86
Tabla 34. <i>Reducción de tiempos de actividades luego de la implantación de las herramientas Lean</i>	87
Tabla 35. <i>MTBF luego de la implantación de las 5S's</i>	88
Tabla 36. <i>MTTR (min) después de la aplicación de las 5S's</i>	88
Tabla 37. <i>Resultado de las mejoras luego de la implementación</i>	88
Tabla 38. <i>Indicadores para el cálculo del OEE</i>	89
Tabla 39. <i>Aumento porcentual de la productividad</i>	90
Tabla 40. <i>Aumento del área de trabajo</i>	90
Tabla 41. <i>Mejora de la calidad en los productos</i>	91
Tabla 42. <i>Costo H-H de los operarios</i>	92
Tabla 43. <i>Costo H-H del personal administrativo</i>	92
Tabla 44. <i>Costo de implementación de 5S's</i>	93
Tabla 45. <i>Costo de implementación del SMED</i>	94
Tabla 46. <i>Costo de implementación de KANBAN</i>	94
Tabla 47. <i>Ahorro generado por la disminución del tiempo de búsqueda de herramientas</i>	95
Tabla 48. <i>Ahorro generado por la reducción de productos defectuosos</i>	95
Tabla 49. <i>Ahorro de reducción de tiempo de paradas</i>	96
Tabla 50. <i>Ahorro generado por el SMED</i>	96
Tabla 51. <i>Ahorro de implementación Kanban en la familia de productos de limpieza</i>	97
Tabla 52. <i>Ahorro de implementación Kanban en la familia de equipos de saneamiento</i>	97
Tabla 53. <i>Retorno de inversión de la implementación de las herramientas</i>	97
Tabla 54. <i>Flujo de caja del proyecto</i>	98

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Casa de Lean Manufacturing.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 2. Conjunto de símbolos del VSM.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 3. VSM actual de una familia de retenedores en una empresa fabricante de cojinetes.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 4. Ejemplo de tarjeta Kanban.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 5. Esquema del sistema Kanban.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 6. Esquema de los componentes del OEE.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 7. Organigrama de la empresa.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 8. Champú cosmético.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 9. Champú antipulgas.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 10. Limpia Alfombra.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 11. Desinfectante de pino.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 12. Abrillantador de Llanta.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 13. Shampoo Super Car.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 14. Silicona Emulsionada.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 15. DOP de la producción de productos de limpieza.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 16. Diagrama de Flujo de la venta de una planta de tratamiento de agua de mesa.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 17. Costo estimado mensual de cada área.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 18. Ventas de cada familia de productos durante Enero- Abril.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 19. Value Stream Mapping de la familia de productos para limpieza en establecimientos.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 20. Value Stream Mapping de la construcción de la planta de tratamiento de agua.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 21. Diagrama Causa Efecto de Método de preparación de trabajo.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 22. Diagrama Causa Efecto de Método del desorden en la distribución de trabajo.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 23. Diagrama Causa Efecto de Estabilización de PT.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 24. Diagrama Causa Efecto de Gran Cantidad de equipos de saneamiento.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 25. Diagrama Causa Efecto de Preparación del armazón de la ósmosis.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 26. Diagrama Causa Efecto de Transporte de asistentes técnicos especializados.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 27. VSM futuro de la familia de productos de limpieza para establecimiento.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 28. VSM futuro de la familia de saneamiento.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 29. Organigrama de promoción de 5S's del sector de productos de limpieza.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 30. Organigrama de promoción de 5S's del sector de saneamiento.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 31. Situación actual del área de trabajo.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 32. Nuevo orden del área de trabajo.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 33. Tarjeta roja y verde para el registro de anomalías.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 34. FS y LDA de la mezcladora.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 35. Propuesta de tarjeta Kanban.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 36. Pizarra Kanban.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 37. Kanban de transporte.....</i>	<i>87</i>

INTRODUCCIÓN

El sector manufacturero no primario ha aumentado su producción en los últimos meses debido a la expansión del mercado de bienes de consumo. Gracias a ello, las nuevas necesidades de los clientes son satisfechas por empresas que elaboran productos con ciertos estándares de calidad, así como entregas rápidas y sin retraso. Igualmente, el sector de agua y saneamiento se ha ido incrementando en las distintas ciudades del país, lo cual incrementa la competencia para empresas de tratamiento de agua.

En este sentido, las empresas de manufactura de productos de limpieza al igual que las empresas de venta de equipos de tratamiento de agua necesitan desarrollar nuevas aplicaciones para competir con empresas que lideran el mercado. Para ello, se adopta las herramientas de *lean manufacturing*, el cual ayuda a reducir los costos mediante la reducción de desperdicios, elaborar productos de la más alta calidad y cantidades requeridas.

En el primer capítulo se dará a conocer la base teórica de *lean manufacturing* y las herramientas que se van a aplicar a la empresa. Adicionalmente, se presentará un análisis detallado del sector de la empresa.

En el segundo capítulo se desarrolla la descripción de la empresa a analizar, se presentará la misión y visión de la empresa y el flujo actual de los principales productos de la empresa.

En el tercer capítulo se identifican las actividades que no dan valor agregado. Se realizará estudio de tiempos, seguimiento y diagnóstico de los procesos del flujo de la empresa.

En el cuarto capítulo se dará las propuestas de mejora ante los problemas mencionados en el punto anterior. Las propuestas aplicarán las herramientas mencionadas en el Marco Teórico.

En el quinto capítulo se realizará la evaluación económica de cada propuesta de mejora mediante el análisis de los resultados de VAN y TIR que señalará la viabilidad del proyecto en mención.

Por último, en el capítulo 6 se desarrolla las conclusiones y recomendaciones del objeto de estudio.

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

En este capítulo se desarrolla los conceptos relevantes a la filosofía Lean, los principios de la metodología, los tipos de desperdicios y las herramientas que se aplicarán para la mejora de los procesos de la empresa.

1.1. *Lean Manufacturing*

Lean es una palabra inglesa que traducida quiere decir “sin grasa, escaso, esbelto” pero relacionado a un sistema productivo se traduce como “ágil y flexible”, es decir, capaz de adaptarse a las necesidades del cliente. Un sistema *Lean* trata de eliminar los desperdicios y las actividades o los procesos que no agreguen valor y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar. (Rajadell y Sánchez, 2010)

Lean Manufacturing es un conjunto de herramientas desarrolladas por la Compañía Toyota para el mejoramiento continuo de los procesos de cualquier empresa industrial con la eliminación de desperdicios, mejora en la calidad, reduciendo el tiempo y costo de producción. (González 2007)

1.2. Principios de *Lean Manufacturing*

A continuación, se desarrollará los cinco principios básicos de esta filosofía según Womack y James (2005).

a) Precisar el valor

Este principio explica la importancia que posee el cliente para la definición del valor en el producto. Esto es muy necesario para conocer los procesos adecuados dentro de la transformación que pueda satisfacer las necesidades del consumidor. De esta manera este bien o servicio tenga un precio con la calidad deseada y el tiempo deseado por el destinatario final.

b) Determinar las actividades de valor

Posterior a la definición del valor se procede a reconocer las actividades que añaden valor a la transformación del producto, estas que son percibidas por el cliente. Este flujo de valor elimina las actividades improductivas y las incidentales que no ayudan en la optimización del proceso ni en la satisfacción del consumidor.

c) Hacer que fluya la cadena de valor

Este principio consiste en redefinir la operatividad de los procesos con las actividades elegidas en el principio anterior. Esto generaría un flujo continuo de las actividades elegidas, lo cual conduciría las necesidades de los clientes en cada actividad, desde el ingreso de la materia prima e insumos hasta la salida del producto terminado.

d) Estrategia de tirón

Esta estrategia implica la atracción del cliente al producto. Esto elimina el pensamiento tradicional *push*, el cual la empresa produce y trata de empujar sus productos hacia el mercado; sin embargo, esta no es la forma más óptima. Por ello, las empresas emplean el método de tirón para llevar a cabo la producción mediante las necesidades del cliente a una cantidad deseada y un tiempo determinado.

e) Llegar a la Perfección

La perfección consiste en la mejora continua de los procesos en el que se aplica los cuatro principios ya mencionados como un círculo virtuoso. Cada vez que se aplica un principio con mayor detalle se encuentra una muda y esto implica mejorar el proceso lo que ocurre de manera sucesiva. El mercado es muy cambiante y dinámico por ello las empresas deben estar alerta ante los constantes cambios de necesidades de los clientes y aplicar la tecnología que avanza de manera exponencial ya que esto ayuda a que fluya los procesos de modo más óptimo.

1.3. Muda

Muda es todo aquello que se considera despilfarro debido a que no agrega valor al producto. Éste puede ser la cantidad no mínima que se posee de equipos, materia prima, insumos, tiempos de ciclo de montaje y ejecución y los mismos trabajadores que provienen de manera primordial de agregar valor al bien o servicio final. A continuación, se presenta los tipos de desperdicio que existe de acuerdo según Rajadell y Sánchez (2010).

a) Sobreproducción

Es el padre de todos los desperdicios y consiste en el exceso de cantidad necesaria de fabricación de producto, o por invertir o diseñar máquinas con mayor capacidad requerida. Esto provoca exceso de utilización de materia prima e insumos, mayores transportes de lo necesario y aumento de *stock* en los almacenes.

Características

- Exceso de *stock*.
- Exceso de capacidad de máquinas.
- Circulación no balanceada de producción.
- Mayor exigencia para aumentar la utilización de la producción.
- No se resuelve inconvenientes de la calidad del producto.
- Tamaño grande de lotes de producción.

- Abundante material obsoleto.
- Falta de espacio de almacén.

Algunas causas posibles

- Procesos incapaces.
- Escasez de procesos automatizados.
- Tiempo de *set up* muy largos.
- Desconfianza de los procesos.
- Producción en base a las proyecciones.
- Falta de comunicación entre áreas de la planta.

Propuestas de mejora

- Flujo pieza a pieza.
- Aplicación del sistema *Pull (kanban)*.
- Implementación del SMED.
- Disminución del horario de trabajo (turnos).
- Aplicación del *Heijunka*.
- Revolución del concepto del inventario.
- Implantar un programa de estandarización de las operaciones.

b) Tiempo de espera

Este desperdicio es el tiempo perdido por la intermitencia entre los procesos causando ineficiencia en la producción. Esto provoca un flujo desbalanceado de trabajo en cada operación, lo cual aumenta los costos y posibilita el aumento de tiempos ociosos para los operarios. En consecuencia, ocasiona insatisfacción del cliente por la entrega a destiempo.

Características

- El operario espera que la máquina acabe.
- La máquina espera que el operario culmine el anterior orden.
- Abundantes colas en la mayoría de las operaciones.
- Aparición de paradas no planeadas.
- Existencia de reprocesos.

Algunas causas posibles

- Procedimiento de trabajo no duradero.

- Distribución de planta ineficiente.
- Desequilibrios de capacidad.
- Gran tamaño de lote de fabricación.
- Mala comunicación entre las operaciones del proceso.
- *Set ups* complejos.
- Falta de maquinaria apropiada.
- Pocos operarios que laboran en más de un puesto de trabajo.
- Retraso de proceso.

Propuestas de mejora

- Línea de producción balanceada.
- Aplicación de las celdas de manufactura.
- Implementación del *Poka-yoke*.
- Aplicación de *Jidoka*.
- Uso del SMED.
- Evaluar el sistema de entrega de proveedores.

c) Transporte y movimientos innecesarios

El transporte es una actividad que no agrega valor y esto se produce por una mala distribución de planta. Se debe optimizar los desplazamientos y las líneas de producción deben estar lo más cerca posible para mejorar la fluidez de la producción.

Características

- Los contenedores son difíciles de manipular.
- Movimientos innecesarios y abundante manipulación de materiales.
- Transporte de carretillas vacías dentro de la planta.

Algunas causas posibles

- Distribución de planta ineficiente.
- Gran tamaño de lote de fabricación.
- Falta de estandarización de los programas.
- *Set ups* largos.
- Pocos operarios que laboran en más de un puesto de trabajo.
- Aparición de inventario de productos en proceso.
- Ineficiencia de operarios y máquinas.

Propuestas de mejora

- Aplicación de las celdas de manufactura.
- Órdenes de trabajo uniformes.
- Colaboradores multifuncionales.

d) Sobreproceso

Son las operaciones que agregan valor adicional a lo esperado por el cliente. Esto es un esfuerzo innecesario para la empresa ya que aumentaría el tiempo de producción. En una empresa industrial esto se da en inspecciones innecesarias, aplicaciones de pintura adicionales, algunos trabajos de limpieza, etc.

Características

- Métodos no uniformes.
- Malos diseños y capacidad mal determinada.
- Procesos burocráticos inútiles.
- Abundante *data*.
- Carece de especificaciones de trabajo.

Algunas causas posibles

- Cambios de ingeniería sin alterar el proceso.
- Malas e inapropiadas decisiones.
- Políticas no efectivas.
- Falta de información de los clientes respecto a sus necesidades.

Propuestas de mejora

- Diseño del flujo continuo del proceso.
- Análisis detallado del procedimiento de las operaciones.
- Total aplicación de la estandarización de los procesos.

e) Exceso de inventario

Los directores japoneses nombraron a este despilfarro la “raíz de todos los males”. El *stock* lo consideran como una enfermedad para la empresa debido a tales argumentos:

- Se detecta los productos que están rotos, caducados u obsoletos luego de ejecutar el inventariado físico.

- Los productos inventariados requieren de conservación, supervisión, cuidado y administración.
- Abruma los activos corrientes. Los *stocks* no deben ser considerados como inversión porque no hay remuneración.

Este desperdicio explica el exceso de inventario que se posee para satisfacer las necesidades más inmediatas. El flujo que presenta es discontinuo debido a que se tiene *stock* y cola en cada operación. Para mejorar esta situación se debe supervisar las actividades intermediarias, modificar la cultura organizacional y una gestión de producción más óptima.

Características

- Existencias entre operaciones y poca rotación.
- Incremento de costos de posesión y transporte de inventario.
- Excesivo espacio ocupado por almacén.
- Empaquetado de productos de gran tamaño.
- Abundante equipos de manipulación.

Algunas causas posibles

- Poca capacidad de las operaciones.
- Cuellos de botellas sin registro.
- Proveedores inexpertos.
- *Set ups* demasiado largos.
- Malas decisiones por parte de la gerencia.
- Proyecciones de demanda inexactas.
- Continuos reprocesos por la salida de productos defectuosos.
- Ineficiencias y complicaciones productivas ocultas.

f) Defectos

Los errores son aceptados, pero provoca grandes pérdidas de productividad ya que genera actividades extras para reparar esos defectos. El sistema productivo debería elaborar los productos con la más alta calidad y de esa manera se desaparece los desperdicios de sobreproceso.

Características

- Desperdicio de tiempo, recursos naturales y dinero.
- Planeación de trabajo discontinua.
- Mala calidad.
- Flujo de proceso complejo.

- Exceso de operaciones de sobreproceso (inspección, reproceso, entre otros).
- Espacio y herramientas extra para el sobreproceso.
- Desconfianza en la labor de las máquinas.
- Desconfianza y mala conducta de los colaboradores.

Algunas causas posibles

- Mala calidad de las máquinas y herramientas.
- Incapacidad de los proveedores o de las operaciones.
- Errores de los colaboradores.
- Falta de experiencia y entrenamiento de los colaboradores.
- Sistema productivo deficiente.

Propuestas de mejora

- Aplicación de *Jidoka*.
- Utilización de la herramienta *Andon*.
- Implantación del *Poka Yoke*.
- Mayor confianza en las maquinarias y creación del área de mantenimiento.
- Alta calidad en cada operación del sistema productivo.
- Mayor fluidez en el proceso.
- Estandarización del sistema productivo.
- Aplicación de las 5S y *Kanban*.

1.4. Herramientas del *Lean Manufacturing*

La figura 1 muestra la “Casa del Sistema de Producción Toyota” en la cual se tiene como base a las herramientas de *VSM*, 5S, QFD, entre otros; las dos columnas muestran al *Just-in-Time* y el *Jidoka* y finalmente se muestra como la cúspide del sistema al modelo de gestión *Lean* compuesto por la mayor calidad, menor costo y menor *lead time*.

Se muestra como una casa debido a que el sistema estructural es fuerte siempre que los cimientos y columnas lo sean. El techo se desarrolla las metas a lograr, luego las columnas se encuentran las herramientas que sostienen la casas (*JIT* y *Jidoka*) y en la base se encuentra la estandarización y estabilidad de los procesos.

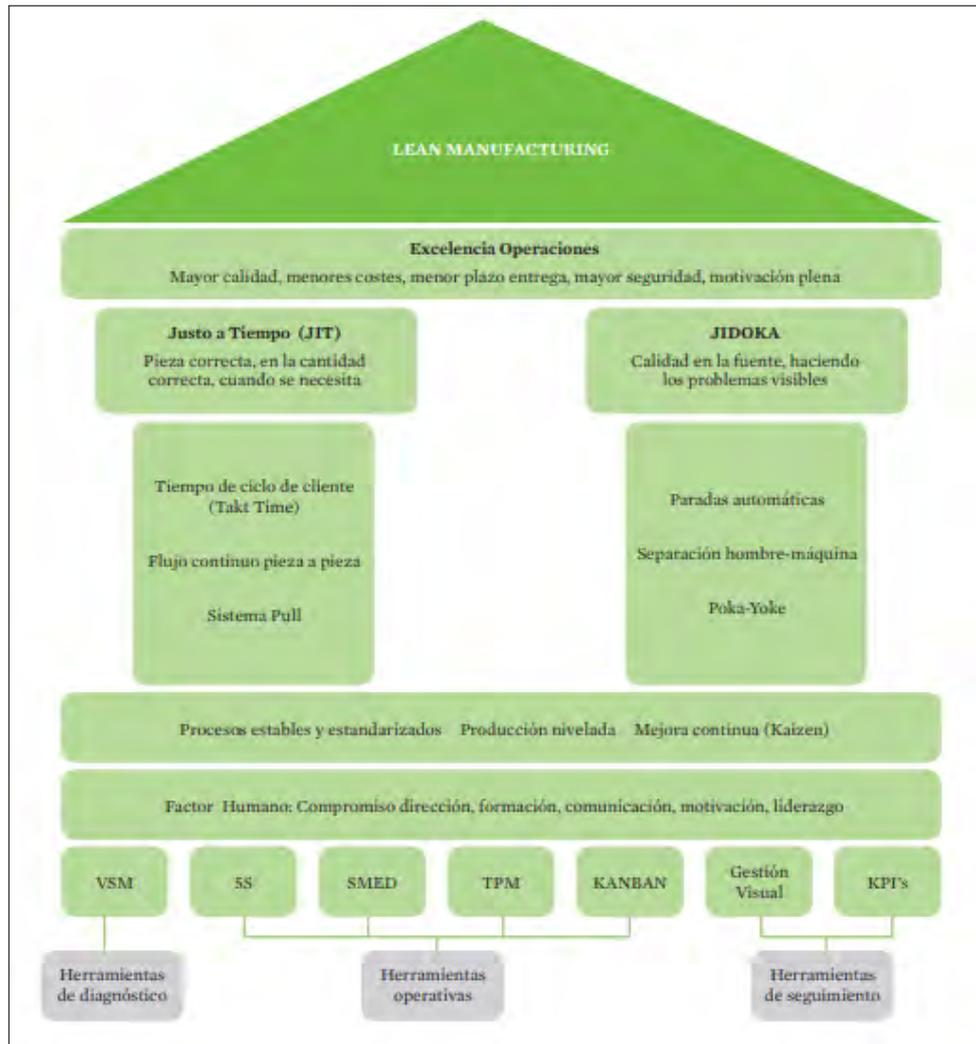


Figura 1. Casa de Lean Manufacturing

Tomado de Hernández y Vizán (2013) *Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación*.

En la presente sección, se desarrollarán las principales herramientas basadas en la filosofía *Lean Manufacturing* (algunas presentadas en la figura 1) que ayudará a obtener la máxima eficiencia en el sistema productivo, de esa manera se conseguirá los más altos estándares de calidad y el mínimo tiempo de producción.

1.4.1. *Value Stream Mapping* (VSM)

Antes de comenzar un proceso de aplicación de *Lean Manufacturing*, es primordial cartografiar la situación inicial de la empresa, el cual desarrolla el flujo de material y de información. La forma de autocalificarse es a través de un “*Value Stream Mapping*” o “Mapa de la cadena de valor”.

El VSM presenta el flujo de datos y de los procesos desde la entrega de los *inputs* hasta el despacho de los *outputs*, de esa manera se podrá señalar las actividades de valor y poder desaparecer los que no lo sean.

El estudio del flujo de valor se inicia con la elección del producto, este debe ser el de mayores problemas se posee como el lead time elevado, la sobreproducción o el tiempo muy elevado del proceso, además de elegir el que tenga un proceso que comparta el mayor número de operaciones con los demás productos, debido a que se aprovecha el análisis de todo el conjunto. (Rajadell y Sánchez, 2010)

Luego se plantea la situación inicial del proceso del producto, esto se realiza mediante la toma de datos de cada operación (DAP) y elegir las actividades que son primordiales para el cliente. Adicionalmente y al mismo tiempo que se toma datos con el DAP, se puede usar la “Hoja de datos de proceso”, el cual toma nota de datos adicionales como el *stock*, la cadencia del trabajo, entre otros.

SIMBOLOGÍA PARA EL VSM

El VSM posee un sistema formal de símbolos que hace posible explicar todas las operaciones del proceso en un papel. En la figura 2, se muestra los símbolos principales del flujo de materiales y del flujo de información que se da entre las entidades externas y la empresa.

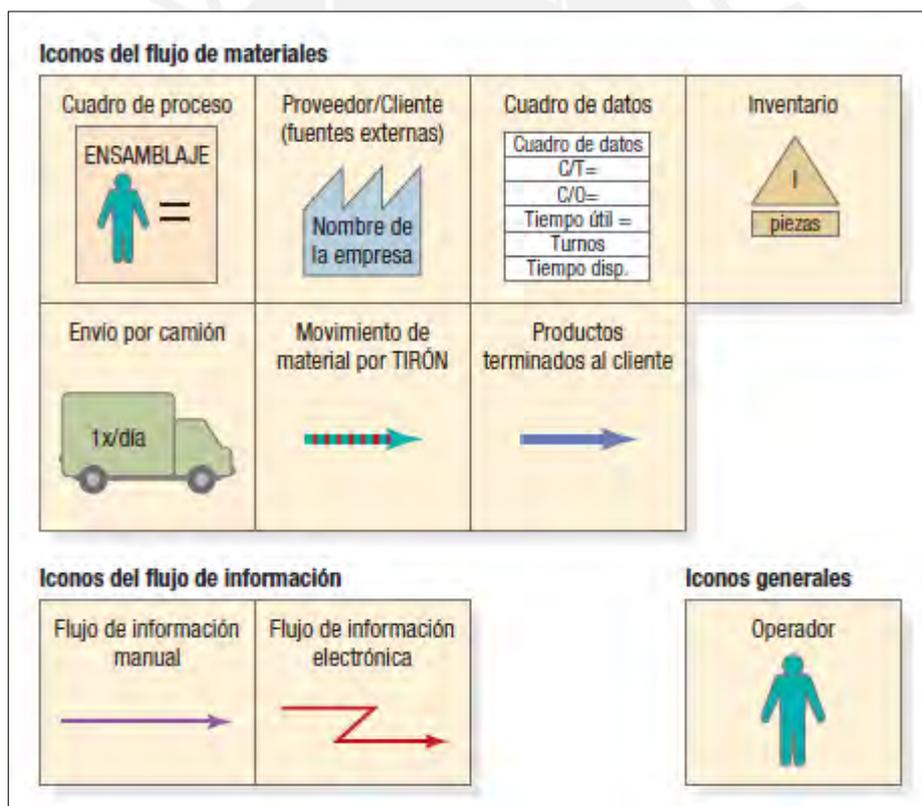


Figura 2. Conjunto de símbolos del VSM

Tomado de Krajewski (2008) Administración de operaciones: procesos y cadenas de valor.

DIBUJO DEL VSM

El dibujo se inicia por el cliente con los datos relacionados al producto seleccionado. Se dibuja el símbolo del cliente y se escribe los requisitos de la entidad. Luego se coloca las operaciones resultantes del DAP junto con los datos relacionados. Esto se representa con su símbolo respectivo y una caja para los datos. Finalmente se detalla el flujo de información y los inventarios.

Para la presentación final del dibujo se debe tener presente las siguientes indicaciones según Rajadell y Sánchez (2010).

- Se debe entender la situación actual del proceso antes de dar soluciones.
- La data debe ser verídica, concisa y útil.
- La data debe ser tomada en la planta y tomar nota de las opiniones de los operarios.
- Se debe usar los íconos presentados en el punto anterior y al inicio mantenerlos en borrador ante cualquier cambio.
- No anotar excepciones del proceso, solo las operaciones.

En la figura 3, se muestra un ejemplo del VSM de una fábrica que elabora cojinetes y recepciona su materia prima traída de Kline Steel Company, todos los lunes; luego del sistema de producción se despacha a GNK Enterprises.

1.4.2. 5S

La implementación de las 5s sigue un procedimiento de cinco puntos, en el cual es necesario la asignación de los recursos, el cambio de la cultura organizacional y la consideración de los aspectos humanos.

La aplicación de esta herramienta evita los siguientes problemas que le sucede a una empresa.

- La falta de limpieza en toda la planta.
- Desorden.
- Productos fallados.
- Falta de uso de EPPs.
- Máquinas casi siempre descompuestas.
- Operarios desinteresados de su puesto de trabajo.
- Movimientos inútiles.
- Escasez de espacio en almacén.

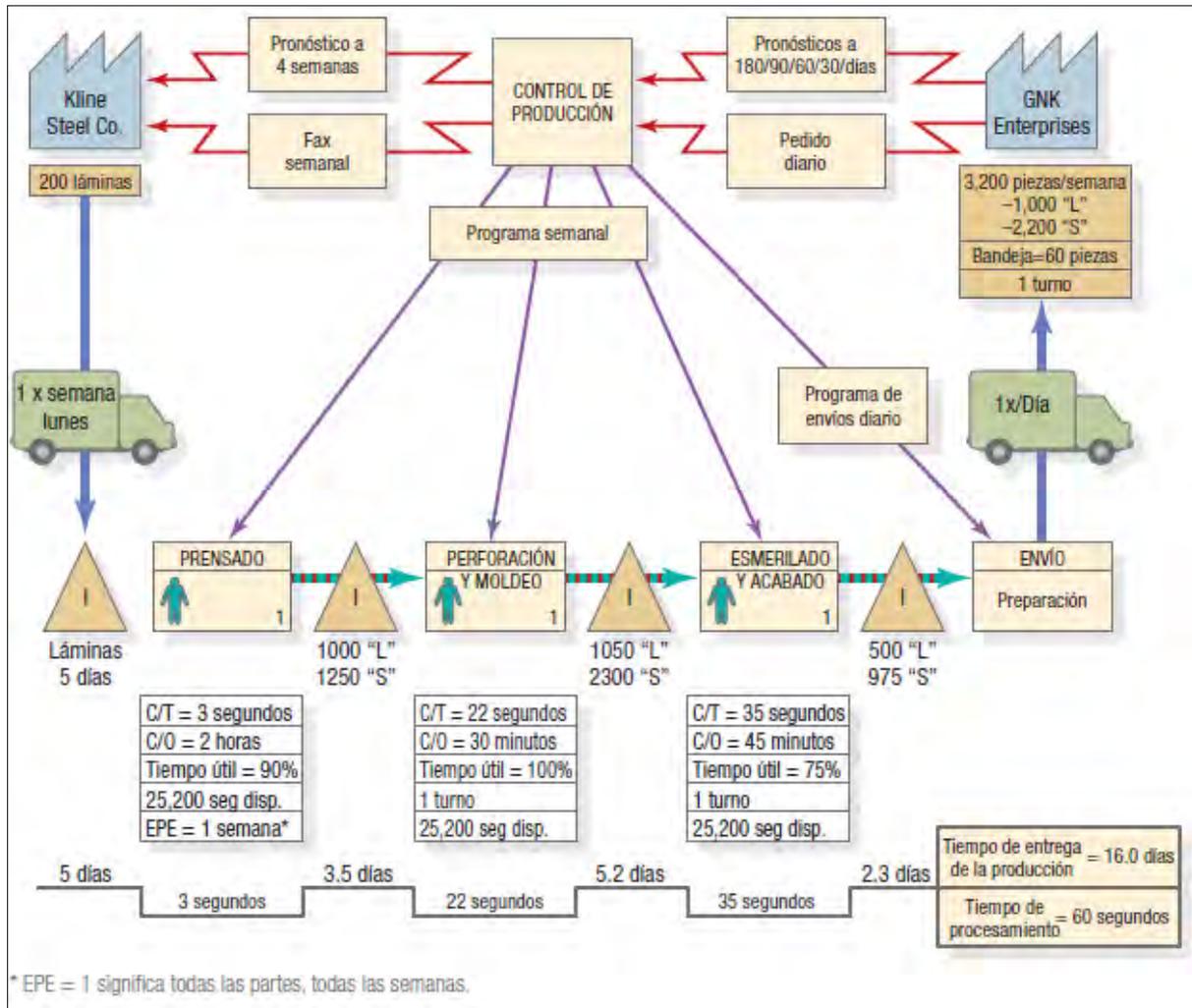


Figura 3. VSM actual de una familia de retenedores en una empresa fabricante de cojinetes Tomado de Krajewski (2008) Administración de operaciones: procesos y cadenas de valor.

Si la empresa posee estos problemas, entonces se debe implementar las 5S y esto es favorable debido a las siguientes razones:

- Estandariza el hábito de limpieza y orden en el puesto de trabajo.
- El proyecto planificado es alcanzable para los operarios, esto provoca la participación activa de ellos.
- Se realiza la implementación en un breve periodo.
- Dará resultados tangibles y cuantificables para todos, debido a que ayudará a un mejor sistema de producción.

FASE DE APLICACIÓN DE LAS 5S

- Eliminar (*Seiri*)

La primera de las 5S quiere decir que se desaparece los desperdicios del proceso. En consecuencia, trata de clasificar los elementos sin valor y los útiles.

Los puntos positivos del *Seiri* son los siguientes,

- Espacios libres en almacén y en oficina.
- Disminución del tiempo de acceso a los materiales, herramientas, utillajes, entre otros.
- Mejor monitoreo.
- Mayor seguridad en el puesto de trabajo.

Se utiliza una tarjeta roja para señalar los elementos que son posiblemente innecesarios.

- Ordenar (*Seiton*)

Organizar los objetos indispensables para poder facilitar su búsqueda. El comportamiento opuesto es la procrastinación de ordenar.

Los beneficios de *Seiton* son,

- Mayor facilidad de encontrar los objetos que se requieren.
- Mayor productividad.
- Mayor seguridad en el lugar de trabajo.
- Mayor información para la búsqueda del elemento.

Esta fase se inicia con la decisión de encontrar en lugar donde se va a disponer cada elemento de acuerdo a la frecuencia de uso. Este cambio debe ser tangible y eficiente. Los objetos de uso frecuente se disponen cerca del puesto de trabajo, los que se usan ocasionalmente se dispone en un sitio más alejado y las que se utilizan con mucho menos frecuencia se guarda en el almacén.

Algunas normas para la organización

- Alejar las partículas que puedan dañar los objetos mediante un recubrimiento.
- Colocar indicadores limitantes en los espacios de los objetos (mínimo y máximo).
- Organizar los elementos de manera que no ocasione incidentes ni accidentes.
- Colocar los estantes en lugares propicios.
- Organizar los objetos en líneas rectas.
- Disponer de tarjetas rojas en lugares donde se encuentren los productos fallados.
- Señalar las ubicaciones de los objetos mediante placas o tableros que indiquen la designación de los elementos.

- Limpieza e inspección (*Seiso*)

Esta fase quiere decir limpiar e inspeccionar los alrededores de la planta para encontrar y desaparecer los desperdicios.

Los beneficios del *Seiso* son los siguientes,

- Disminución de posibles accidentes.
- Aumento de la vida útil de los equipos.
- Disminución de averías.
- Una consecuencia de hábito limpieza constante.

- Estandarizar (*Seiketsu*)

Esta fase consolida los objetivos alcanzados en las tres primeras, debido a que se sistematiza que se convierta en hábito los tres pasos anteriores. El problema principal que acarrea es la malas y ociosa conducta de los operarios que provocaría incumplimiento de los procedimientos.

Los beneficios del *Seiketsu* son los siguientes,

- Mayor conocimiento del establecimiento.
- Se crea hábitos de limpieza.
- Se reduce los posibles accidentes.
- Rápida intervención ante alguna avería.

- Disciplina (*Shitsuke*)

En esta fase se crea hábitos de los métodos anteriores. La perduración del proyecto depende del cambio de cultura que se dio por parte de toda la planta siguiendo las normas en cada momento.

Un ambiente de trabajo más comprometido con la planta es uno de los beneficios de este último procedimiento.

La principal característica de esta fase es que el operario por su propia voluntad logre cambiar los malos hábitos y sigan los procedimientos establecidos en la planta. El cumplimiento de las normas también explica que el mismo operario puede aplicar mejoras a los procedimientos de forma constante. Los equipos internos pueden realizar las auditorías de forma frecuente y en cada periodo debe inspeccionar un auditor externo.

1.4.3. *Heijunka*

Técnica conocida como producción nivelada, el cual nivela la demanda de clientes en volumen y variedad durante el día o turno de trabajo. Esta no se aplica en empresas con poca variedad de productos y sin falta de conocimiento de la fluctuación de los clientes.

La implantación de esta herramienta consiste en una serie de técnicas que apoyan en el flujo constante del sistema de producción, además de un ritmo constante y trabajo estandarizado. Esto a su vez mejora el trabajo de la mano de obra, disminuye el *stock* y una respuesta rápida al cliente. Estas técnicas son,

-Células de trabajo.

-Flujo continuo pieza a pieza.

-*Takt time*.

-Nivelar el mix y el volumen de producción.

- Células de trabajo

Este tipo de *Layout* es la distribución física de planta que se adapta a la filosofía *Lean*, ésta consiste en colocar el proceso en forma de U de esa manera los *inputs* y *outputs* estén en un mismo lugar y el flujo es de manera continua. Cada celda se produce una familia de productos, esto es, productos o subproductos de similares características.

Se necesita ciertos requisitos para la aplicación de esta técnica,

- Reconocer familias de productos con similares procesos.
- Colaboradores multifuncionales.
- Crear sistemas ante posibles defectos de la celda.

Las ventajas de las células de trabajo son,

- Mayor satisfacción de las necesidades de los clientes, en tiempo y calidad.
 - Eliminación de inventario dentro de los procesos.
 - Menor espacio ocupado dentro de la planta.
 - Reducción de inventario de materias primas y productos terminados.
 - Eliminación de paradas de las máquinas.
- Flujo continuo pieza a pieza

Esta técnica consiste en producir en el menor tiempo posible y con el mínimo de defectos. El flujo continuo posee tres niveles:

1. Flujo de información

- Producción más fluida.
- Aplicación de tarjetas *Kanban*.
- Soluciones rápidas ante el seguimiento continuo.

2. Flujo de materiales

- Se implanta el sistema *Pull*.
- Equipo indispensable para este flujo.
- Organización multiproceso.
- Entregas inmediatas.

3. Flujo de operarios (flexibilidad y eficacia)

- Aplicación del *Takt time*.
- Crear células móviles.
- Colaboradores multifuncionales.
- Estandarizar funciones de los distintos operarios.

- *Takt time*

Esta técnica consiste en dar el mismo ritmo de las ventas a la producción y esto se calcula dividiendo el tiempo disponible de producción por la demanda en un periodo determinado.

Los clientes no piden un solo producto, entonces el cálculo de *Takt time* no se puede realizar, por eso se aplica el tiempo de paso, el cual se determina mediante el producto del *Takt time* por la cantidad conjunta, esta última determinada por la empresa.

- Nivelar el mix y volumen de producción

Esta técnica realiza una mezcla lo más nivelado posible en la producción, es decir, producir lotes pequeños con mayor número de cambios y variantes de las partes de la sección de montaje.

1.4.4. *Kanban*

Es una herramienta que permite el control y sincronización del sistema productivo a base del sistema *Pull*, en el cual se usa tarjetas (en japonés, *Kanban*), u otro tipo de elementos.

Esta técnica consiste en fabricar el mismo conjunto que se retiró en un mismo proceso, de esa manera se sincroniza todo el sistema productivo desde la entrega de materiales por parte del proveedor hasta el

ensamblado final. Las cantidades en cada contenedor deben ser la misma que indica en la tarjeta que le pertenece. Estas tarjetas son fuentes de comunicación entre cada estación de trabajo y posee información, como el código y el nombre, la procedencia, la cantidad y el lugar de almacén de la pieza a realizar en el puesto de trabajo. La figura 4 muestra un ejemplo de esta tarjeta.

KANBAN	
CÓDIGO Art.	63 10 2200
DESCRIPCIÓN	PLA 63x10x2200
Cantidad a fabricar	Consumo promedio
50	100
Cantidad de Tarjetas KANBAN	
2 de 2	
Almacén Estante:	
A 02	
Material:	
63x11	

Figura 4. Ejemplo de tarjeta Kanban

Tomado de Hernández y Vizán (2013) *Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación*

Existen dos tipos de *Kanbans*:

-*Kanban* de producción, el cual indica la cantidad de producción que se va a fabricar en la posterior estación de trabajo.

-*Kanban* de transporte, el cual indica la cantidad que se ha producido en el anterior puesto de trabajo.

La figura 5 muestra estos dos tipos de *Kanban*.



Figura 5. Esquema del sistema Kanban

Tomado de Hernández y Vizán (2013) *Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación*

El principal beneficio de esta herramienta es volver a producir lo que ha salido como producto vendido y de esa manera se evita inventarios innecesarios.

La implementación de esta técnica necesita de tres procedimientos operativos de gestión de la producción y logística,

- Nivelación de la producción

Se debe realizar un acuerdo entre el área de producción y de logística (“contrato”), de esa manera el área de logística debe adecuar su cadena de suministro de acuerdo al pedido del cliente y satisfacerlo de manera inmediata y el área de producción fabricar lo necesario administrando los recursos tanto humanos como materiales.

- Relación con los proveedores

La manera de conseguir un flujo continuo de los procesos es obteniendo una política de suministro de entrega frecuente con los proveedores, de esa manera tener una buena relación con ellos y recibiendo los materiales con la más alta calidad. Esta relación debe realizarse tan solo de confianza mutua.

- Polivalencia de los operarios

La multifuncionalidad de los colaboradores es importante para la filosofía *Lean*, esto permite que se reduzca la cantidad de operarios en producción y se reduzca el costo operativo. La adaptación de los operarios en los distintos puestos de trabajo es indispensable para la empresa porque se pueden ayudar mutuamente en un mismo trabajo, reemplazarse o cambiarse de tarea. Adicionalmente, esta flexibilidad ayuda en el cambio de órdenes de pedido y en los cambios frecuentes de las demandas.

1.4.5. SMED (*Single Minute Exchange of Die*)

Esta herramienta consiste en disminuir el tiempo de *set-up* de las máquinas, esto consiste en cambios en las maquinarias, herramientas e incluso en el mismo producto. El *set-up* es muy importante en la producción debido a que mayor sea su tiempo, mayor será la elaboración de un producto y se incrementará el inventario de éste; por el contrario, si el tiempo no es tan significativo, se puede realizar distintos productos y de esa manera se reduce los *stocks*.

La disminución del *set-up* desaparece los errores de ajustes y aumenta la capacidad de la máquina sin necesidad de conseguir una mejor.

Las principales causas a este problema son,

- Las dudas luego de terminar de preparar la máquina.

- No se ha normalizado el método de preparación.
- Uso inadecuado de herramientas.
- No existe mejoras implantadas en la preparación.
- Las actividades de acoplamiento y separación tienen un tiempo muy prolongado.
- Gran cantidad de operaciones de ajuste.
- No hay evaluación en las operaciones de preparación.
- Tiempo variable en el *set-up* de las máquinas.

La herramienta SMED se realiza de acuerdo a las siguientes fases,

1. Diferenciación de la preparación externa e interna

Esta fase consiste en separar las preparaciones externas, operaciones que se realizan cuando la máquina funciona, de las preparaciones internas, operaciones que se realizan cuando la máquina se detiene, y el principal objetivo es transformar las preparaciones internas en externas. Para ello, son importantes los siguientes puntos,

- Dejar listo todos los elementos.
- Realizar la mayor cantidad de métodos externos.
- Poseer elementos en óptimas condiciones.
- Anotar las operaciones de preparación externa.
- Mejores tecnologías para el *set-up*.
- Aplicar 5S en los lugares donde se guarda los objetos que se utilizan en el *set-up*.

2. Reducir el tiempo de preparación interna mediante la mejora de operaciones

Las preparaciones internas que no se puedan transformar deben ser punto de mejora, por eso se sigue los siguientes puntos,

- Estudiar las necesidades del personal para cada actividad.
- Estudiar las necesidades de la actividad.
- Disminuir los procedimientos de la máquina.
- Realizar un registro normalizado de la información del proceso.
- Disminuir la inspección de calidad del producto.

3. Reducir el tiempo de preparación interna mediante la mejora del equipo

- Modificar el equipo para realizar cambios en el *set-up* de forma simultánea.
- Modificar el equipo para la disminución del tiempo de *set-up*.
- Adicionar dispositivos que ayuden a fijar la posición de los objetos de manera automática.

4. Preparación Cero

Esta fase es el tiempo ideal del *set-up* por lo que debe usarse las tecnologías precisas y el diseño de dispositivos que puedan ser flexibles al cambio para la elaboración de productos de una misma familia.

1.4.6. TPM (Mantenimiento Productivo total)

Esta herramienta consiste en desaparecer los defectos mediante el apoyo activo de los colaboradores. Los objetivos de esta técnica son,

- Maximizar la eficacia del equipo.
- Realizar el TPM de toda la vida útil de los equipos desde el primer funcionamiento optimizando el mantenimiento mediante reparaciones o modificaciones.
- Hacer que participen todas las áreas para la planeación, creación, uso y mantenimiento de los equipos.

La meta principal del TPM es desaparecer las seis grandes pérdidas en los equipos, estos son,

- Tiempo muerto durante las fallas en los equipos.
- Pérdida de tiempo en ajustes excesivos.
- Disminución de la velocidad.
- Paradas cortas.
- Reprocesos.
- Bajo rendimiento de los equipos.

La aplicación del TPM se realiza con las siguientes fases,

- Fase preliminar

En esta fase se extrae datos de la situación actual del mantenimiento de los equipos.

- Fase 1: Volver a situar la línea en su estado inicial

Los equipos deben retornar a la forma en que llegaron a la empresa, esto es, limpia.

- Fase 2: Eliminar las fuentes de suciedad y las zonas de difícil acceso

Una fuente de suciedad es aquella donde se inicia la suciedad como, fugas de aire o de aceite, virutas, entre otros. Estos provocan el bajo funcionamiento de los equipos.

- Fase 3: Aprender a inspeccionar el equipo

Esta fase consiste en capacitar a los colaboradores en mantenimiento para que su labor sea más autónoma y esto permitirá al operario ser más multifuncional.

- Fase 4: Mejora continua

Luego de cumplir las fases anteriores el colaborador se encargará de proponer mejoras en los equipos que provocarían mayor productividad para la empresa.

Una vez implantado la herramienta es necesario ser auditado por el área de mantenimiento para el control de costos.

Es necesario un indicador que evalúe el avance de la aplicación de esta técnica. Una de las más importantes es el índice de Eficiencia Global del Equipo (OEE). La figura 6 muestra cómo se determina este indicador. El OEE se halla diariamente para un equipo o un grupo de maquinarias y es posible comparar los productos elaborados si la máquina estuviera en óptimas condiciones y cuánto se fabrica en la situación actual.



Figura 6. Esquema de los componentes del OEE

Tomado de Hernández y Vizán (2013) *Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación*

Este indicador es muy importante para la filosofía *Lean* debido a que evalúa la eficiencia de un centro de trabajo y esto puede ser aplicado previa implantación de las herramientas para observar las mejoras luego de la implementación de éstas.

1.4.7. Jidoka

Esta herramienta significa autonomación o automatización con adición de la mano de obra. La meta del *Jidoka* es que la máquina tenga su propio autocontrol, pero ante cualquier problema el operario pueda resolverlo, de manera que se evite producir defectos de manera constante.

En este sistema el inspector de calidad pierde su función debido a que las maquinarias y los colaboradores pueden realizar lo mismo. Esta técnica apoya en la prevención de defectos y no en hallarlos.

Una maquinaria autonomatizada es aquella que puede funcionar sin la ayuda de un trabajador hasta que ocurre una parada por la aparición de un defecto del producto, esto hace que intervenga el colaborador. Este apoyo es de manera ocasional, por lo tanto se reduce la cantidad de operarios debido a que estos pueden desplazarse a controlar mayor número de máquinas posibles.

El procedimiento para la implementación del *Jidoka* se describe a continuación,

1. Autonomación del proceso

Transportar las funciones de los operarios hacia las maquinarias.

2. Autonomación de sujetar

La sujeción debe realizarse de manera mecánica.

3. Autonomación de alimentación

El abastecimiento de las máquinas debe ser automatizada, en caso de ocurrir defectos interviene el colaborador.

4. Autonomación de paradas

La parada debe ser provocada por la máquina ante cualquier defecto.

5. Autonomación de retornos

El retorno a seguir la operación se realiza por parte de la máquina.

6. Autonomación de retirada de piezas

El retiro de la pieza ya procesa es de manera automática.

7. *Poka Yoke*

Se instalan equipos de detección de errores para que la parada sea automatizada y alertar al colaborador.

8. Autonomación de carga

La carga del producto para el inicio del proceso debe ser automatizado.

9. Autonomación de inicio

El inicio de la operación de la máquina debe ser automatizada previniendo problemas de calidad y seguridad.

10. Autonomación de transferencia

La transferencia de un centro de trabajo a otro se realiza sin la intervención humana.

1.4.8. *Poka Yoke*

Esta herramienta significa sistema a prueba de error, esto quiere decir que todo el sistema productivo se debe realizar de la manera correcta. Las principales funciones son la seguridad, resguardo de equipos, anticipación de errores e inspecciones previas.

El *Poka Yoke* se basa de los siguientes principios:

- Defectos son provocados por errores humanos (aplicación de mejoras inadecuadas, olvido, poca experiencia, entre otros).
- Inmediata reacción ante la aparición de los errores.
- Obtener información inmediata de los errores.
- La frecuencia de los errores es menor ante la implantación de la herramienta.
- Técnicas simples y efectivas.

Los pasos para la implantación de la herramienta son los siguientes puntos,

- La elección del proceso para la aplicación del *Poka Yoke* debe ser de acuerdo a las quejas de los clientes, mayor cantidad de defectos, entre otros.
- Identificar los defectos del proceso.
- Clasificar los defectos de acuerdo a los costos que implican, al costo de oportunidad, entre otros.
- Investigar la causa de los defectos.
- Buscar la forma de prevenir esos defectos.
- Plantear soluciones.
- Control del funcionamiento del proceso y de las soluciones.
- La identificación de nuevos problemas.

La aplicación de la herramienta se logra de manera gradual.

CAPÍTULO 2: LA EMPRESA DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE LIMPIEZA Y TRATAMIENTO DE AGUA

El presente capítulo presenta la realidad actual de la empresa en estudio. De esta manera se describirá la estructura organizacional y el sistema productivo de ésta.

2.1. Descripción de la empresa

La empresa familiar en estudio desde hace cuatro años tiene dos rubros importantes de desempeño. Uno es la fabricación y comercialización de productos de limpieza de uso doméstico e industrial, además de contar con el servicio de envasado de aerosoles. El otro rubro se especializa en la venta de plantas de desalinización de agua de mar por osmosis inversa, tratamiento de aguas potables y suministro de agua con la más alta pureza a laboratorios clínicos.

Las entidades importantes en este negocio son las siguientes,

- Clientes, son las entidades que reciben el producto terminado, el cual cubre las necesidades que posee.
- Proveedores, la calidad de los materiales que son abastecidos por estas entidades deben ser de la más alta calidad.
- Colaboradores, equipo de trabajo que se encarga del sistema productivo y genera el ambiente organizacional adecuado para la fabricación.

2.1.1. Visión

Líderes reconocidos a nivel nacional por nuestros clientes, como la empresa de fabricación y comercialización de productos de limpieza industrial y envasado con la más alta calidad e innovación continua y a la vez brindar soluciones en sistemas de tratamiento de agua, preservando el medio ambiente.

2.1.2. Misión

Lograr ser una empresa líder y reconocida a nivel nacional por brindar productos de calidad que satisfagan las exigencias de las personas y mercados modernos reduciendo la contaminación del medio ambiente.

2.1.3. Organización de la empresa

La organización de la empresa se realiza de la siguiente manera,

- Nivel directivo/ Gerencial, se encuentra los máximos representantes de la empresa que toman las decisiones de cada rubro conformado por la familia Ávila. Conformado por 3 personas.

- Nivel Ejecutivo, conformado por la jefa de producción y ventas, la jefa de compras y logística y el jefe de contabilidad. Conformado por 4 personas.
- Nivel Medio/ Administrativo, se encuentra los supervisores de alto rango, los técnicos, asistentes y practicantes. Conformado por 4 personas.
- Nivel operativo, lo compone los operarios de la planta, los cuales realizan el sistema productivo y el personal de limpieza y seguridad. Conformado por 3 personas.

La figura 7 presenta el organigrama de la empresa.

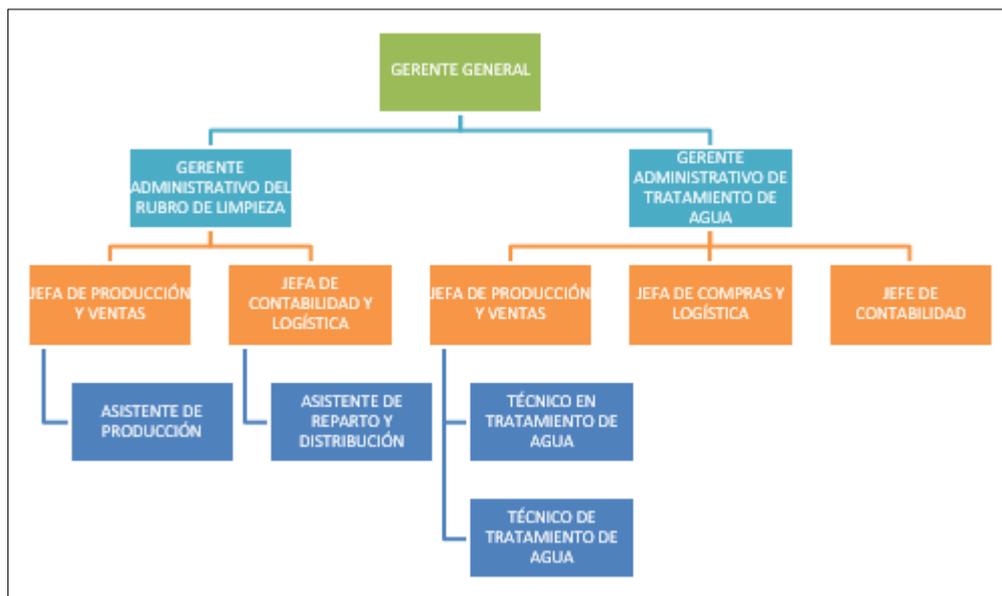


Figura 7. Organigrama de la empresa
Fuente: Empresa

2.2. Cartera de productos

Este punto se explicarán las distintas familias de productos que tiene la empresa en los dos rubros que se desempeña.

• Veterinaria

Los principales productos de esta familia son el *Shampoo Cosmético* y el *Shampoo Antipulgas*, los cuales tienen distintas presentaciones como la de un frasco de 250 ml, de 500 ml, un galón de 4 L y un bidón de 20 L. En la figura 8 y figura 9 se muestran estos productos.

• Limpieza

Los más demandantes productos de esta familia son la *Limpia Alfombra* y el *Desinfectante de Pino o de Limón*, los cuales tienen distintas presentaciones como la de un cojín de 330 ml, un frasco de 250 ml, de 500 ml y de 900 ml, un galón de 4 L y un bidón de 20 L respecto a la *Limpia Alfombra* y un

frasco de 900 ml, un galón de 4 L y un bidón de 20 L respecto al desinfectante. En la figura 10 y figura 11, se muestran estos productos.

- Automotriz

Los productos de mayor fabricación de esta familia son la Silicona Emulsionada, el Abrillantador de llanta y el *Shampoo Super Car*, los cuales tienen distintas presentaciones como un frasco de 200 ml, 250 ml, de 500 ml y de 900 ml, un galón de 4 L y un bidón de 20 L respecto a la silicona, un frasco de 250 ml, 500 ml, 900 ml, un galón de 4 L y un bidón de 20 L respecto al *shampoo* y al abrillantador. En la figura 12, figura 13 y figura 14 se muestran estos productos.

- Industrial

Esta línea posee un solo producto el cual es la Silicona Desmoldante en el que se prepara de forma diferente a los demás productos hechos por la empresa ya que se necesita de un inyectado de aire comprimido dentro del envase. Ésta se vende a las empresas industriales para la limpieza de moldes, de máquinas, entre otros usos.

- Servicios Industriales

Esta línea realiza productos similares a la línea industrial con la diferencia que los clientes proporcionan la materia prima e insumos necesarios para la producción y genera mayor margen de utilidad en pocas órdenes de pedido junto con la línea industrial.



Figura 8. Champú cosmético
Fuente: Empresa



Figura 9. Champú antipulgas
Fuente: Empresa



Figura 10. Limpia Alfombra
Fuente: Empresa



Figura 11. Desinfectante de pino
Fuente: Empresa



Figura 12. Abrillantador de Llanta
Fuente: Empresa



Figura 13. Shampoo Super Car
Fuente: Empresa



Figura 14. Silicona Emulsionada
Fuente: Empresa

- Tratamiento de agua

Se puede obtener distintos tipos de agua de acuerdo a los requerimientos del cliente.

- ✓ Agua desionizada.
- ✓ Agua destilada.
- ✓ Agua Osmotizada.
- ✓ Agua desmineralizada.

Se presenta los siguientes productos de tratamiento de agua que comercializa la empresa.

- ❖ Planta de tratamiento de agua residual

Proporciona agua ligera 100% pura debido a que se utiliza triple purificación, OSMOSIS, UV y OZONO, proceso que desaparece al 100% los minerales tóxicos y metales pesados.

- ❖ Filtro multimedia

Creados para reducir la cantidad de partículas gruesas de suspensión, sedimentos, arenillas que se encuentran en el agua.

- ❖ Filtro de carbón activado

Desaparece productos orgánicos, como pesticida, herbicida, cloro residual, además de desaparecer el color, olor y sabor extraño del agua.

- ❖ Equipo de osmosis inversa

Evita el paso del sodio, metales pesados y disminuye la conductividad eléctrica mediante una membrana de 0.001 micras de diámetro.

- ❖ Desionizador

Desmineraliza el agua, lo cual da la pureza iónica superior a la del agua destilada.

- ❖ Esterilizador ultravioleta

Elimina de manera eficaz todo microorganismo presente en el agua mediante la emisión de una luz ultravioleta.

- ❖ Ozonizador

Desinfecta el agua de las bacterias y virus y es mucho más potente que el cloro, pero sin dejar efectos secundarios a la piel del ser humano.

- ❖ Ablandador de agua

La purificación del agua mediante este equipo se da mediante la eliminación de agua dura y de la cal.

2.3. Clientes

A nivel nacional los clientes directos son mayoristas y consumidores finales. Los mayoristas son los que solicitan mayor volumen de productos. Los consumidores finales principales son veterinarias, empresas de lavado automotriz, industrias manufactureras, entre otros. Los principales clientes son,

- Corporación Furos S.A.C.
- San Miguel Industrias Pet S.A. (servicio de envasado).
- Siena Servicios S.R.L.
- *Europe Latina Business* (Lavandería Presto).
- API. Check E.I.R.L.
- Soluciones Químicas del Perú S.A.
- Promark.

2.4. Descripción general del proceso productivo

Se describe las principales operaciones de los principales procesos de los principales productos.

2.4.1. Procesos productivos

A continuación, se explicará las operaciones que conforman el proceso de elaboración de un producto de limpieza, el cual se da mayormente en el segundo piso de la empresa. Esto se muestra en la figura 15 mediante un diagrama de operaciones.

- Almacenamiento de materia prima

Recepción de insumos y materia prima que se utiliza en la producción.

- Formulación de los materiales

Se determina mediante cálculos la cantidad a mezclar de acuerdo a la cantidad que se va a producir.

- Pre-mezclado

Se pesa cada material que se va a mezclar, para ello se coloca en un recipiente y se coloca cada materia prima e insumo necesario destarando el recipiente y lo que contiene previo pesaje hasta colocar todo lo necesario dentro del recipiente.

- Mezclado

Se coloca el recipiente debajo de una mezcladora y se prende la máquina. Esta operación demora 1, 4 y 12 horas de acuerdo al producto de limpieza ya que cada uno tiene diferente viscosidad y diferentes insumos.

- Envasado

Se envasa lo mezclado, de acuerdo a la presentación que requiera el cliente. Esta operación, con frecuencia, se realiza en el primer piso, lo cual desciende mediante la gravedad y se envasa mediante tubos, si no, se realiza mediante un embudo hacia el recipiente de manera manual.

- Empaquetado

Se empaca para quedar listo al despacho de ese producto.

- Almacén de productos terminados

Se almacena los productos hasta el despacho de éstos.

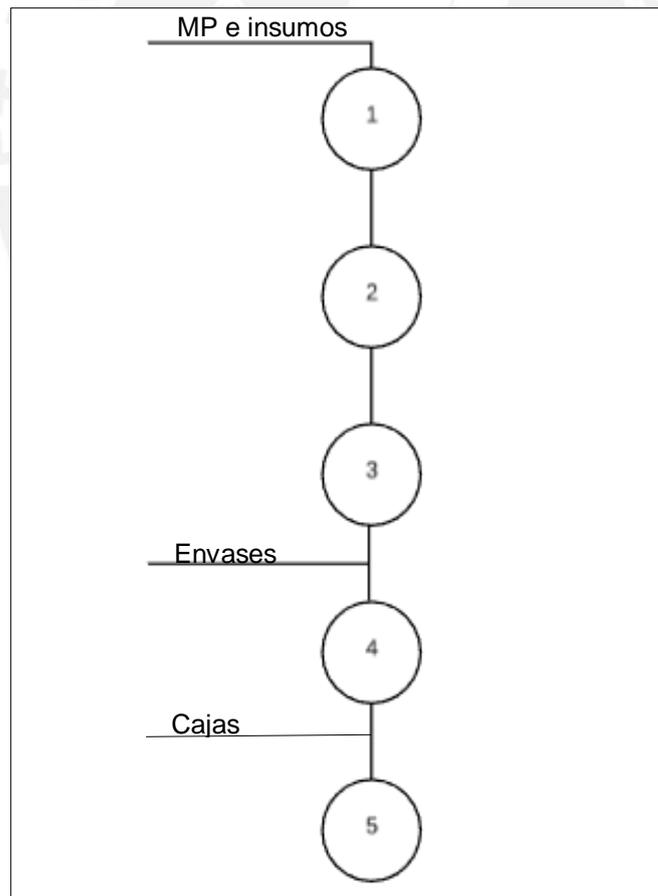


Figura 15. DOP de la producción de productos de limpieza
Fuente: Empresa

La venta de equipos de tratamiento de agua se da de esta manera,

La figura 16, explica el proceso que se realiza para la venta de una planta de tratamiento de agua de mesa y a continuación, se describe los distintos procesos.

- Compra de equipos

Se realiza la importación de los equipos dependiendo de la falta de stock de ciertas máquinas o del pedido del cliente.

- Construcción de la osmosis

Este equipo se construye dentro de la empresa debido a las modificaciones que se realiza y el tiempo que demora.

- Transporte de los equipos al lugar de instalación

Se llevan los equipos al lugar donde el cliente quiere que se instale.

- Tramite del registro sanitario

Al mismo tiempo que el pedido ya ha sido efectuado se inicia el trámite.

- Construcción de la planta

Se realiza la construcción de la planta de tratamiento de agua.

- Óptimo funcionamiento

Se prueba el funcionamiento de la planta hasta que se logre realizar el proceso de forma correcta.

- Entrega del registro sanitario

Luego del correcto funcionamiento de la planta, se entrega el registro sanitario, lo que significa que tiene permiso para vender aguas de mesa fabricadas con esos equipos.

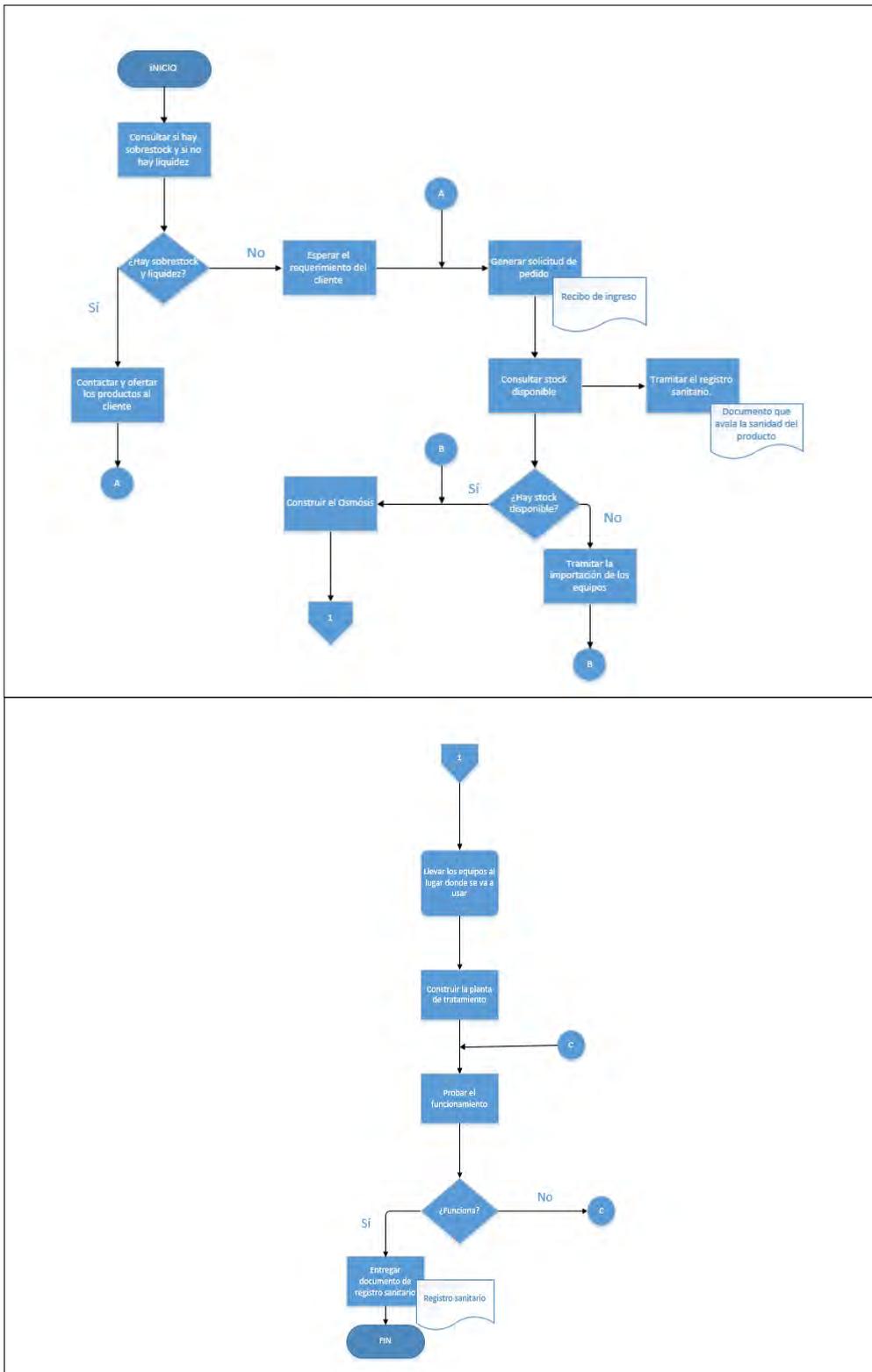


Figura 16. Diagrama de Flujo de la venta de una planta de tratamiento de agua de mesa
Fuente: Empresa

CAPITULO 3: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO ACTUAL

La metodología a seguir para la implementación de las herramientas de *Lean Manufacturing* en la empresa de análisis se presentará mediante dos principales etapas. Previo al desarrollo de esta metodología, se dará los motivos de la elección del área de producción como estudio.

1° Análisis y diagnóstico

PASO 1 Selección de una línea de producción

Este punto no será tratado ya que la empresa no cuenta con una línea de producción definida. Por ello se seguirá el siguiente paso.

PASO 2 Selección de una familia de productos

Se tomará en cuenta la familia de productos con mayor volumen de producción dentro de la empresa y que tenga mayor impacto en el sistema productivo.

PASO 3 Desarrollo de *VSM* actual

Se realizará el Mapa de Flujo de Valor actual de la familia de productos elegida en el punto anterior, debido a que, se pueda identificar los grandes problemas dentro del flujo de valor de la empresa. El alcance de este punto, tomará en cuenta los procesos productivos y los tiempos que se relacionan con ellos, desde la entrega de materia prima, por parte de los proveedores, y la salida de los productos terminados, por parte de los clientes.

PASO 4 Identificación de desperdicios que se observan en el *VSM* actual

Luego del diseño del *VSM* actual, se dará a conocer los desperdicios que aparecen dentro de la cadena de valor de la familia de productos analizados.

PASO 5 Identificación de métricas de *Lean*

A continuación, se asigna las métricas necesarias para llegar a los objetivos planteados de acuerdo al diagnóstico actual de los problemas dentro del *VSM* actual.

PASO 6 Desarrollo de *VSM* futuro

Se desarrollará el mapa de flujo de valor futuro mediante el uso de las herramientas *Lean* adecuadas dentro del diseño de éste para la mejora de la cadena de valor y de esa manera eliminar de los principales desperdicios que lo afectan.

PASO 7 Priorización de herramientas de manufactura esbelta

Después de colocar las herramientas *Lean* dentro del *VSM* futuro se seleccionará las más primordiales con ayuda del diagrama Pareto de los principales *lead times* dentro del mapa.

2° Propuesta de mejora

PASO 8 Aplicación de las herramientas de *Lean Manufacturing*

De acuerdo a nuestro principal objetivo de dar mejoras de acuerdo a la filosofía *Lean*, a través de la eliminación de los principales problemas elegidos en el punto anterior, se desarrollará las principales herramientas explicadas en el primer capítulo.

PASO 9 Evaluación del impacto económico

En este último paso, se dará a conocer el costo de la aplicación de estas herramientas de acuerdo a variables como H-H, H-Máquina y materiales, para la evaluación de la factibilidad de la implementación de las mejoras propuestas en función a la relación costo beneficio que se obtendrá de la empresa.

3.1. Elección del área de producción

La empresa se divide en cuatro principales áreas para la producción y comercialización de productos de limpieza y venta de equipos de tratamiento de agua.

- **Compras y ventas** para la producción de los productos de limpieza y venta de los equipos de saneamiento.
- **Producción** con buenos estándares de calidad y la preparación de los equipos de saneamiento para su venta.
- **Contabilidad** para el orden de los libros contables y otros requisitos que pide las entidades estatales.
- **Administración** para la gestión y control de toda la empresa.

Se realiza la consulta a la administración de la empresa sobre las áreas planteadas y sobre la valoración que le da a cada uno. Se le pide que se asigne un punto de 1 al 4 a cada área, en el cual 1 significa el menos importante y 4 el de mayor importancia. En la Tabla 1 se muestra los puntajes obtenidos de cada área.

Tabla 1. *Opiniones de importancia de áreas de la empresa*

	COMPRAS Y VENTAS	PRODUCCIÓN	CONTABILIDAD	ADMINISTRACIÓN
Jefa de Producción	3	4	2	1
Jefa de C y V	4	3	1	2
Jefe de Contabilidad	2	4	3	1
Asistente de producción	3	4	2	1
Técnico 1	3	4	2	1
Técnico 2	3	4	2	1
Distribuidor	4	3	1	2
Suma de puntajes	22	26	13	9

Fuente la empresa

Las opiniones que se muestra en la Tabla 1, afirman que el área de producción es el de mayor importancia y el más crítico que provoca mayores errores o desperdicios. Adicionalmente, se indica que es el de mayor impacto con la respuesta del cliente ante la calidad de la presentación del producto.

Por otro lado, el área de compras y ventas también es relevante ya que se necesita de los insumos y de la venta de los productos para los ingresos que desean obtener la empresa; sin embargo, no es tan crítico como el área de producción debido a que se necesita buenos productos para generar mayores ventas y de esa manera comprar más insumos para las siguientes ventas.

El área de administración es la de menor puntaje obtenido debido a que no sienten que sea tan crítico para en el sistema productivo de la empresa, pero no debe ser excluido de la importancia que posee dentro de ésta pues afecta en las decisiones futuras del movimiento del negocio familiar.

Además de estas opiniones se estimó junto con el personal administrativo los costos de cada área para tener una comparación adicional. La figura 17, muestra el análisis de costo estimado.

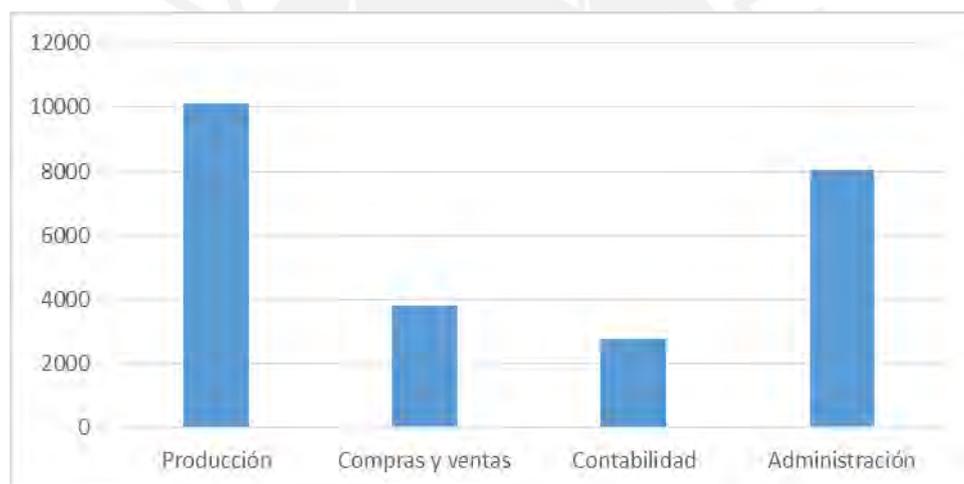


Figura 17. Costo estimado mensual de cada área

Fuente: Empresa

Estos costos mostrados se estimaron de acuerdo a las necesidades que necesitaba cada área mensualmente, de manera que se reafirma la elección del área de producción como el factor más crítico dentro de la empresa.

3.2. Selección de una familia de productos

La empresa tiene cinco familias de productos de limpieza, estas son, productos de veterinaria, automotriz, limpieza, industrial y de servicios. No se analizará el sector de saneamiento de la empresa debido a que solo existe una familia de productos que es la de tratamiento de agua lo cual se incluirá en el análisis de los puntos posteriores.

La empresa no posee un análisis cuantitativo de sus familias de productos, pero se tiene una idea cualitativa basada en la experiencia de su producto estrella.

La Tabla 2, muestra los resultados del cuestionario que se realizó al personal sobre la demanda de los pedidos de periodos anteriores, la empresa mencionó que la línea de limpieza es la de mayor volumen de producción, así como la automotriz es la menor. La valoración de las familias era de 1 a 5 en el cual se da tres puntos al de mayor cantidad demandada y un punto la menos solicitada.

Tabla 2. Valoración de las familias de productos de limpieza

	Veterinaria	Limpieza	Automotriz	Industrial	Servicios
Jefa de Producción	3	5	1	4	2
Jefa de Cy V	1	3	2	5	4
Jefe de Contabilidad	2	3	1	4	5
Asistente de producción	4	5	3	2	1
Distribuidor	4	5	2	3	1
Suma de puntajes	14	21	9	18	13

Fuente: La empresa

Como se mencionó antes, la empresa no tiene conocimiento de manera cuantitativa el volumen de producción; sin embargo, la administración menciona que en la temporada de verano-otoño es cuando se adquiere mayores ventas. De esta manera se hará un análisis de cada venta durante los meses de enero y abril de este año. En las figuras 18, se dan a conocer las ventas y los órdenes de pedido de cada mes para cada familia de productos.

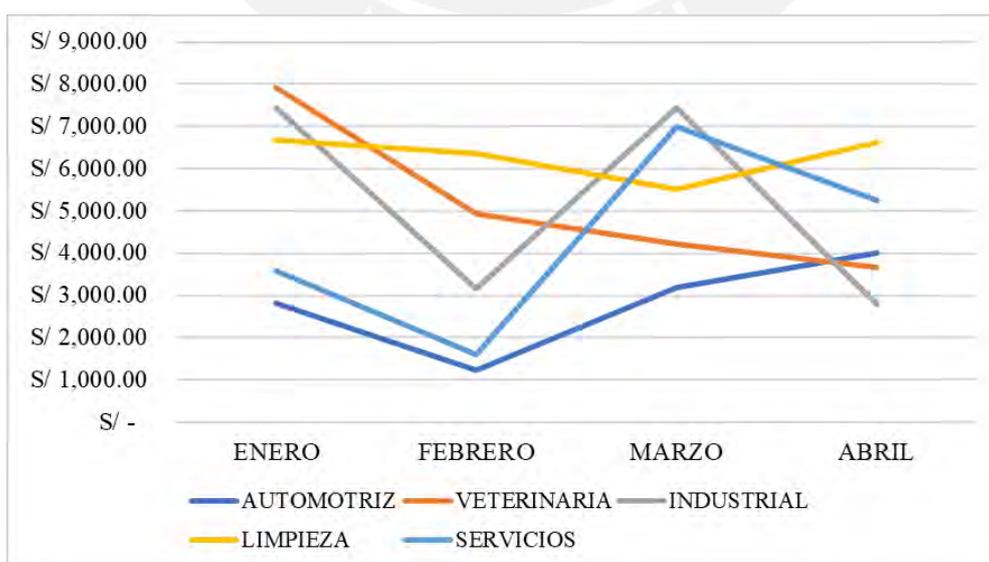


Figura 18. Ventas de cada familia de productos durante Enero- Abril

Fuente: La empresa

Tabla 3. Ventas mensuales de cada familia de producto

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	
CAR WASH	S/ 2,809.03	S/ 1,231.79	S/ 3,191.67	S/ 4,011.12	S/ 11,243.61
VETERINARIA	S/ 7,924.22	S/ 4,935.55	S/ 4,220.87	S/ 3,654.66	S/ 20,735.30
INDUSTRIAL	S/ 7,435.72	S/ 3,146.36	S/ 7,450.99	S/ 2,789.40	S/ 20,822.47
LIMPIEZA	S/ 6,668.17	S/ 6,355.90	S/ 5,501.08	S/ 6,617.37	S/ 25,142.51
SERVICIOS	S/ 3,570.68	S/ 1,599.69	S/ 7,000.65	S/ 5,250.08	S/ 17,421.10

Fuente: La empresa

Los resultados que se muestran en la figura 19 y en la Tabla 3 confirman lo dicho por la empresa, esto quiere decir que la familia de productos más representativo es la de limpieza, la cual conforma el 26% de las ventas del total de los cuatro meses.

Por otro lado, cada fila de la Tabla 3, representa las familias de productos con sus respectivas ventas mensuales que se diferencian por su público objetivo y por pocas diferencias en la producción-

Los pedidos, que se captaron en el análisis, se suelen comprar por familia de productos, ya que el destino son empresas de distintos rubros, a diferencia del industrial y de servicio, en el cual se vende en grandes lotes, pero con la distinción que se utiliza recursos y materiales propios por parte de la familia industrial, y materiales que el cliente entrega por parte de la familia de servicios industriales.

De acuerdo al análisis de este punto, se tomará como estudio la familia de productos para limpieza en establecimientos, los cuales tienen mayores volúmenes de venta y de producción de manera constante dentro de los cuatro meses de análisis y de esa manera se encontrará los impactos más importantes que padece la empresa.

3.3. Desarrollo del VSM actual

Después de haber elegido la familia de productos que se va a analizar se procede a realizar el VSM actual de los productos seleccionados con el fin de dar a conocer el flujo de producción de los materiales de manera gráfica y e informativa, además se observará de manera clara los problemas a mejorar identificando las *mudas* dentro del sistema productivo para conseguir la eliminación de éstos. Otro objetivo del VSM es reducir el lead time para aumentar el volumen de producción y mejorar la satisfacción del cliente. Cabe señalar que se realizará dos VSM debido a que la empresa se dedica a dos sectores muy distintos, por ello se tomará en cuenta al armado de las plantas de tratamiento de agua dentro de este estudio.

Los datos del VSM son recopilados mediante la observación de la producción y con la confirmación del administrador que dio la información de inventarios y tiempos que no se podía conseguir mediante la observación. El programa de producción es semanal, pero se ajusta de manera diaria ya que existe la

posibilidad de que aparezca un pedido urgente o de un cliente principal que se provoque la alteración del programa y por otros problemas como falta de insumos y muy pocas veces por falta de personal, lo cual hace inestable y discontinuo el sistema productivo.

La información necesaria de las casillas de datos será colocada de manera simultánea con los íconos del *Value Stream Mapping* mostrados en la figura 19 y figura 20, que se generará de acuerdo a los puntos que se explicarán a continuación.

La llegada de los insumos y envases necesarios para los productos se realizan mediante camiones y éstos son almacenados en el primer piso. Para el caso de los equipos de tratamiento de agua llegan mayormente mediante la importación de éstos, de los cuales se almacenan en el primer piso de la planta los que se necesitan de manera inmediata sino se colocan en un almacén cerca de la empresa, la cual es propiedad de ésta. El tiempo de almacenaje es de un mes para los insumos de limpieza y dos meses para los equipos de saneamiento. Se tomará en cuenta este tiempo como improductivo, esto es que no genera valor.

Los tiempos de valor agregado (TVA) y tiempos que no dan valor (TNVA) son calculados dentro de la figura 19 y figura 20 con los tiempos obtenidos de acuerdo a la observación e información adquirida de los trabajadores. Los procesos de cada familia de estudio poseen tiempos de preparación, utilización y disponibilidad que son recolectados por el administrador de la planta. Respecto a la familia de productos de limpieza, el tiempo de valor agregado es de 4.7 horas y para los equipos de tratamiento de agua es de 13.5 días; en cambio, el TNVA es de 9 días, para el primero y 5 días, para el segundo. Además, se tiene un lead time de 7.4 días, del primero y 24 días, respecto a la familia de saneamiento. EL volumen de producción durante el periodo tomado en análisis en el VSM es de un bidón de 20 litros y la de un equipo de saneamiento respectivamente.

El *takt time* quiere decir el tiempo que se produce dependiendo de las necesidades del cliente, es decir la demanda. Ésta se determina mediante la relación entre la cantidad de tiempo disponible para el producto y la cantidad total que se necesita para satisfacer la demanda durante un periodo determinado.

En la empresa el tiempo de producción disponible diario es de 32400 segundos que multiplicados por el 26% representa el tiempo disponible de producción de la familia de estudio, lo cual da como respuesta a 8424 segundos y una cantidad necesaria durante el periodo igual a 5 bidones de 20 L. Por otro lado, la del sector de saneamiento el *takt time* es muy complicado de observar ya que los tiempos productivos son muy largos. De acuerdo a los datos determinantes se encontró que el *takt time* es de 1648,8 segundos lo que equivale a lo más 28 minutos.

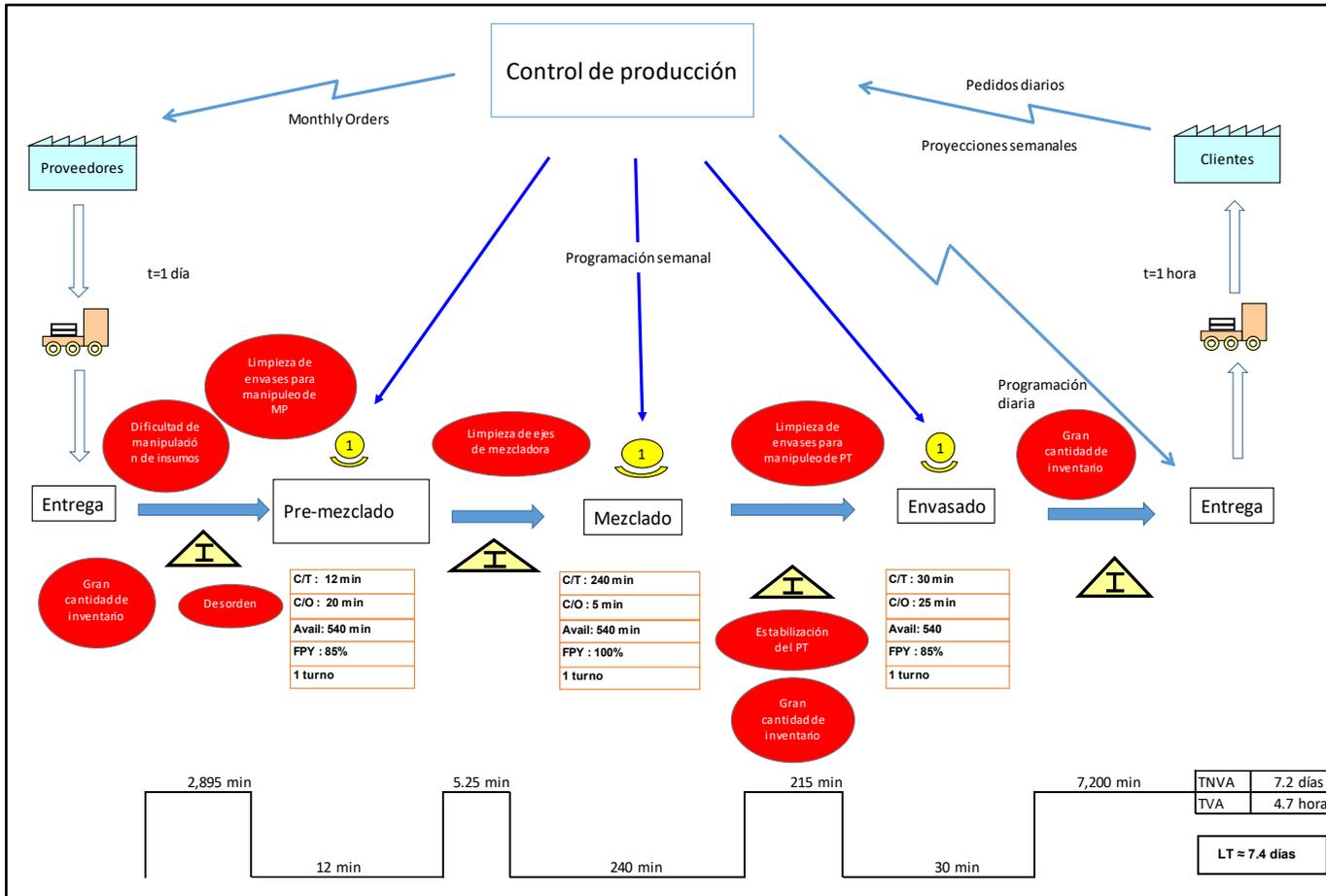


Figura 19. Value Stream Mapping de la familia de productos para limpieza en establecimientos.

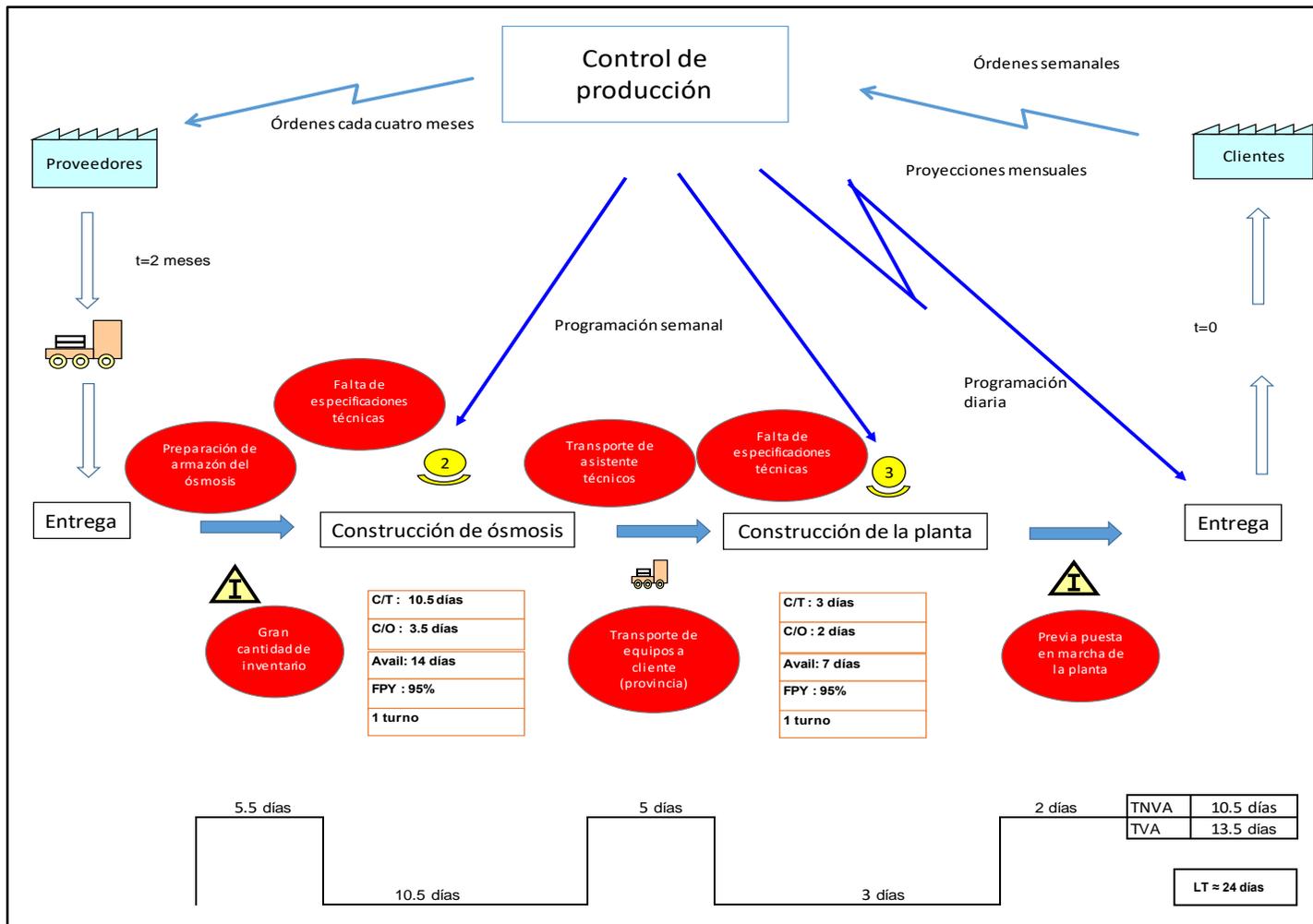


Figura 20. Value Stream Mapping de la construcción de la planta de tratamiento de agua

A continuación, se procederá a identificar los desperdicios que se pueden observar dentro de los dos gráficos anteriores, en los cuales se aplicará las principales herramientas de *Lean Manufacturing* para el desarrollo de mejoras dentro de los procesos de estudio.

3.4. Identificación de desperdicios que se observan en el VSM actual

De acuerdo con la figura 19 y figura 20 se evidenciará los más primordiales desperdicios que perjudica la fabricación de la familia de productos para limpieza de establecimientos y para la construcción de plantas de saneamiento, esto con el fin de suprimirlos, pero si no se logra el objetivo, tratar de minimizar las consecuencias que ellos provocan en el sistema productivo, compras y ventas. Luego se detallará las causas raíz de los principales desperdicios de la empresa a través del diagrama Causa-Efecto para ello se elegirá los principales problemas y luego se tomará las principales causas a través de una matriz de enfrentamiento.

A través de la exclusión de los desperdicios a través de las herramientas de *Lean Manufacturing* se puede lograr un mejor posicionamiento del mercado ya que se mejorará en la producción y habrá una mejor cultura y clima organizacional por todo el proceso que sigue para su implementación. De esa manera se satisface todas las entidades que se encuentran en nuestro entorno dentro y fuera de la empresa.

Se detallará los desperdicios evidenciados en los mapas de flujo de valor,

Sobreproducción

La empresa no posee un área de planeamiento definido, por ello las programaciones no son fijas y pueden cambiar diariamente, según las prioridades que se tenga con los clientes. Esto ocasiona disturbios entre el asistente de producción y el supervisor y con frecuencia provoca producción innecesaria de productos por la deficiente información.

Tiempo de espera

Durante el proceso de mezclado el operario espera que acabe el proceso lo cual dura entre las 3 a 4 horas debido a que se espera que el producto tenga un espesor adecuado y a la vez evitar la aparición de espumas ya que ésta hace que la capacidad del envase sea menor por el volumen que ocupa.

Al inicio del turno se realiza la adición de los insumos y pesaje de cada uno dentro de un barril y la máquina espera que eso concluya para comenzar a producir, lo cual hace que aparezca tiempos improductivos de las máquinas e incluso a veces no se utiliza las tres mezcladoras debido a que está dispuesta para un tipo de producto específico que no siempre está muy demandado.

Otro problema que se relaciona con este desperdicio es que a veces no se adiciona bien los insumos y se realiza un reproceso, debido a que el color del producto hecho es distinto en diferentes envases lo cual no satisface de la mejor manera a los clientes principalmente cuando hay licitaciones o empresas muy rigurosas con la calidad del producto.

El tiempo que se espera para la construcción de la ósmosis es muy grande dado que se realiza primero el armazón de éste, lo cual provoca demoras por la búsqueda de técnicos especialistas en ello y que tengan disponibilidad durante ese periodo.

Transportes y movimientos innecesarios

Los insumos provienen en barriles y esto provoca mayor dificultad en la manipulación de éstos debido a que el sistema productivo se realiza en segundo piso y los proveedores dejan todo lo necesario para la fabricación del producto en el primer piso. Por ello, primero se realiza un envasado en recipientes que se puedan manejar con facilidad y se lleva al piso superior.

Existen movimientos innecesarios debido a una mala distribución de la planta como en la adición de los insumos, principalmente el agua destilada que se lleva desde la pequeña planta de saneamiento hasta el puesto de trabajo con una distancia aproximada de 3 metros.

La distancia entre el puesto de trabajo para la adición de insumos y la mezcladora también es muy considerable debido a que tiene que hacer un sobreesfuerzo de llenarlo, llevarlo a la balanza y luego llevarlo a la mezcladora y, por último, el envasado se realiza en la misma zona de trabajo de la adición de insumos lo cual se tiene que proceder a vaciar con una jarra el barril y llenarlo al envase lo cual no es muy ergonómico.

Los transportes de los equipos hasta el lugar de la construcción de la planta de saneamiento son demasiado largos dado que mayormente los clientes se ubican en provincias. Además, se incluye el transporte de los asistentes técnicos que van a construir la planta. Éstos van luego de que el cliente confirme la recepción de las máquinas enviadas.

Sobreproceso

El tiempo que se demora en limpiar el eje de la mezcladora para el cambio de producto hace que aparezca tiempos improductivos durante el turno de trabajo. Esto se realiza cada 5 horas después del envasado de los productos o si es necesario el cambio de producto dentro de la mezcladora para que el anterior se aliste para el envasado.

La falta o las distintas especificaciones técnicas que poseen los especialistas dentro de la construcción de saneamiento provocan distintos tiempos de desperdicio que atrasa la entrega del producto.

Exceso de inventarios

El exceso de espacio ocupado por parte de los envases que son comprados al por mayor, dificulta la movilización de la planta. Esto se realiza dado que se produce menores costos al por mayor pero no se cuantifica el costo de posesión de inventario.

Existe un almacén cerca de la empresa donde se guarda los equipos importados para la planta de tratamiento lo cual no hay control de inventario y debido a que poseen mayor duración no tienen una política de flujo de inventario y no consideran la depreciación de éstos.

Defectos

No hay un control de calidad específico durante la fabricación de los productos de limpieza lo cual ocasiona que la calidad sea diferente en los distintos envases y presentaciones de un mismo producto. Esto hace que se vuelva a realizar esos productos ya que existen clientes muy exigentes con la calidad de éstos, principalmente en la uniformización de los colores.

Esto sucede de igual forma en la construcción de las plantas, pero con menos frecuencia ya que los técnicos son más especializados y experimentados que tratan de arreglar sus errores lo más inmediato posible.

Elección de los principales problemas

Aquí se escogerá los principales problemas que tiene la empresa y que se puede visualizar en el VSM actual para cada familia de productos que se está analizando en este punto.

Familia de productos de limpieza de establecimientos

Para esta familia se tomó los desperdicios que se encontraban dentro de los *lead times* más críticos y que pueden ser controlados por la misma empresa.

Como se puede ver en la Tabla 4, se escoge los tiempos de preparación de la adición de insumos debido a que ese tiempo es bastante considerable y uno de los más críticos. Dentro de ese tiempo se tomará el desperdicio de movimientos innecesarios como la dificultad de manipulación de los barriles de insumos. El desorden dentro de la distribución del sistema productivo que provoca transportes innecesarios de insumos. Las limpiezas que abarcan distintas operaciones de la producción hacen que sea muy crítico esta *muda*. Por último, se eligió la estabilización debido a que no toma mucho tiempo en esperar el producto hasta el envasado. Los desperdicios de limpieza y manipulación seleccionados en la Tabla 4 serán tomados como un solo problema la cual es falta de método en la preparación del trabajo.

Cabe señalar que se observa en la tabla porcentajes mayores de inventario, pero esto sucede debido a que la producción es lenta y existe un solo operario (asistente de producción) que se encarga de este proceso y esto se debe a que los administradores dan un tiempo de entrega mayor al cliente sin darse cuenta que su capacidad de producción y su producción real son inferiores al estar paradas dos de las tres mezcladoras en la mayoría de los días de producción.

Tabla 4. *Desperdicios de familia de limpieza*

Desperdicios	Tiempos (min)	%
Gran cantidad de inventario de MP e insumos	2,870	28%
Desorden	10	0.10%
Dificultad de manipulación de insumos	8	0.08%
Limpieza de envases de manipuleo de MP	7	0.07%
Limpieza de ejes de mezcladora	5	0.05%
Limpieza de envases de manipuleo de PT	5	0.05%
Estabilización del PT	210	2.04%
Inventario de PT	7200	69.80%
Total	10,315	100%

Planta de tratamiento de agua

Se elige los desperdicios que afectan de manera crítica al flujo de valor que se muestra en el VSM respectivo y que pueda controlar la empresa (Figura 3.4). En la Tabla 5 se muestra los desperdicios de esta familia de productos.

Se eligió el desperdicio de inventario inicial debido a que estos equipos son almacenados de manera aleatoria sin conocimiento de política de inventario ni alguna gestión o control de éste. Otro punto fue la de preparación de armazón de la ósmosis, lo cual se terceriza ya que no hay conocimiento de esta labor por parte de los técnicos de las empresas, lo cual hace que se espere la disponibilidad de estas personas. El transporte de asistentes técnicos especializados ya que la construcción de la planta se hace en lugares alejados y se espera la confirmación de la recepción de equipos como se mencionó en puntos anteriores.

Cabe señalar que no se eligió el transporte de equipos al cliente debido a que esto no puede ser controlado en su totalidad por la empresa debido a la lejanía de los establecimientos donde se situará la planta. Además, no se elige el desperdicio del tiempo que no utiliza el cliente la planta (Tiempo previo puesta en marcha) ya que esta no es controlada por la empresa.

Matriz de enfrentamiento

Para obtener el origen de los problemas se utiliza una lluvia de ideas (*brainstorming*) para seleccionar las causas más críticas ante los desperdicios hallados dentro del sistema productivo.

Tabla 5. *Desperdicios de la familia de saneamiento*

Desperdicios	Tiempos (días)	%
Gran cantidad de equipos de saneamiento	2	16.0%
Preparación de armazón de la ósmosis	3	24.0%
Falta de especificaciones técnicas	0.5	4.0%
Transporte de equipos al cliente	3	24.0%
Transporte de asistentes técnicos especializados	1.5	12.0%
Falta de especificaciones técnicas	0.5	4.0%
Previa puesta en marcha	2	16.0%
Total	13	100%

Familia de productos de limpieza para establecimientos

- Problema 1: Método de preparación de trabajo
- Problema 2: Desorden en la distribución de planta
- Problema 3: Estabilización de PT

En la Tabla 6 se observa las causas que provoca los problemas mencionados, estos fueron recolectados de la entrevista con el administrador.

Tabla 6. *Causas posibles de los problemas en la familia de limpieza*

Problemas	Causas
Método de preparación de trabajo	-No hay optimización de las actividades en durante el <i>set up</i> . -No hay estandarización en las actividades. -No hay cantidad suficiente de envases de manipuleo. -Insuficiencia de operarios (1 persona)
Desorden en la distribución de planta	-Barriles de insumos o de productos terminados que quedaron de stock. -Lejanía de MP hacia el puesto de trabajo. -Pocas máquinas.
Estabilización de PT	-Falta de optimización de la actividad. -Excesivo uso de insumos viscosos. -Mal uso de envases por parte de los operarios.

Posterior a la identificación de las causas se deberá elegir la causa más crítica, por ello se escoge un criterio para esta elección.

Los criterios que se van a emplear dentro del análisis son dados por el administrador de los productos de limpieza (Tabla 7).

Tabla 7. *Criterios para el análisis*

Criterio seleccionado por la empresa	Motivo de la elección
Demoras entre procesos	Provoca menor producción.
Gran cantidad de merma y desperdicio	Desaprovechamiento de insumos y MP.
Mayores costos	Errores de producción, falta de normalización y tiempos improductivos.

El puntaje dentro de la matriz de evaluación será de 1 a 5, en el cual 1 significa que la causa afecta, en un nivel bajo el problema y la 5, quiere decir que la causa es la más primordial respecto al enfoque o criterio.

Por último, se hallará el promedio para obtener la causa de mayor importancia y asignarla a su respectivo problema. La Tabla 8 muestra la matriz de enfrentamiento con los criterios escogidos.

Tabla 8. *Matriz de enfrentamiento para la familia de limpieza*

Causas	Mayor costo	Exceso Desperdicio	Espera	Promedio
No hay optimización de las actividades en durante el set up.	4	2	3	3.00
No hay estandarización en las actividades.	3	2	2	2.33
No hay cantidad suficiente de envases de manipuleo.	3	1	4	2.67
Insuficiencia de operarios (1 persona).	3	2	5	3.33
Barriles de insumos o de productos terminados que quedaron de stock.	5	1	4	3.33
Lejanía de MP hacia el puesto de trabajo.	2	3	4	3.00
Pocas máquinas	3	1	3	2.33
Falta de optimización de la actividad.		2	4	3.00
Excesivo uso de insumos viscosos.	3	3	2	2.67
Mal uso de envases por parte de los operarios.	3	4	4	3.67

En la Tabla 9, se muestra los resultados de la matriz de enfrentamiento, que son las causas de cada problema de la familia de limpieza con mayor puntaje obtenido.

Tabla 9. *Causas escogidas para la problemática en la familia de limpieza*

Problemas	Causa más importante
Método de preparación de trabajo	Insuficiencia de operarios (1 persona).
Desorden en la distribución de planta	Barriles de insumos o de productos terminados que quedaron de stock.
Estabilización de PT	Mal uso de envases por parte de los operarios.

Planta de tratamiento de agua

- Problema 1: Gran cantidad de equipos de saneamiento.
- Problema 2: Preparación de armazón de la ósmosis.
- Problema 3: Transporte de asistentes técnicos especializados.

A continuación, se muestra en la tabla 10 las posibles causas ante estos problemas para la producción de plantas de tratamiento de agua.

Tabla 10. *Causas respecto a los problemas dentro de la familia de saneamiento*

Problemas	Causas
Gran cantidad de equipos de saneamiento.	-No hay registro de nivel de inventario actual. -No existe una política de inventario definido. -Falta de planeación en el ingreso de los equipos (tiempo y cantidad). -No hay comunicación activa con los proveedores.
Preparación de armazón de la ósmosis.	-Exceso de tiempo para encontrar técnicos especialistas. -Falta de operarios especializados. -Errores dentro de la preparación.
Transporte de asistentes técnicos especializados.	-Exceso de tiempo de espera de confirmación de la recepción de equipos. -Desconfianza de técnicos de los lugares de la construcción de planta. -Cantidad de operarios limitados.

Con respecto a los criterios, se tomará los propuestos en la Tabla 7, debido a que el administrador de la parte de saneamiento está de acuerdo con ese análisis.

El puntaje dentro de la matriz de enfrentamiento (Tabla 11) va a ser la misma que se explicó para la matriz de la familia de limpieza para establecimientos (1 a 5), además de la elección de las causas será por el promedio de puntaje al igual que la matriz anterior.

Tabla 11. *Matriz de enfrentamiento para la familia de saneamiento*

Causas	Mayor costo	Exceso Desperdicio	Espera	Promedio
No hay registro de nivel de inventario actual.	4	2	3	3.00
No existe una política de inventario definido.	5	2	3	3.33
Falta de planeación en el ingreso de los equipos (tiempo y cantidad)	4	2	2	2.67
No hay comunicación activa con los proveedores.	2	1	4	2.33
Exceso de tiempo para encontrar técnicos especialistas.	5	1	4	3.33
Falta de operarios especializados.	5	1	2	2.67
Errores dentro de la preparación.	3	2	2	2.33
Exceso de tiempo de espera de confirmación de la recepción de equipos.	5	2	5	4.00
Desconfianza de técnicos de los lugares de la construcción de planta.	4	2	3	3.00
Cantidad de operarios limitados.	5	2	3	3.33

En la Tabla 12, se muestra los resultados de la matriz con las causas de mayor puntaje asignados a los problemas que afectan.

Tabla 12. *Causas elegidas para la problemática de la familia de saneamiento*

Problemas	Causa más importante
Gran cantidad de equipos de saneamiento.	No existe una política de inventario definido.
Preparación de armazón de la ósmosis.	Exceso de tiempo para encontrar técnicos especialistas.
Transporte de asistentes técnicos especializados.	Exceso de tiempo de espera de confirmación de la recepción de equipos.

Diagramas de Causa-Efecto

Se realizará el diagrama de *Ishikawa* para encontrar las causas raíces de los principales problemas que padecen las dos familias de estudio.

Familia de productos de limpieza para establecimientos

Se desarrolla los diagramas de *Ishikawa* para cada problema de esta familia.

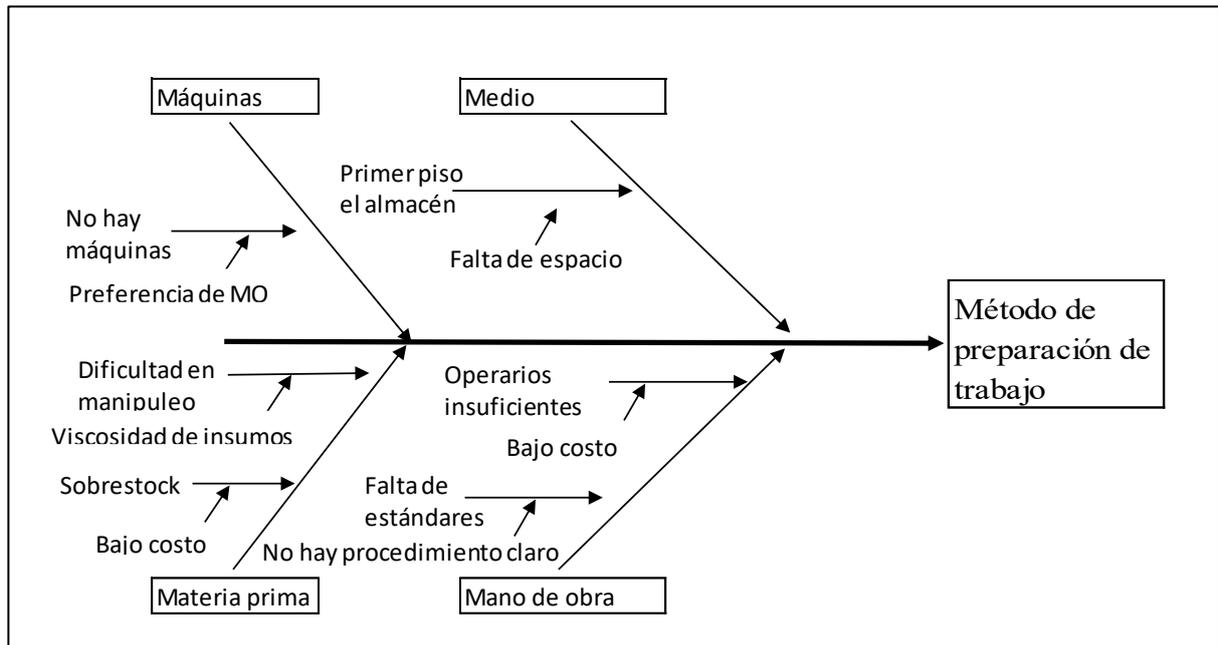


Figura 21. Diagrama Causa Efecto de Método de preparación de trabajo

En la figura 21, como principal causa está la insuficiencia de operarios lo cual ayudaría en las actividades de la preparación de cada proceso dentro de la producción de la familia de productos de limpieza para establecimientos. Esto aumentaría el costo de mano de obra, pero reduciría el *set up* y gran parte en el flujo de valor, lo cual compensaría este costo.

Otra gran causa es la dificultad de manipuleo ya que esta es generada por la viscosidad de uno de los insumos para la producción de esta familia. Los cual provoca movimientos innecesarios del asistente de producción para conseguir el llenado desde un barril a un envase mediano.

Otra causa es el espacio distribuido dentro de la empresa ya que el almacén de estos barriles se encuentra en el primer piso y la producción de esta familia se realiza en el segundo piso. Se hizo tal distribución debido al espacio que tiene la planta.

En la figura 22, se detalla una principal causa, ésta es el inventario innecesario de los insumos los cuales se encuentran esparcidos dentro de los puestos de trabajo al igual que los barriles de sobrestock de los productos terminados lo cual no llena todo el barril, pero ocupa un gran espacio dentro de la zona de producción. Esto genera movimientos innecesarios por parte del operario.

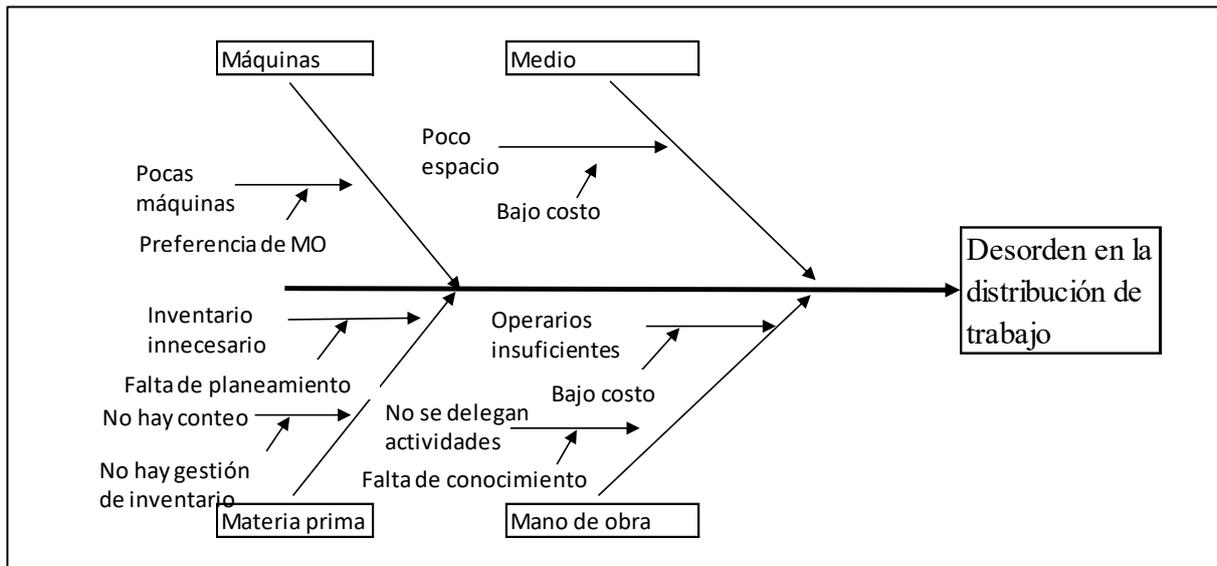


Figura 22. Diagrama Causa Efecto de Método del desorden en la distribución de trabajo

Otra causa importante es el poco espacio que posee la zona de producción para este inventario lo cual genera también transportes innecesarios de materia prima, el cual es el agua destilada que se encuentra alejada al puesto de trabajo de la adición de insumos y materia prima.

Se repite la causa de operarios insuficientes debido que éste podría ayudar con el desorden y con los transportes ya que la redistribución sería de mucha complejidad debido a los costos incurridos a nuevas conexiones que se deberían hacer.

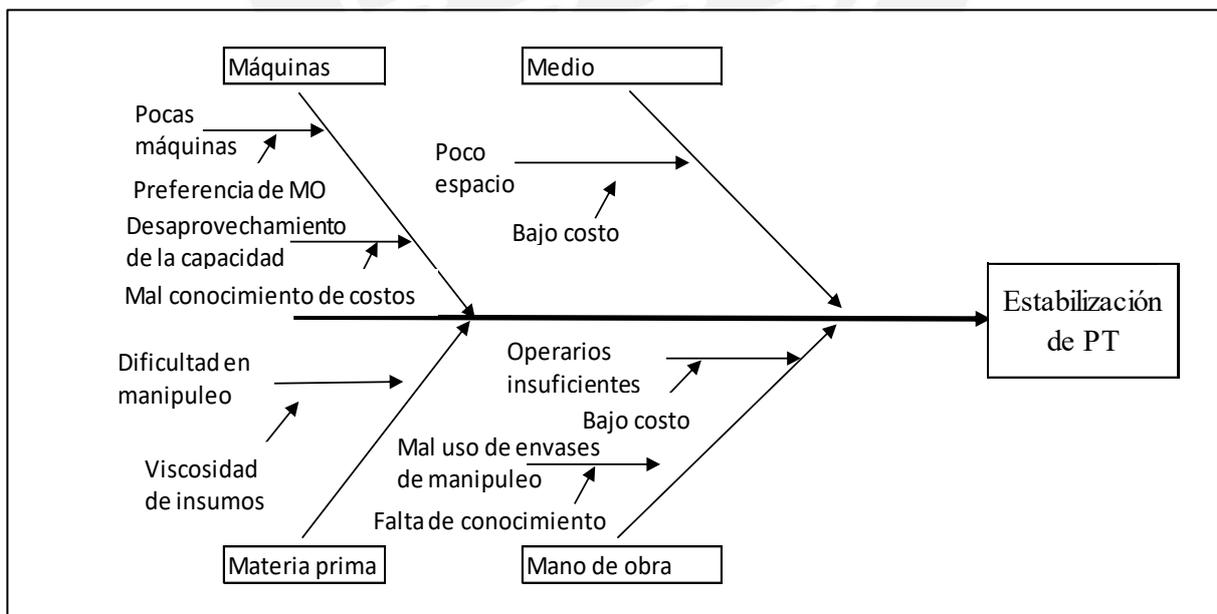


Figura 23. Diagrama Causa Efecto de Estabilización de PT

En la figura 23, se muestra la principal causa, ésta es el mal uso de envases de manipuleo ya que no hay conocimiento de estandarización de las actividades y esta manipulación mal realizada provoca que el tiempo de estabilización sea mayor.

Otra causa importante es la dificultad de manipular insumos viscosos ya que esto puede provocar mayor desestabilización ante una mal acción y se puede desperdiciar materia prima.

Otra causa que se menciona en el diagrama es la falta de uso de todas las máquinas debido a que hay un solo operario y que cada mezcladora está designada para cierta familia de productos lo cual impide un mejor funcionamiento.

Planta de tratamiento de agua

Se realiza los diagramas *Ishikawa* para cada problema de la familia de saneamiento.

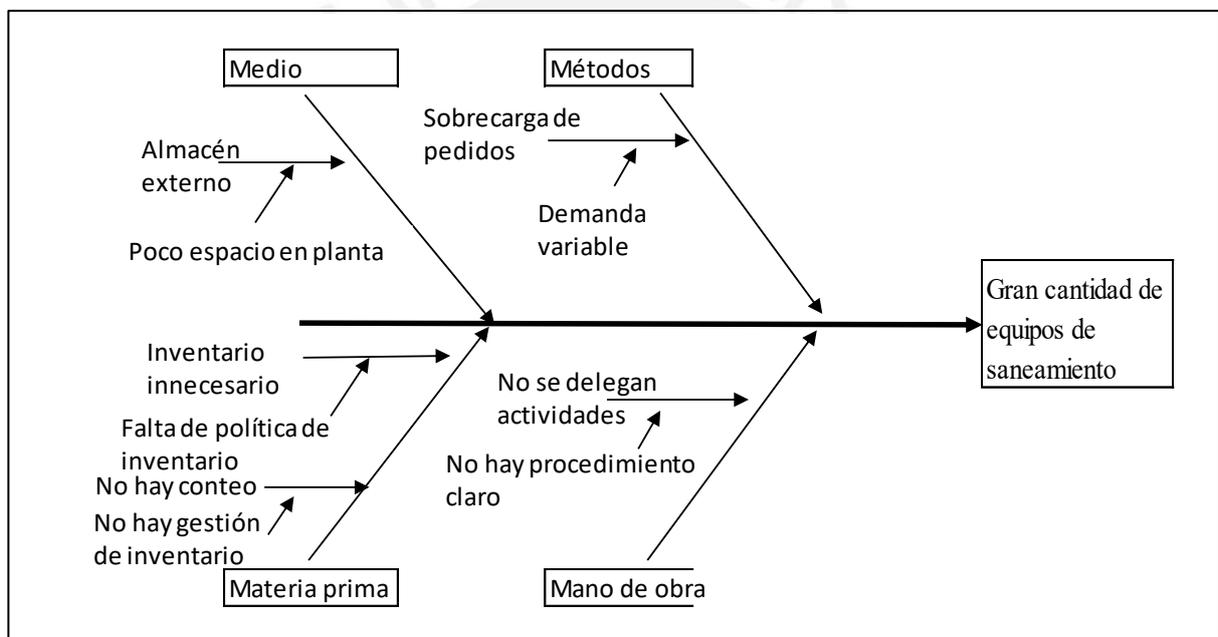


Figura 24. Diagrama Causa Efecto de Gran Cantidad de equipos de saneamiento

La principal causa mencionada en la figura 24 es la de inventario necesario debido a que existe un almacén externo que contiene los equipos traídos de la importación. Además, se explica que falta una política de inventario debido a que no se controla la utilización de los equipos respecto a su orden de llegada al almacén lo cual probablemente pueda causar que los equipos se deterioren.

Existe una sobrecarga de pedidos debido a los bajos costos de acuerdo a la cantidad comprada, además de poseer una demanda muy variable.

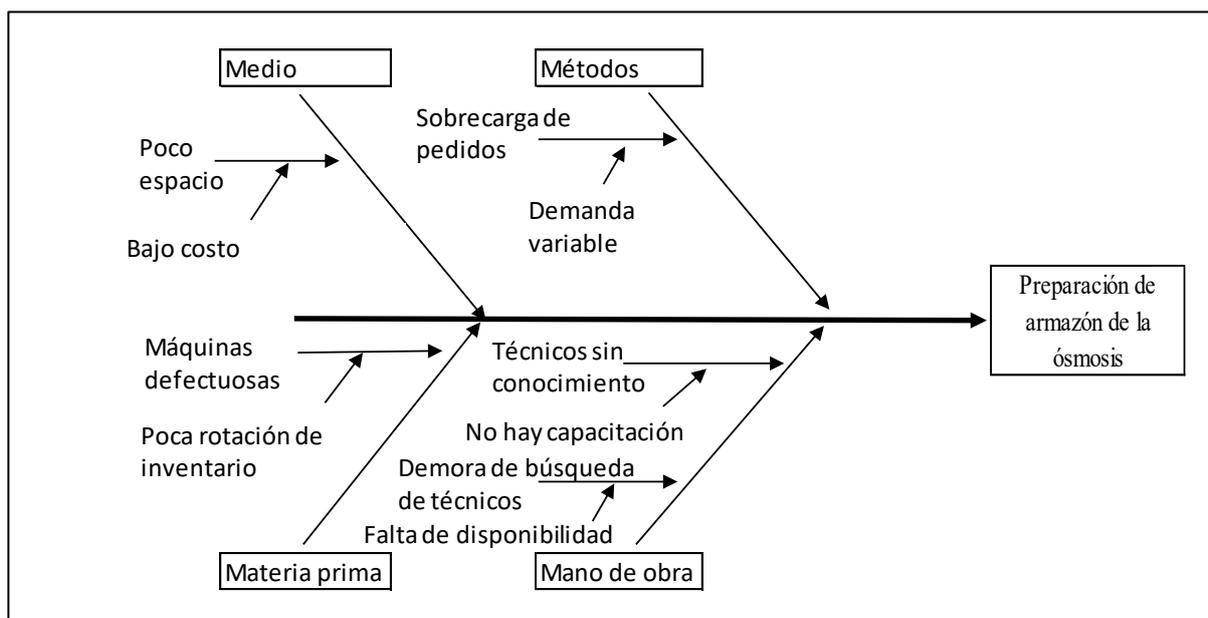


Figura 25. Diagrama Causa Efecto de Preparación del armazón de la ósmosis

La figura 25 muestra las principales causas del problema de preparación de armazón de la ósmosis. La principal es la espera de encontrar técnicos disponibles para esta actividad lo cual lleva a un tiempo improductivo.

Otra causa importante es que los técnicos de la empresa no tienen conocimiento para esta labor debido a que se especializan en otra operación y por la falta de capacitación que no provee la empresa. Esto provoca a que busque especialistas afuera lo cual toma su tiempo. Estos no pueden ser contratados debido a que su labor es interrumpida y quedaría espacios de tiempo ociosos, lo cual generaría mayores costos.

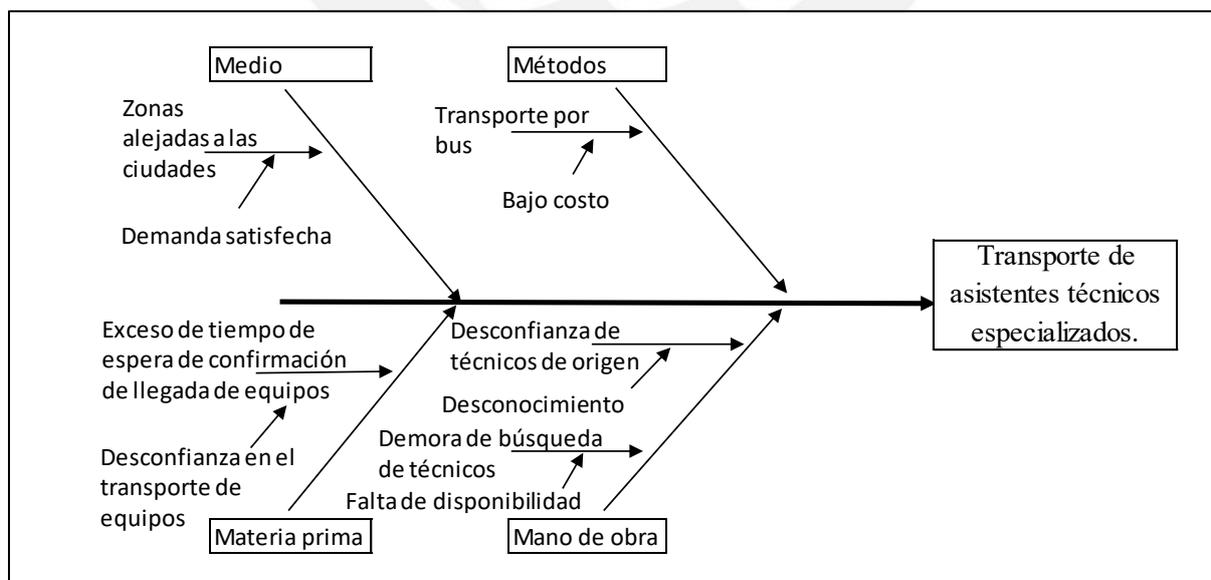


Figura 26. Diagrama Causa Efecto de Transporte de asistentes técnicos especializados

La figura 26 muestra las causas ante la problemática del transporte de asistentes técnicos especializados. Uno de los principales es el exceso de tiempo de espera de confirmación de llegada de los equipos de tratamiento de agua, Esto debido a que ha pasado muchas veces que el transporte no llegó o que se equivocaron de RUC y ocasionó tiempos improductivos mayores incluso con el contrato de expertos que no realizaban su labor hasta que el equipo esté listo.

Otra causa es la desconfianza de la empresa en contratar técnicos que se encuentran cercanos al lugar donde van a colocar la planta de saneamiento. Esto debido a que no creen en el conocimiento de éstos comparando con un experimentado de la ciudad.

En la Tabla 13, se muestra un resumen de las causas raíces de los problemas de cada familia.

Tabla 13. *Causas raíz de los problemas de estudio*

Familia	Problema General	Causa Raíz
Familia de productos de limpieza para establecimientos	Método de preparación de trabajo	Insuficiencia de operarios (1 persona).
	Desorden en la distribución de planta	Barriles de insumos o de productos terminados que quedaron de stock.
	Estabilización de PT	Mal uso de envases por parte de los operarios.
Planta de tratamiento de agua	Gran cantidad de equipos de saneamiento.	No existe una política de inventario definido.
	Preparación de armazón de la ósmosis.	Exceso de tiempo para encontrar técnicos especialistas.
	Transporte de asistentes técnicos especializados.	Exceso de tiempo de espera de confirmación de la recepción de equipos.

Cabe mencionar que existe otra causa muy importante, pero se escapan del control de la empresa o no son tan críticos como los escogidos. Uno de ellos es la falta de logística de inventarios dentro de la empresa lo cual ayudaría en la disminución de costos de posesión de inventarios y de menores órdenes de pedidos relacionados a los productos de análisis. Otro es la mala distribución de la planta lo cual conlleva a generar movimientos y transportes innecesarios pero que no se puede controlar debido a las conexiones que se tiene dentro de la empresa.

En resumen, las causas halladas en el matriz de enfrentamiento son las mismas que en el diagrama causa-efecto ya que son los más críticos para el flujo de valor en el sistema productivo. Estas causas se pueden apreciar en la Tabla 13.

3.5. Identificación de métricas de *Lean*

Luego de haber detallado los desperdicios de la empresa hallados en los VSM's realizados en la Figura 3.3 y Figura 3.4, se continúa con las métricas *Lean* que nos ayudará a realizar el VSM futuro para cada familia de productos en análisis.

Las métricas que mejor se adaptan a los problemas de la empresa tienen como origen la realidad del estado actual. De esa manera se muestra las métricas necesarias que se usarán dentro del análisis y luego se elegirá las métricas adecuadas para conseguir nuestros objetivos,

- OEE (Eficiencia global del equipo).
- *Mean Time Between Failures* (MTBF).
- *Mean Time to repair* (MTTR).
- Porcentaje de pedidos de entrega a tiempo
- Tiempo de valor agregado (TVA)

De acuerdo al asistente de producción, supervisor, jefes de áreas y los administradores se eligió las respectivas métricas que van a ser más relevantes para el análisis de la empresa. Esto se detallará en los siguientes párrafos.

El ratio de MTBF se consiguió de manera que se calcule la relación entre los tiempos totales de operación y el número de fallas de las máquinas que son utilizados en el sistema productivo. El tiempo de operación que se analizó, es de un mes. Se determinó que las únicas máquinas de las empresas necesarias son las mezcladoras ya que el resto de la fabricación de la familia de limpieza se realiza de manera manual y para la construcción de la planta de saneamiento no se dispone de máquinas ya éstas son traídas por los técnicos contratados durante su labor. Los datos fueron captados por la entrevista del asistente de producción. El MTBF total que se muestra en la Tabla 14 es de 72 horas.

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo Total de operación}}{\text{Número de fallas}}$$

Tabla 14. *Cálculo de MTBF*

N	Máquinas	Tiempo de Operación (horas)	Nº de fallas	MTBF (horas)
1	Mezcladora	172.8	6	28.8
2	Mezcladora	172.8	4	43.2
				72

La determinación del MTTR se calcula con los tiempos necesarios de las máquinas necesarias en la producción de la familia de estudio. El tiempo total de restauración de la falla se tomó como análisis la de un mes. Los datos obtenidos fueron captados mediante la entrevista con el asistente de producción dentro de un mes. El cálculo de esta ratio se determinó mediante la división del tiempo total de restauración y el número de fallas dentro de un periodo de análisis (en este caso un mes).

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo Total para Restaurar}}{\text{Número de fallas}}$$

La Tabla 15 muestra al detalle los cálculos de este ratio en las dos mezcladoras lo cual hace un total de 4.5 minutos.

Tabla 15. *Cálculo del MTTR*

N	Máquinas	Tiempo de restauración (minutos)	Nº de fallas	MTTR (minutos)
1	Mezcladora	15	6	2.5
2	Mezcladora	8	4	2
				4.5 min

El OEE es el producto porcentual de la disponibilidad, la eficiencia y la tasa de calidad lo cual resulta la eficiencia productiva de los equipos industriales. Los datos obtenidos en la Tabla 16 han sido proporcionados por el asistente de producción y corroborados por el supervisor de producción.

$$OEE = \text{Disponibilidad} \times \text{Eficiencia} \times \text{Calidad}$$

Tabla 16. *Resumen de los datos necesarios para el cálculo del OEE*

Tiempo disponible	216	Horas
Tiempo de operación	180	Horas
Producción prevista	48	Unidades
Producción real	42	Unidades
Piezas buenas	39	unidades

La disponibilidad de la producción es la relación entre el tiempo en que se opera la producción de todo el proceso para la elaboración del producto y el tiempo total disponible (en este caso la Tabla 6 muestra los datos mensuales).

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo de operación}}{\text{Tiempo disponible}}$$

La eficiencia se calcula mediante la relación de la producción proyectada y la producción real que se tiene para la elaboración de la familia de productos del análisis.

$$Eficiencia = \frac{Producción\ real}{Producción\ prevista}$$

La calidad es hallada mediante la relación entre la producción buena y la producción real. (datos mostrados en la Tabla 6.

$$Calidad = \frac{Producción\ buena}{Producción\ real}$$

La Tabla 17 muestra estos indicadores necesarios para el cálculo del OEE.

Tabla 17. *Resultado de los indicadores para el cálculo del OEE*

Disponibilidad	83.3%
Eficiencia	87.5%
Calidad	92.86%
OEE	67.68%

En la Tabla 18, se muestra el resumen de los indicadores analizados en este punto dentro de los VSM's actuales realizados en los puntos anteriores.

Tabla 18. *Principales métricas para el análisis de las familias de productos*

Métricas	Punto Base
OEE	67.68%
MTTB	72
MTTR	4.5

3.6. Desarrollo de VSM futuro

Después de haber realizado el VSM de las familias de productos y las métricas *Lean*, se comienza a diseñar el VSM futuro (figura 27 y figura 28), mediante ello se logrará una cadena de valor más eficiente y se podrá evidenciar las mejoras en cada operación.

En la figura 27 y figura 28, se puede apreciar el empleo de las herramientas de la filosofía de *Lean Manufacturing* y de esa manera poder reducir o eliminar los desperdicios analizados en este capítulo.

El fin del uso de un VSM futuro busca entender la demanda de las familias en estudio y poder realizar un flujo interno como externo del entorno de la compañía. También provoca mejorar los estándares de calidad de la familia de productos e incluso reducir el tiempo de valor no agregado que la empresa posee, el cual es 7 días para la familia de productos de limpieza para establecimientos y 10.5 días para la familia de saneamiento.

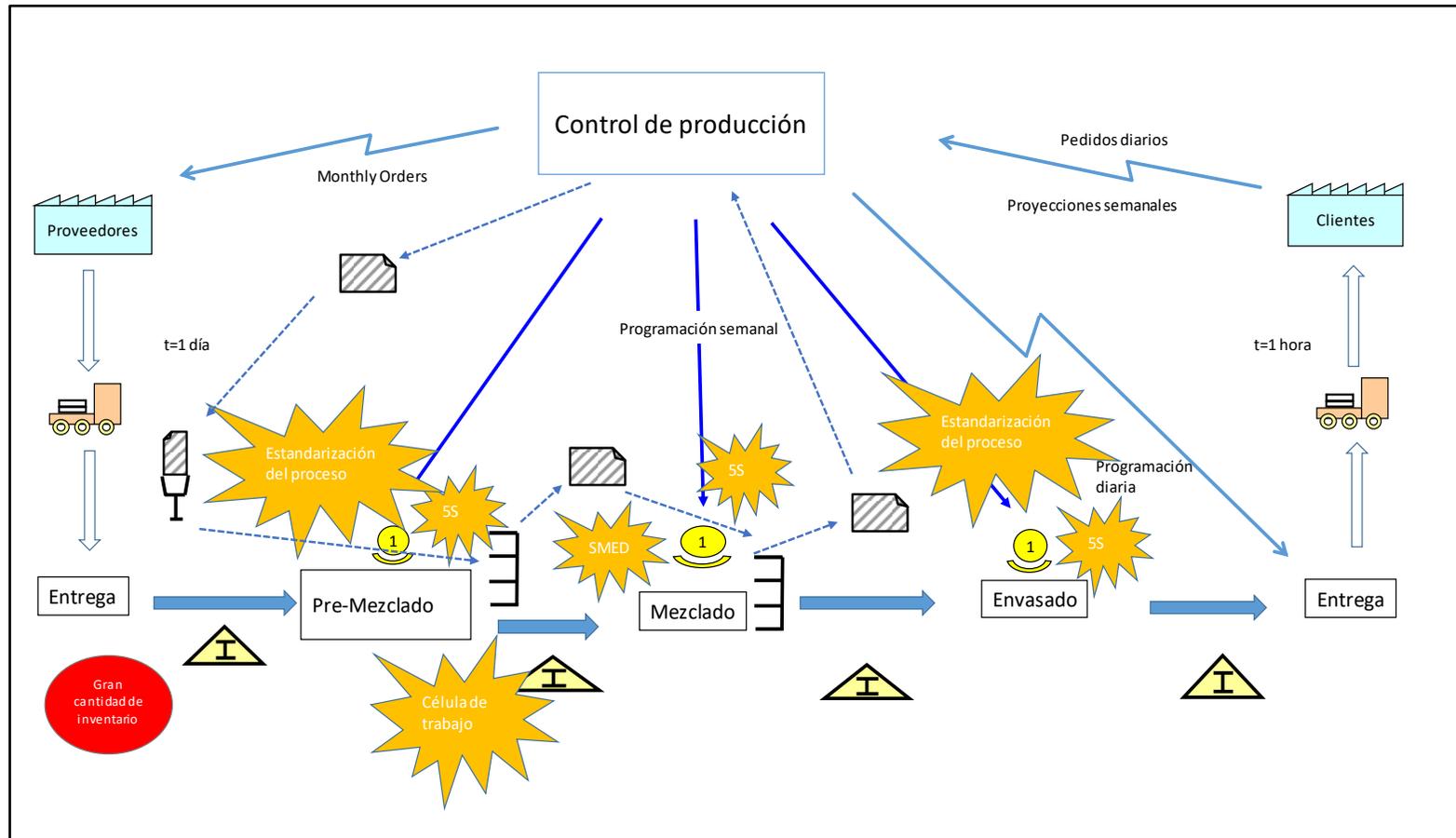


Figura 27. VSM futuro de la familia de productos de limpieza para establecimiento

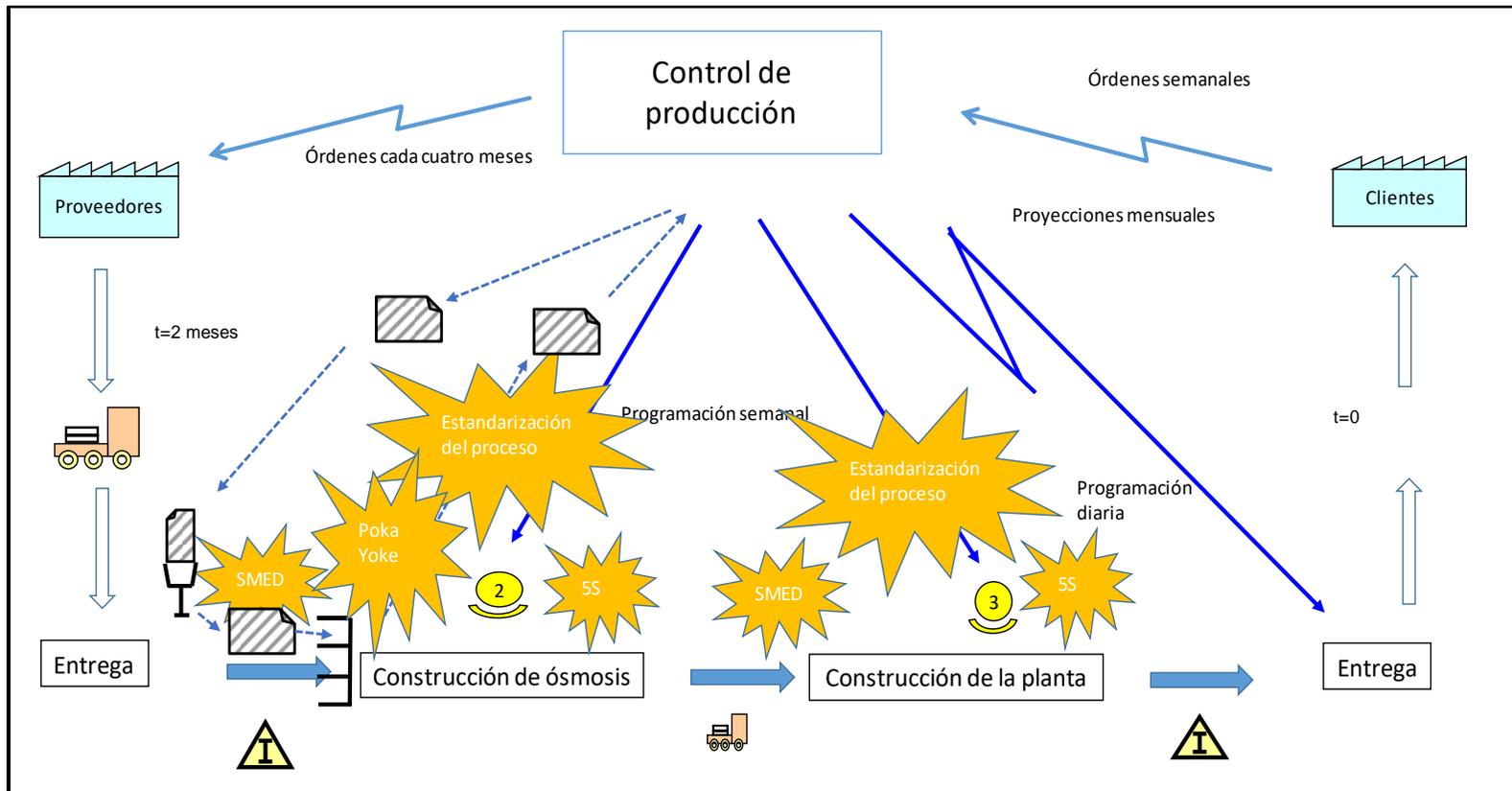


Figura 28. VSM futuro de la familia de saneamiento

3.7. Priorización de herramientas de *Lean Manufacturing*

Luego de la elaboración del VSM futuro se prioriza las herramientas a emplear de acuerdo a los problemas escogidos dentro de este capítulo.

Después del análisis de estos problemas se llega a la conclusión del uso de las herramientas de SMED, 5S's y el *Kanban*. Esto se puede apreciar en la Tabla 19 en la cual se relaciona los problemas con las herramientas a utilizar.

Tabla 19. *Relación de los problemas con las herramientas Lean Manufacturing*

Familia	Problema General	Causa Raíz
Familia de productos de limpieza para establecimientos	Método de preparación de trabajo	SMED, 5S's
	Desorden en la distribución de planta	5S's, <i>Kanban</i>
	Estabilización de PT	5S's
Planta de tratamiento de agua	Gran cantidad de equipos de saneamiento.	<i>Kanban</i>
	Preparación de armazón de la ósmosis.	SMED, 5S's
	Transporte de asistentes técnicos especializados.	SMED, 5S's

CAPÍTULO 4: PROPUESTAS DE MEJORA

La siguiente etapa se explicará cómo se aplicará las herramientas *Lean* a la empresa de acuerdo al análisis y diagnóstico que se expuso en el capítulo anterior.

4.1. Implementación de las 5 S's

Se presentarán las principales consideraciones que se debe tener en cuenta para la adaptación exitosa de las herramientas elegidas dentro de la empresa,

- **Capacitaciones** sobre la filosofía y metodología de *lean manufacturing* a todos los participantes de la empresa desde el gerente general de cada sector de la empresa (productos de limpieza y saneamiento) hasta los operarios que manipulan el producto de manera directa.
- **Grupos de trabajo** conformados por los colaboradores, además de poseer un líder por grupo, éste será seleccionado de acuerdo a sus actitudes y aptitudes desenvueltas dentro de su puesto de trabajo.
- **Metas** que posee la implantación de la filosofía *Lean* dentro de la empresa y el modo en que este modelo se adecúa a las necesidades y problemas de las empresas. Estas deben ser divulgados a todos los participantes de la empresa.

En primera instancia, se implementará en el área de producción de la empresa las herramientas 5S's, *Kanban* y SMED que ayudarán a mejorar la productividad y un positivo cambio organizacional. Luego de varios meses de iniciado el proceso de implementación, se intentará ampliar el foco de análisis a toda la empresa, se puede apreciar algunas mejoras en corto plazo y de esa manera incentivar a las demás áreas.

A continuación, se dará a conocer el modelo a seguir para la implantación de las 5S's que se apoya del autor Mejía (2013), adecuada a la situación actual de la empresa en análisis. Se debe tomar en cuenta que un requerimiento primordial para el pase a la siguiente etapa del modelo es la admisión de la consultoría interna y externa y esta debe tener un puntaje de al menos 75% del total.

Implementación de los Pilares de 5S's

Se presentará los pasos de este modelo,

➤ **Elaboración del Plan de Implementación**

Este paso considera los siguientes ítems:

-Apertura del programa, se desarrollará un curso de introducción y capacitación sobre la filosofía *Lean*, en el que se explica los cinco pilares.

- i.* Determinación de Recursos. Se producirá los materiales para la aplicación de esta herramienta *Lean*.

- ii. Ejecución de la primera S, Clasificación. Se utilizará las tarjetas rojas para la identificación de los componentes innecesarios.
- iii. Desarrollo de la segunda S, Orden. Se realizará estrategias para la reducción de tiempos de búsqueda.
- iv. Ejecución de la tercera S, Limpieza. Se explicará las fases de limpieza aplicadas al área de análisis.
- v. Desarrollo de la cuarta y quinta S, Estandarización y Disciplina. Se detallará normas o estándares para la retroalimentación de la aplicación.

➤ **Lanzamiento del programa**

Este lanzamiento se tendrá como principales organizadores al gerente administrativo del sector de saneamiento y la jefa de logística y contabilidad del sector de productos de limpieza quienes darán una introducción previa a la capacitación dando a conocer lo primordial de ésta. Dicho taller se realizará en cinco horas en la primera semana de la apertura del programa, esto será un sábado por ser el día de menor movimiento en la empresa, y estará responsable de un entendido en *Lean Manufacturing*.

➤ **Planificación**

Se dará una capacitación más aplicada a la empresa con duración de dos horas, el cual será expuesto por el entendido en la aplicación de esta filosofía en el que se detallará la implantación de 5S en el área de producción. En esta etapa debe estar los jefes del área de los distintos sectores de la empresa (productos de limpieza y saneamiento) en la cual se realizarán los recursos necesarios antes de la implementación.

➤ **Establecimiento de la Organización de Promoción de 5S's**

Dentro de la fase de planificación se decidirá quienes conformaran los equipos de trabajo a los que se confiará la promoción y apoyo de la metodología 5S's, debido a que este grupo no solo ayudará en la aplicación dentro del área de producción sino a largo plazo aplicarlo en toda la empresa. El gerente administrativo del sector de saneamiento y la jefa de logística y contabilidad del sector de productos de limpieza serán líderes de los equipos de trabajo en cada sector debido a que son los que permanecen más tiempo en el proceso productivo de la empresa y poseen un alto poder de decisión dentro de la empresa. Además, se nombrará a los facilitadores y los demás integrantes de los equipos de trabajo. La figura 29 y 30 presentará el organigrama de promoción de 5S's de cada sector.

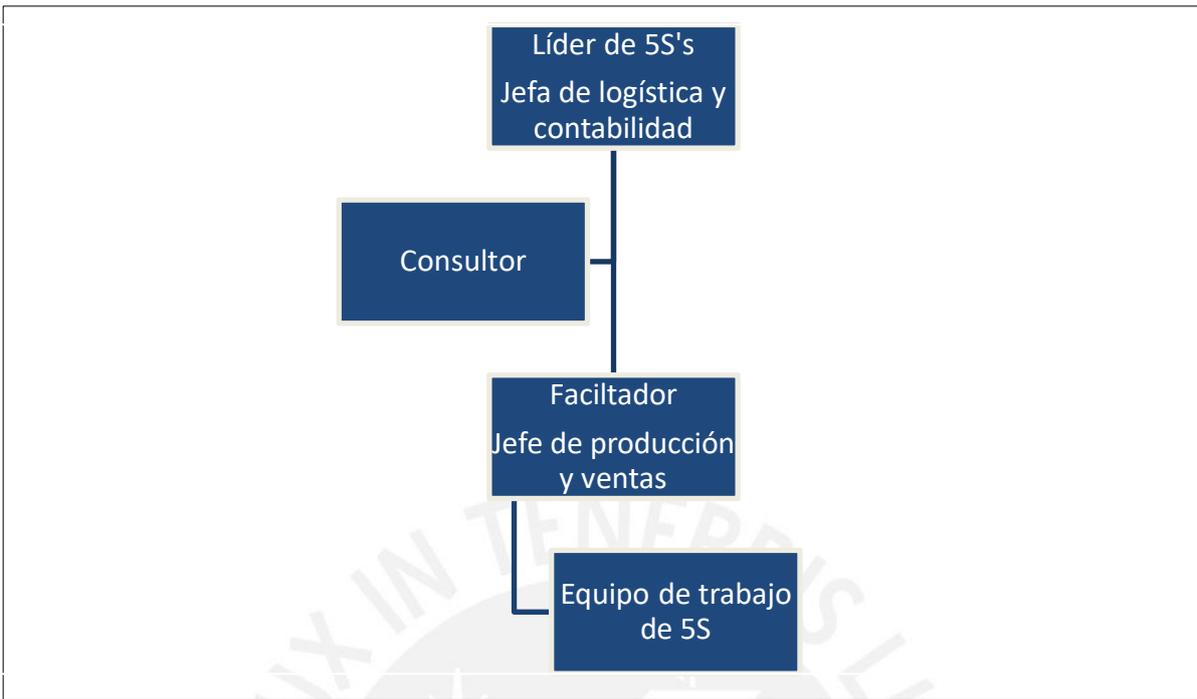


Figura 29. Organigrama de promoción de 5S's del sector de productos de limpieza

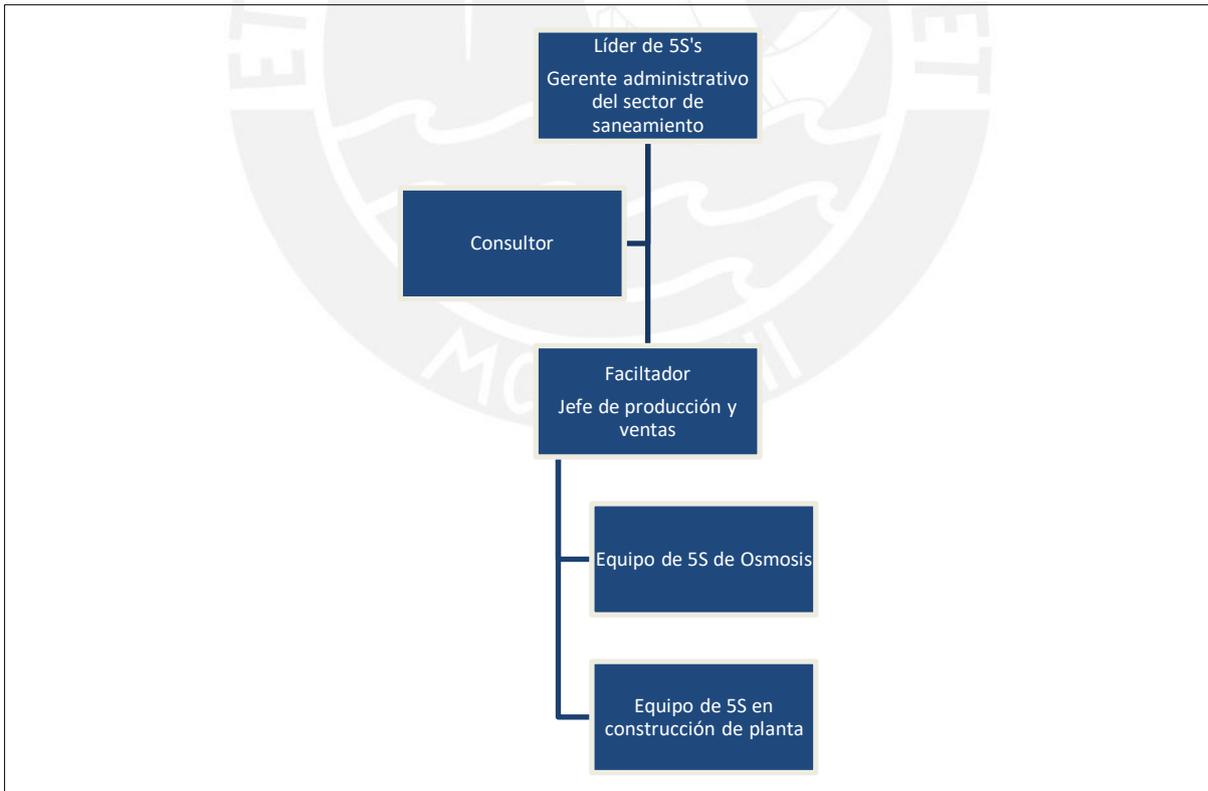


Figura 30. Organigrama de promoción de 5S's del sector de saneamiento

4.1.1. Primera S: Clasificación

Planificación

Se tomará en cuenta los siguientes aspectos para la planificación de la primera S,

- ✓ Determinación de recursos

Se pedirá 4 pliegos de cartulina para la preparación de las tarjetas, 2 metros de cuerda para enganchar las tarjetas y 1 tarro de pintura amarilla y roja para la fabricación de letreros.

- ✓ Elaboración del formato de tarjetas rojas

El diseño y la preparación del formato de las tarjetas se determinarán con el apoyo de los líderes y facilitadores de cada organización.

Se presentará un formato sencillo, el cual incluye, fecha de colocación, número de tarjeta colocada, el área donde se encuentra, nombre del elemento y cantidad de objetos contenidos en la tarjeta.

Asimismo, se encuentra un espacio en el cual se puede escribir la disposición posible del artículo como, transferir, si se refiere a objetos que pueden ser útil en otras áreas; eliminar, si no son necesarios dentro del área; por inspeccionar, si se refiere a un análisis detallado de la necesidad del objeto. Por último, aparece un espacio donde se puede colocar comentarios adicionales.

- ✓ Selección del área de tarjetas rojas

Se dispone de un área de las tarjetas rojas en el área de almacén, sería de 3 m² y se localizaría junto a los estantes de productos de limpieza.

Implementación de estrategias de tarjetas

El tiempo de esta etapa es importante debido a que se pierde el entusiasmo del equipo de trabajo de poner en práctica el sistema, por lo tanto, esto se debe dar en menos de dos días.

De esta manera se realizará este proceso en 25 minutos diarios durante dos días. Antes de colocar las tarjetas, se retroalimentará los conocimientos impartidos en las capacitaciones y se describirá el formato de la tarjeta.

La primera etapa sería separar los objetos servibles de los inservibles y de estos últimos colocarles las tarjetas rojas. Esta estrategia tiene que realizarse acompañado de los gerentes administrativos, jefes de logística, de producción y equipos de trabajo, cada uno debe ser participe en la colocación de las tarjetas.

La siguiente estrategia sería transportar y juntar los objetos innecesarios a la zona de tarjetas rojas. Los elementos que no puedan moverse se dejarán la tarjeta roja hasta su traslado. Este paso tendrá una duración de 2 días y después se procederá a registrar las tarjetas rojas y su numeración para su posterior evaluación.

Se debe realizar un seguimiento a los objetos con tarjeta roja para no perder el lugar de transferencia de éstos y evitar que no se traslade, de esta manera apreciar mejor los resultados de esta S.

La Tabla 20 muestra el resultado del registro de las tarjetas rojas colocadas, se colocaron 12 tarjetas rojas a 35 objetos innecesarios. Asimismo, se puede apreciar los comentarios de los trabajadores de las áreas y que serían tomados en cuenta al momento de situar dichos objetos.

Luego del registro de los datos, se realizará una reunión donde se designará el destino de los elementos innecesarios y se determinará si serán eliminados, transferidos o reordenados.

Evaluación

Esta etapa sería muy bien aplicada si participan todas las personas involucradas en el proceso productivo y que se determine una duración máxima de dos días de aplicación.

Se identificará los elementos que ocupan espacios innecesarios, siendo algunos designados a otras áreas o eliminarlos si son innecesarios.

La Tabla 21 muestra la designación final de los objetos con tarjetas rojas.

Tabla 20. Registro de Tarjetas rojas colocadas

N	Elemento	Cantidad	Comentarios
1	Barriles	3	Transferir o Eliminar
2	Recipientes vacíos de insumos	5	Eliminar
3	Recipientes con insumos inservibles	3	Inspeccionar
4	Jarras innecesarias de mezcla	2	Transferir
5	Mesa sin uso	1	Inspeccionar
6	Documentos inservibles	4	Eliminar
7	Herramientas inservibles	3	Inspeccionar
8	Botellas vacías rotas	6	Eliminar
9	Sacos inservibles	2	Eliminar
10	Estante	1	Inspeccionar
11	Cajas	3	Eliminar
12	Cartones	2	Eliminar

Tabla 21. *Destino Final de las tarjetas rojas*

N	Elemento	Cantidad	Comentarios
1	Barriles	3	Eliminado
2	Recipientes vacíos de insumos	5	Eliminado
3	Recipientes con insumos inservibles	3	Permanece
4	Jarras innecesarias de mezcla	2	Eliminado
5	Mesa sin uso	1	Eliminado
6	Documentos inservibles	4	Eliminado
7	Herramientas inservibles	3	Ordenado
8	Botellas vacías rotas	6	Eliminado
9	Sacos inservibles	2	Eliminado
10	Estante	1	Transferido a almacén
11	Cajas	3	Eliminado
12	Cartones	2	Eliminado

La Tabla 22 muestra el resumen del destino que se dará a los objetos con tarjetas rojas.

Tabla 22. *Resumen de tarjetas rojas*

Elementos eliminados	9
Elementos transferidos	1
Elementos ordenados	1
Elementos que aún permanecen	1

De las 12 tarjetas rojas colocadas, 9 fueron eliminadas, lo que corresponde al 75% de las tarjetas; 1 fue transferida, 1 elemento fue ordenado y finalmente 1 todavía permanece en observación (todas con 8.33% cada uno) debido a que los jefes de producción necesitan de éste, no hay dinero para sustituirlo y piensan que se puede utilizar en algún momento.

4.1.2. Segunda S: Orden

Las dos primeras S's se realizan de manera conjunta, pero es importante que esté eliminado los elementos innecesarios para que el orden se mantenga.

Después de la primera S, se debe señalar las posiciones donde pertenecen los elementos de manera que sea muy fácil de distinguir para cualquier persona. Esto se puede realizar mediante la estrategia de indicadores y la estrategia pintura.

Planificación

Luego de la utilización de las tarjetas rojas, los puestos de trabajo y sus alrededores se encuentran más amplios de ese modo es más sencillo incentivar a seguir con la implementación en la reunión de planificación de esta etapa en la cual estará conformado por el jefe de producción, jefe de logística, el gerente administrativo de saneamiento y el consultor.

Dentro de la planificación se tomará en cuenta estos acápite:

- ✓ Determinación de sub-áreas dentro del sistema productivo

Luego de conocer el sistema productivo de la empresa, se debe crear una lista de todas las sub-áreas y puestos de trabajo que requieran ser establecidos.

- ✓ Determinación de recursos

Los letreros para la identificación de los sub-áreas de la empresa lo realizarán los asistentes o técnicos de producción de cada sector para la reducción de costos. Además, la jefa de producción apoyará con la impresión de los letreros debido a que cuenta con una computadora. Se necesitará de 1 galón de pintura amarilla, 1 galón de pintura roja y 1 galón de pintura blanca. Incluso se aprovechará la madera que desperdicia el sector saneamiento, esto es el empaque de importación de equipos, para los letreros.

Implementación de estrategia de indicadores

La puesta en marcha de los indicadores se dará de acuerdo a la disponibilidad de los trabajadores que están implicados en la elaboración y uso de los recursos de esta etapa.

Todos los colaboradores de producción apoyarán en la ubicación de los letreros, estos son,

Sector de productos de limpieza

- Zona de insumos (x2)
- Mesa de preparación
- Pesaje de insumos
- Pesaje de mezcla
- Zona de lavado
- Zona de mezclado
- Zona de envasado y empaque
- Zona de productos terminados (x2)

Sector de saneamiento

- Zona de herramientas (x2)
- Zona de ósmosis
- Zona de prueba
- Zona de almacén de equipos (x2)

Adicionalmente se puede señalar los números de serie de cada mezcladora para una mejor identificación de las máquinas.

Implementación de estrategia de pintura

Previo a la estrategia de pintura se tendrá que reordenar la distribución de la planta debido a cruces que se encuentran en el recorrido del operario. Por ello, se moverá la mesa de preparación, que se encontraba antes junto al mezclado pero alejado del área de lavado, entre el área de lavado y la zona de mezclado. La figura 31 se observa el nuevo orden descrito y los barriles ordenados al costado de las mezcladoras. Luego de ello se pintará los suelos y pasillos de manera que se pueda distinguir las áreas de paso y las áreas de trabajo. Luego se delimitará las zonas señaladas en el punto anterior para cada sector y se pintará toda el área de producción lo cual mejorará el ambiente de trabajo y clima laboral debido a que incentiva a que los operarios realizan de mejor manera sus labores



Figura 31. Situación actual del área de trabajo

Evaluación

Luego de la implantación de esta etapa se pueda visualizar y distinguir las zonas de trabajo que existe en los sistemas productivos de la empresa lo cual verifica los buenos efectos de esta etapa. No obstante, los jefes de logística y contabilidad desean ampliar esta etapa a otras áreas que no se abarcan en este estudio, pero ellos creen que son indispensables.

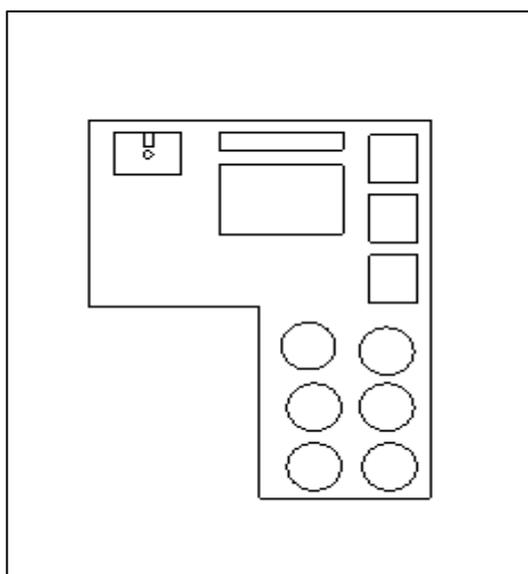


Figura 32. Nuevo orden del área de trabajo

4.1.3. Tercera S: Limpieza

La limpieza es muy importante para los puestos de trabajo y las máquinas por ello se necesita la inspección de éstas para evitar baja calidad en los productos o futuras paradas.

Planificación

Se iniciará con un día de limpieza, luego la elaboración del mapa de 5S's y finalmente la creación de una lista de chequeo.

✓ Día de limpieza

Se hará un día de limpieza a todas las áreas de producción de cada sector. Cabe mencionar que no se realizó una causa raíz a las máquinas debido a que por el momento no han ocurrido averías ni paradas durante la producción, pero se tomará en cuenta esta área para esta etapa realizando un mantenimiento preventivo.

Se elaborará un manual de limpieza para cada puesto de trabajo dando hincapié a los estándares que se debería y se colocará en lugares visibles cerca de las zonas de análisis. Esto se realizará de manera rápida debido a que ya están señalizado todas las zonas por la etapa anterior. Además, se debe retroalimentar a los operarios sobre evitar la acumulación de basura y documentarla.

Se debe asignar un encargado de la supervisión de la limpieza del área de producción en cada sector para la adaptación de esta etapa en esa área de estudio. Adicionalmente se debe de encargar de inspeccionar si los operarios están usando correctamente los EPP's en su puesto de trabajo (zapatos de seguridad, mascarillas, guantes e la indumentaria de la empresa).

Cabe señalar que no se realizó un análisis de causa raíz a las paradas de las máquinas debido a la escasa existencia de averías; sin embargo, se realizará los pasos para la limpieza profunda de éstos para una prevención de problemas futuros. A continuación, se detalla los pasos:

- ❖ **Suprimir el polvo, suciedad y los desechos.**

La limpieza inicial de las máquinas es muy importante y debe ser elaborado por el operario encargado del puesto, lo cual incentivará a que se mantenga pulcro siempre la máquina.

- ❖ **Descubrir las anomalías.**

Las anormalidades son aquellas condiciones que puedan ocasionar problemas a las máquinas. Estas deben ser explicadas al operario debido a que no se implantará el TPM en este estudio. Se plantea usar tarjetas para el manejo de posibles fallas, una verde para problemas que pueda resolver el operario y una roja cuando el mecánico ayude a resolverlo (ver Figura 33).

The image shows two TPM (Total Productive Maintenance) anomaly report cards side-by-side. Both cards have a white body with a colored header and footer. The left card has a red header and footer, while the right card has a green header and footer. Both cards feature a white circle with a black 'Q' in the top center. The text on both cards reads 'TPM' and 'Mantenimiento autónomo'. Below this, there is a colored oval (red on the left, green on the right) containing the text 'TARJETA ROJA (OPERARIO)' or 'TARJETA VERDE (OPERARIO)', followed by 'LUGAR DE ANORMALIDAD'. The forms include fields for 'EQUIPO MODELO:', 'NÚMERO CONTROL:', 'FECHA:' (with slashes for day, month, and year), and 'ENCONTRADO POR:'. A 'DESCRIPCIÓN:' section follows with several horizontal lines for text entry. At the bottom of each card, a red or green bar contains the text 'UNA ESTA TARJETA AL EQUIPO'.

Figura 33. Tarjeta roja y verde para el registro de anomalías
Fuente: Suzuki (2005)

- ❖ **Corregir las pequeñas alteraciones y estandarizar el procedimiento de manejo y control del equipo.**

Es importante conocer las anomalías que son posibles de aparecer durante el funcionamiento de las máquinas, por eso se debe identificar los focos de suciedad (FS) y los lugares de difícil acceso para la limpieza (LDA).

En primera instancia, se debe señalar los focos de suciedad en los elementos pertenecientes al área para conocer el corazón de la suciedad y de ese modo, mantener las áreas limpias.

Luego, se debe localizar los LDA para elaborar procedimientos de limpieza y lograr una higiene total del área de trabajo. La Figura 34 muestra la fotografía de un taladro semiautomáticos que utilizan como mezclador y se señalará los FS y LDA.

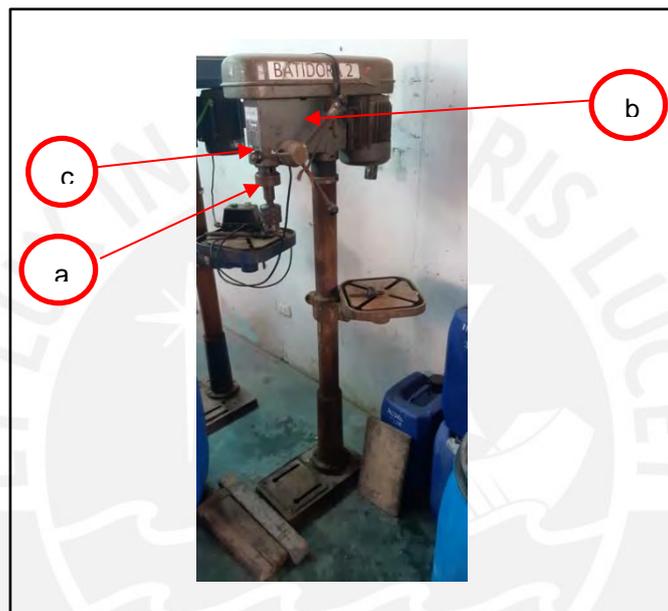


Figura 34. FS y LDA de la mezcladora

- a. (FS) La porta broca se ensucia debido a la suciedad del área y al manipuleo constante para su lavado.
 - b. (LDA) El motor, cojinetes y engranajes que se encuentran en el interior del taladro son difíciles de acceder y requieren de una limpieza especial.
 - c. (FS) Las fajas que se ensucian ya que lo abren para manipular las revoluciones del taladro.
- ✓ Elaboración del mapa de 5S's

Se destina a los encargados de las áreas de elaboración de productos de limpieza, almacén de productos terminados, área de construcción de ósmosis y almacén de equipos de saneamiento.

- ✓ Elaboración de lista de chequeo en la implementación de limpieza

Se realiza una lista de chequeo general que se entrega al encargado para verificar la limpieza del área.

Implementación

El día escogido para la implantación de esta etapa es el sábado debido al menor movimiento que se desarrolla en ese día. Luego de la limpieza del lugar, se tomará paso a mantenerlo de esa forma, por ello se designa a cada encargado esta labor y se refuerza las responsabilidades con el Mapa de 5S's. Además, se toma en cuenta el llenado de la lista de chequeo de acuerdo al área que se le designa.

Evaluación

En esta parte de la etapa se realiza un control de la implementación para conocer las falencias o mejoras que se desarrollan y de esa manera poder retroalimentar con una capacitación si lo amerita.

4.1.4. Cuarta S: Estandarización

Se dividió en cuatro áreas, en las cuales se tienen los siguientes encargados:

- Área de elaboración de productos de limpieza: jefa de producción y ventas.
- Área de almacén de productos terminados: jefa de logística y contabilidad.
- Área de construcción de ósmosis: asistente de producción.
- Área de almacén de equipos de saneamiento: jefa de producción y ventas.

Igualmente se estandarizó los turnos de limpieza de baño de la siguiente manera:

- Lunes: Asistente de producción de productos de limpieza
- Martes: Asistente de producción de saneamiento 1
- Miércoles: Asistente de producción de productos de limpieza
- Jueves: Asistente de producción de saneamiento 2
- Viernes: Asistente de producción de saneamiento 1
- Sábado: Asistente de producción de productos de limpieza

Cabe señalar que existe un baño para damas, lo cual ya están estandarizado los turnos de limpieza.

Otro estándar es que se evitará mantener los productos en proceso y terminados en un barril debido a la cantidad de espacio que ocupa. De esta manera, se empaquetará todos para evitar tiempos ociosos y de espera para la satisfacción del cliente.

Un tercer estándar es renovar la documentación de las fórmulas para la elaboración de limpieza y tenerlas en hojas protegidas de polvo. Se debe entregar las cantidades de insumos al asistente de producción y de esa manera no ocupar su tiempo en los cálculos de éstos. Esto quiere decir, tener un formato donde se pueda colocar las órdenes de producción y eso se entregaría al asistente.

Un cuarto estándar será tener una proyección de demanda con los datos históricos que se brindaron para producir de acuerdo a ellos y no esperar la solicitud de demanda, de esa manera se reduce el tiempo de entrega de los productos.

Un quinto estándar es realizar el inventario de los insumos y un *kardex* de éstos para conocer la rotación de estos insumos y de esa manera anticipar el término de ellos.

Un sexto estándar sería registrar la toma de tiempos de producción de acuerdo a ello se puede realizar más mejoras.

El séptimo estándar se trata de los tópicos de seguridad e higiene industrial, estos son,

- EPP's como el guardapolvo y polo que entrega la empresa y añadir una mascarilla y guantes para la protección con el uso de sustancias químicas en la elaboración de productos de limpieza, y una máscara con lente de protección y guantes para el sector de saneamiento.
- Se provee de colgadores para estos EPP's y de ese modo contribuir con el orden y aseo personal de los operarios.
- Se colocará señalizaciones en los pasadizos, escaleras y puestos de trabajo como salida de emergencia, zonas antisísmicas, escape, entre otros.
- Poseer un botiquín, que contenga esparadrapos, vendas esterilizadas, pinzas, etc., en el área de producción de cada sector, además de un extintor con sus respectivas señalizaciones y que puede ser accesible.
- Preservar los servicios básicos en buen funcionamiento como las instalaciones sanitarias, eléctricas (cableados, enchufes), tachos de basura ecológicos en cada área de producción.
- Barrer con trapos húmedos para evitar levantar tanto polvo para no perjudicar a los insumos o equipos.
- Tener las ventanas abiertas para una adecuada ventilación del ambiente.
- Buena iluminación para evitar desgaste y cansancio en los operarios, además de aprovechar de la luz natural de las ventanas que posee el local. La altura ideal para la iluminación es de 1.20 metros sobre el nivel del puesto de trabajo.

4.1.5. Quinta S: Disciplina

Las costumbre o hábitos que se cambian con este sistema es muy marcado y muy difícil de conseguir por ello se debe retroalimentar esas alteraciones mediante talleres entre colaboradores para apoyarse en cada etapa de las 5S's.

Se puede realizar comparaciones del antes y después de la implementación para motivar a los colaboradores mediante fotografías además de boletines y manuales para reforzar aún más este cambio.

Se debe apoyar para la implementación de esta metodología en toda la empresa y promoviendo las mejoras que se han tenido con las áreas de estudio.

4.1.6. Beneficios esperados de la aplicación de las 5S's

- Reducción de tiempos de acceso de herramientas y otros elementos, agilizando los tiempos de producción.
- Mayor espacio en puesto de trabajo para un mejor desempeño de los operarios.
- Menor traslado del operario reduciendo los tiempos ociosos.
- No hay dificultad en encontrar anomalías dentro de los puestos de trabajo
- La efectividad global de los grupos de trabajo aumenta de acuerdo a que se tiene un mejor clima laboral y se cambia las malas costumbres de los operarios siendo más ordenados incluso en sus hogares.

4.2. Implementación de SMED

El uso del SMED dentro de la empresa en estudio estará enfocada principalmente en la preparación de los procesos para la línea de productos elegido. Estas actividades son las paradas más importantes como ya se había mencionado en puntos anteriores y se busca reducirlo mediante esta herramienta.

Se seguirá la metodología implantada por Barcía Villacreses & Mendoza Guerrero, los cuales utilizaron de manera eficiente la herramienta SMED.

Paso 1 y 2. Formación del equipo de trabajo y capacitación en temas de SMED.

Se apoyará con los equipos ya formados en las 5S's con los supervisores correspondientes. Se realizará capacitaciones de introducción y al detalle sobre el SMED, Diagrama Causa-Efecto, Diagrama Multiactividades, elementos de máquina, etc. Se tomará en cuenta dentro de las capacitaciones programadas para las 5S's.

Paso 3. Análisis de la situación actual

Los tiempos de cambio que se realizan dentro del proceso son la preparación de elementos u objetos para la colocación de insumos, el set-up de las mezcladoras y la preparación de elementos para iniciar el envasado que duran 20, 5 y 25 min respectivamente. Dentro del sector de saneamiento tenemos la preparación previa a la construcción de ósmosis y la construcción de plantas que tienen 3.5 y 2 días respectivamente. Estas actividades en conjunto pueden provocar una parada de operaciones significativa.

Los tiempos en la búsqueda de herramientas ya no son considerados dentro de este análisis debido a que se tomó en cuenta en la implantación de las 5S's. Esto provoca que los procesos en las que se iba a implantar el SMED se reduzca a un solo proceso el cual es el mezclado ya que los demás solo se quedan en la fase inicial del SMED en el cual se implementa las 5S's.

Paso 4. Análisis de cambio de formato.

Los tiempos relacionados con los cambios de formato no son documentados por parte de la empresa ni existe un área de planeamiento que se encargue de decidir qué producto debe fabricar de acuerdo a proyecciones realizadas. Además, no se logró conocer los productos principales de la familia debido a que no está documentado. Sin embargo, se conoce que el tiempo de cambio varía entre 5 y 25 min para el sector de limpieza y de 2 a 3.5 días. Solo se comparará con el cambio en líneas de productos de limpieza especialmente para el área de mezclado debido a que es la única área en el cual existe máquinas y se ajustaría solo el cambio de posición de faja de acuerdo a las revoluciones que se quiere realizar y los demás procesos incluyendo el sector de saneamiento no hay cambios de formato porque es un solo producto o se realiza las mismas actividades de preparación para cualquier producto. Los cambios de posición de faja se dan por cambio de línea de productos debido a que la consistencia de éstos son diferentes. La Tabla 23 muestra el cambio de formato para la máquina mezcladora.

Tabla 23. Matriz de tiempo de cambio de formato-Mezcladora

Máquina	Líneas	Veterinaria	Limpieza	Automotriz	Industrial
Mezcladora	Veterinaria	0	8	4	7
	Limpieza	8	0	8	4
	Automotriz	4	8	0	7
	Industrial	7	4	7	0

El proceso de cambio es realizado por el mismo operario o asistente de producción por ello, no se realiza un escenario base de cambio de formato.

Paso 5 Identificación de actividades internas y externas

Luego de establecer el tiempo de cambio de formato del proceso de mezclado se identifica las actividades internas las cuales se realizan cuando la máquina se encuentra parada y actividades externas cuando la máquina puede estar funcionando al mismo tiempo que se realiza la preparación. La Tabla 24 muestra las actividades exteriorizadas realizadas por el operario.

Tabla 24. *Actividades Exteriorizadas- Mezcladora*

Máquina	Responsable	Actividades	Duración
Mezcladora	Asistente de producción	Inspección visual del entorno.	2
		Revisión de la faja.	1
		Cambio de posición de faja.	3
		Revisión del cabezal.	2
		Revisión del eje.	2
		Retiro del eje.	3
		Lavado del eje.	5
		Colocación del eje.	2
		Ajuste.	2
		Inspección del ajuste.	2
		Colocación del recipiente.	3
		Ajuste de la proximidad del eje respecto al recipiente	5
		Prueba del funcionamiento.	2

Paso 6 Exteriorización de actividades

La exteriorización de actividades se trata de las tareas realizadas por el operario cuando la máquina está parada. Estas actividades fueron consultadas por la jefa de producción y el asistente de producción y el apoyo del gerente administrativo.

Estas actividades son exteriorizadas de acuerdo al balance de carga laboral de los colaboradores directos de la máquina que en este caso es el asistente de producción, aunque se puede añadir a un operario adicional que espera su turno en un siguiente proceso que en ese momento no realiza ninguna actividad laboral. La mayor dificultad en esta fase es que el colaborador adicional se adapte a las actividades que se le va a imponer luego del reordenamiento y balanceo, en consecuencia, se capacitará de manera continua. Luego de identificar las actividades externas se determina el balance y reordenamiento de actividades de línea. La Tabla 25 señala el escenario 2 del cambio de formato con el operario adicional.

Se debe tomar en cuenta que las actividades se realizaban por una sola persona, por lo tanto, el otro tenía 0% en las actividades del primer escenario.

Tabla 25. *Escenario 2 Cambio de formato-Mezcladora*

Máquina	Tiempo (10 min)	Asistente de producción	Apoyo
Mezcladora	Compartida	50%	45%
	Individual	50%	55%
	Espera	0%	0%

La Tabla 26 presenta el diagrama de actividades del asistente de producción antes de aplicar la herramienta SMED, se aprecia que el tiempo de duración del tiempo total de las actividades es de 34 min con un solo operario.

La Tabla 27 presenta el diagrama de actividades conjuntas después de aplicar el SMED junto con el apoyo, se observa una reducción de tiempo de preparación total de 16 min.

Paso 7 Descripción y análisis de actividades internas

La identificación de actividades internas se realiza con el apoyo del asistente de producción y la jefa del área y luego se analiza la reducción de tiempos de estas actividades mediante la evaluación de las habilidades realizadas por el asistente y las herramientas necesarias, además de la dificultad en la manipulación de los materiales, entonces se presenta las siguientes propuestas:

El asistente de producción y el apoyo deben llegar minutos antes de las ocho para estar listos en su puesto de trabajo a las 8:00 a.m.

Luego de la implementación de las 5S's, se tendrá las herramientas necesarias y el lugar donde deben estar colocadas para un eficiente trabajo del asistente.

Beneficios de implementación

Luego de la implementación del SMED, se observa una reducción de tiempos de preparación de la máquina mezcladora de 34 minutos a 18 minutos que procediendo con la implantación de todas las fases de las 5S's se reduciría a 15 minutos.

Otro de los beneficios logrados es el conocimiento adquirido por parte de todos los involucrados del área que pueden capacitar a los demás compañeros en un futuro, incluso se realizaría simulaciones del proceso para cronometrar los cambios de formato y de esa manera cumplir con el objeto, asimismo se realiza retroalimentaciones para la adaptación de estos cambios establecidos.

Tabla 26. *Diagrama de actividades-Antes de aplicar el SMED*

Tiempo (min)	Actividades del asistente
1	Inspección visual del entorno.
2	
3	Revisión de la faja.
4	Cambio de posición de faja.
5	
6	
7	Revisión del cabezal.
8	
9	Revisión del eje.
10	
11	Retiro del eje.
12	
13	
14	Lavado del eje.
15	
16	
17	
18	Colocación del eje.
19	
20	
21	Ajuste
22	
23	Inspección del ajuste.
24	
25	Colocación del recipiente
26	
27	
28	Ajuste de la proximidad del eje respecto al recipiente
29	
30	
31	
32	
33	Prueba del funcionamiento
34	

Las herramientas poseerán lugares estandarizados debido a la implementación de las 5S's que fomentará el uso de un armario para guardar todo lo que se necesite durante el proceso.

El aumento del O.E.E. y el incremento de la disponibilidad serán tomados en cuenta por la gerencia, para obtener mayores pedidos de producción, lo que permitirá mayores ganancias a la empresa, y ser más competitiva.

Tabla 27. Diagrama de actividades Conjuntas-Después de aplicar el SMED

Tiempo (min)	Actividades del apoyo	Actividades del asistente
1	Inspección visual del entorno.	Revisión del eje
2		
3	Revisión del cabezal.	Retiro del eje
4		
5	Revisión de la faja	Lavado del eje.
6	Cambio de posición de la faja	
7		
8	Colocación del recipiente.	
9		
10		
11	Ajuste de la proximidad del eje respecto al recipiente	Colocación del eje.
12		
13		Ajuste.
14		
15		
16	Inspección del funcionamiento de las otras dos mezcladoras.	Inspección del ajuste.
17		Prueba del funcionamiento
18		
19		
20	Realizar otras actividades de su proceso.	Reducción de 16 min
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		
33		
34		

4.3. Implementación de KANBAN

La implantación de *Kanban* se realizará a la línea de producto elegido en el rubro de limpieza y también se aplicará en el transporte de equipos de saneamiento. Esta herramienta ayudará en la optimización de los procesos en análisis y en la sincronización de las actividades que lo integran.

A continuación, se procede a seguir la metodología de implementación del autor Titto (2018) que realizó un análisis adecuado para el uso eficiente de esta herramienta.

Análisis de situación actual

Se tomará en cuenta lo descrito en la tabla 19 para desarrollar las causas que justifican la implementación de esta herramienta. Esto se presenta en los siguientes puntos:

- Desorden en la distribución de planta respecto a la familia de productos de limpieza para establecimientos.

Este sector de la empresa posee una gran variedad de productos en la cual se elabora de acuerdo al pedido, es decir, desarrollan un sistema *PUSH*. Esto genera inventarios innecesarios en cada proceso y obstaculiza el área de trabajo además de convertirse en merma o desperdicio a pesar de ser artículos no perecibles ya que es susceptible a la contaminación del ambiente, lo cual podría cambiar la formulación del producto. Por lo tanto, estimula distintas consecuencias perjudiciales para la empresa, estos son, un exceso uso de materias primas e insumos, los cuales podrían producir *scraps* que provocaría impactos ambientales significativos, incremento de reprocesos por cada familia de productos y posiblemente mayores horas extras de lo establecido; por tales efectos aumentaría el costo de producción.

La implantación del *kanban* es necesario ya que se adapta a las necesidades de la empresa y a los problemas que acarrea, esto optimiza los inventarios en proceso y de productos terminados lo cual generaría menores costos de producción y mejor uso de recursos, además de reducir el impacto ambiental.

- Gran cantidad de equipos de saneamiento respecto al rubro de venta de equipos de tratamiento de agua.

El rubro de saneamiento también dispone de una gran variedad de artículos que se importan de acuerdo al pedido o a los descuentos por mayor sin conocer la rotación de inventario. Esto produce estancamiento de artículos en grandes periodos, los cuales necesitarían mantenimiento a pesar de tener un largo ciclo de vida. Por ello, esto provocaría gran acumulación de inventario y deterioro de productos, en consecuencia, generaría mayores costos de producción.

El *kanban* que se va a desarrollar es el *kanban* de transporte ya que se necesita recopilar información y realizar monitoreo de los *inputs* y *outputs* de la empresa, de esa manera se puede controlar los distintos procesos o movimientos. Cabe mencionar que previo a esta implementación se va a inventariar todos los productos dentro del almacén.

Descripción de la propuesta de mejora

Se aplicará la herramienta *Kanban* debido a las causas mencionadas y se enfoca en minimizar, moderar o suprimir los problemas mencionados en la Tabla 19. Por lo tanto, se propone esta propuesta de mejora:

- Respecto al sector de limpieza, se aplica la herramienta *lean* mencionada al 80% de productos con mayores ventas mensuales de este año, esto debido a que el sector elegido cumple con las condiciones para el uso del *Kanban*.
- Respecto al sector de saneamiento se implementa el *Kanban* de transporte mediante los niveles máximos y mínimos que se pueden trasladar en las unidades de carga.
- En ambos casos se utilizará las tarjetas *Kanban* para un mejor control del flujo de los procesos y tener información que permita la mejora continua.

Procedimiento de la aplicación de la herramienta *Kanban*

Paso 1 Capacitación del personal

La capacitación se desarrollará siguiendo estos puntos:

-Objetivo general: Comprender los conceptos básicos del *Kanban* facilitando el traslado de estos conocimientos en el puesto de trabajo de cada operario.

-Objetivo Específico:

- a) Identificar la definición de la herramienta *Kanban*
- b) Precisar las características de la herramienta en análisis
- c) Conocer los principios de la herramienta *Kanban*
- d) Identificar los beneficios de su implementación

-Metodología

Se dará un taller en el cual se mencionará los conceptos básicos de la herramienta *Kanban* y luego unos ejercicios prácticos mediante simulaciones del proceso que está en análisis.

El taller tendrá una duración de 3 semanas y será dictado por la ingeniera de la empresa.

Paso 2 Implementación de *Kanban*

Este punto dará a conocer la aplicación de la herramienta en los dos sectores de la empresa.

- Familia de productos de limpieza para establecimientos.

Se realizará una clasificación ABC en el cual se elegirá los productos de mayores ventas para la aplicación de la herramienta *Lean* y los demás se enfocarán en una orden de trabajo. La Tabla 28 muestra la clasificación ABC de los productos de limpieza.

Tabla 28. Clasificación ABC de los productos de limpieza

N	PRODUCTO	Q (L)	VENTAS MENSUALES	% VENTAS	% VENTAS ACUMULADAS	ABC
1	DESINFECTANTE	802	S/. 3,292.44	36.5%	36.5%	A
2	SILICONA	462	S/. 1,980.00	21.9%	58.4%	A
3	ALCOHOL	164	S/. 1,756.13	19.5%	77.9%	A
4	JABON LIQUIDO	120	S/. 526.30	5.8%	83.7%	B
5	LIMPIA ALFOMBRA	104	S/. 367.70	4.1%	87.8%	B
6	LIMPIA INODORO	156	S/. 340.02	3.8%	91.6%	B
7	LAVAVAJILLAS	80	S/. 279.40	3.1%	94.7%	B
8	DETERGENTE	104	S/. 273.78	3.0%	97.7%	B
9	LIMPIADOR DE INODORO	40	S/. 81.34	0.9%	98.6%	C
10	AROMÁTICO	12	S/. 47.10	0.5%	99.1%	C
11	GEL SANITIZANTE	4	S/. 40.00	0.4%	99.6%	C
12	LIMPIA VIDRIOS	20	S/. 40.00	0.4%	100.0%	C

Luego de la clasificación ABC de la Tabla 28 se determina tales puntos:

- En julio de 2019 se observa que solo 3 productos del sector limpieza obtienen el 77.9% de las ventas totales.
- Los artículos de clasificación A se va a tomar para el uso de la herramienta *Kanban* ya que requieren de un sistema eficiente y luego tomar la mayoría de productos que tengan similares procesos de los distintos sectores (automotriz y veterinaria).
- Los artículos de clasificación B y C no necesita de un manejo tan riguroso y solo se debería manejar ordenes de producción.

Esto se puede emplear en los sectores de automotriz y veterinaria ya que pasan por el mismo proceso.

A continuación, se determina el número de *Kanban* con el fin de reducir los inventarios por proceso de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$K = \frac{d \times (\bar{w} + \rho) \times (1 + \alpha)}{c}$$

En el cual,

K = cantidad óptima de contenedores que se colocarían entre los procesos designado a emplear dicha herramienta.

d = demanda diaria promedio del grupo de artículo en análisis.

\bar{w} = tiempo promedio de espera y de manejo de materiales de un proceso de producción por contenedor del grupo de artículos en análisis.

ρ = tiempo promedio del proceso por contenedor.

c = cantidad de artículos que se coloca en un contenedor estándar.

α = variable referida a la política de stock de seguridad de la empresa.

Adicionalmente se adquiere dichos datos por parte de la empresa

- El stock de seguridad (SS) fue definido por los dueños de la empresa, respecto al desinfectante se toma 25% y para el resto que se toma en análisis 10%.
- Se debe recalcar que existe un reducido espacio para el stock de artículos en proceso y los artículos e insumos que son parte del proceso productivo.
- El valor de C varía de acuerdo a cuántos litros se requiere en ese momento y en la cantidad posible que se pueda transportar de un puesto de trabajo a otro.

La Tabla 19 da a conocer la cantidad de *Kanbans* necesarias en cada estación.

Tabla 29. *Número de Kanban*

RESUMEN	
ESTACIONES	KANBANS
Premezclado - Mezclado	3
Mezclado-Envasado	12

- Rubro de venta de equipos de tratamiento de agua.

En este punto establecerán los niveles mínimos y máximos de carga del medio de transporte que lleva los equipos y materiales necesarios a la zona de trabajo para la construcción del armazón de la osmosis.

El medio de transporte que utiliza la empresa es un transpaleta manual en el cual tiene encima una parihuela de madera (1 m de ancho y 1.2 m de largo). Las posibles cargas que se lleva son de 2, 3, 5, 6, 8, 10 y de acuerdo a las observaciones de los trabajadores y gerentes de la empresa se concluyó que tener cargas de 1, 2, 3 no serían óptimos para el transporte y se determinó un mínimo de 6 y máximo de 10 equipos y materiales que se pueden colocar dentro de la parihuela y se podría amarrar para evitar caídas o golpes durante el recorrido.

A continuación, se realizó una medición de tiempos de las actividades que corresponde al proceso en análisis con las cantidades mínimas y máximas de equipos que se pueden colocar en la parihuela y se subdividió en 2 subprocesos equiparando aproximadamente las cantidades de tiempo de cada uno (nivelación *Kanban*) lo cual generaría la reducción de inventario y un flujo más fluido (*PULL*). Las actividades propuestas para cada subproceso se muestran en la Tabla 30 y Tabla 31 en los cuales se observan diferencias de tiempo de 10 s para la cantidad mínima de equipos y 22 s para la cantidad máxima.

Tabla 30. *Tiempo actual de subproceso de expedición de almacén*

SUBPROCESO	ACTIVIDADES	TIEMPO (S/EQUIPO)	TIEMPO (S) CANT. MAX = 10	TIEMPO (S) CANT. MIN = 6
Expedición en almacén	Búsqueda de los equipos	15	150	90
	Cargar los equipos	12	120	72
	Amarrarlos	20	20	20
	Transportar (Almacén - habilitado)	31	31	31
Total			321	213

Tabla 31. *Tiempo actual de subproceso de habilitado*

SUBPROCESO	ACTIVIDADES	TIEMPO (S/EQUIPO)	TIEMPO (S) CANT. MAX = 10	TIEMPO (S) CANT. MIN = 6
Habilitado	Desamarrar	12	12	12
	Descargar equipos	16	160	96
	Habilitar los equipos para el armado	14	140	84
	Transportar (Habilitado - almacén)	31	31	31
Total			343	223

Paso 3 Implementación de *Kanban* con el uso de tarjetas y contenedores

En este paso se explicará la creación de uso de tarjetas para cada rubro.

- Familia de productos de limpieza para establecimientos.

Luego de obtener el tamaño de *Kanban* y la cantidad de artículos por contenedor, se dispone a colocar las señales visuales de dicha herramienta.

-Contenedores: Los envases que se realiza la mezcla se considerará como contenedores ya que de esa manera se transporta del área de Premezclado y mezclado, además se incluye ese mismo contenedor en el envasado debido a que solo se transporta por medio de mangueras y al final se considera la misma cantidad. La cantidad de C por producto va a ser el mismo en el análisis, pero esto variará en otros artículos de acuerdo a su medida.

-Tarjetas: Se colocarán tarjetas *Kanban* en una pizarra en cada puesto de trabajo en la cual se está implementando la herramienta en cuestión, esto para mejorar el orden y la visualización. La tabla 32 muestra los puntos que se incluye dentro de la tarjeta que se va a implantar y la Figura 35 se muestra la tarjeta que se va a usar.

-Pizarra *Kanban*: Se ubicarán las pizarras en la parte más visible de cada puesto de trabajo, el cual se va a colocar las tarjetas de manera ordenada y para cada producto. La figura 36 muestra un ejemplo de la pizarra *Kanban* que se va a implementar.

Tabla 32. *Leyenda del Kanban*

Nº	DESCRIPCIÓN
1	Origen
2	Destino
3	Nombre del artículo
4	Número de tarjeta <i>Kanban</i>
5	Litros dentro del contenedor

KANBAN: _____

De: _____ Tarjeta __ de __

Para: _____

Litros: ____

Figura 35. Propuesta de tarjeta *Kanban*



Figura 36. Pizarra Kanban

Tomado de Titto 2018 Propuesta de mejora de una empresa de producción de sanitarios y accesorios de baño en Lima Metropolitana.

- Rubro de venta de equipos de tratamiento de agua.

En este rubro se dispone de crear la tarjeta *Kanban* de transporte por ello se debe definir los puntos que se van a colocar allí. Se tomó en cuenta lo conversado con los trabajadores y dueños de la empresa para elegir los datos primordiales (Tabla 33) y la cantidad de tarjetas emitidas que van a ser 5 como etapa inicial. La figura 37 muestra el diseño de la tarjeta *Kanban* de transporte que se va a implementar.

Tabla 33. Información de la tarjeta de transporte

N°	INFORMACIÓN	DATOS
1	Transporte	Transpaleta manual
2	Número de orden	1...5
3	Tarjetas emitidas	5
4	Cantidad Mínima	5
5	Cantidad Máxima	10
6	Origen	Almacén
7	Destino	Habilitado

KANBAN DE TRANSPORTE			
TRANSPORTE			
Transpaleta manual			
CAPACIDAD		NUMERO	TARJETAS
MINIMA	MAXIMA	DE ORDEN	EMITIDAS
5	10	2	5
ORIGEN		DESTINO	
Almacén		Habilitado	

Figura 37. Kanban de transporte

Las tarjetas *Kanban* se colocarán en pequeñas bandejas en una mesa cerca de la entrada al almacén y se capacitará a cada trabajador con el nuevo proceso de expedición y habilitado de equipos para la construcción del armazón de osmosis y con el uso adecuado de las tarjetas.

4.4. Medición de indicadores luego de la implantación de las herramientas de *Lean Manufacturing*

Las áreas de producción de los dos sectores de la empresa se esperan que tengan un avance hasta la fase de limpieza de las 5S's, debido a la carga de trabajo, especialmente del sector de saneamiento que son muy reacios al cambio, pero con la continua retroalimentación y auditorías internas que se van a realizar se podrá la implantar en su totalidad. A continuación, se presenta los tiempos que en su posible se logrará reducir luego de la aplicación de las herramientas *Lean*.

- a) Tiempo de búsqueda de herramientas de mecánica.
- b) Tiempo de Set-Up de las máquinas en la línea.
- c) Tiempo de inventario.
- d) Tiempo de flujo de producción.

La Tabla 34 muestra la reducción de los tiempos indicados luego de la implantación de las herramientas *Lean* adecuadas para la empresa.

Tabla 34. Reducción de tiempos de actividades luego de la implantación de las herramientas *Lean*

Tiempo antes de la implementación.	Tiempo (min-diario) después de la implementación.
a) 15 min	3 min
b) 34 min	15 min
c) 2 días	45 min
d) 10 horas	4 horas

El tiempo promedio entre fallas de las máquinas mezcladoras aumentaría de 72 horas en promedio a 150 horas, lo cual conlleva a un 108% de confiabilidad del total de las máquinas (Tabla 35).

Tabla 35. *MTBF luego de la implantación de las 5S's*

N	Máquinas	T. Operación (horas)	Número de fallas	MTBF (horas)
1	Mezcladora 1	348	2	172
2	Mezcladora 2	348	2	172
3	Mezcladora 3	348	2	172
				172

Tiempo promedio para reparar las máquinas se reduciría de 4.5 min en promedio a 4.18 min lo cual representa una reducción de 7.1%. (Tabla 36).

Tabla 36. *MTTR (min) después de la aplicación de las 5S's*

N	Máquinas	T. total para restaurar	Número de fallas luego de las 5S	MTBF (horas)
1	Mezcladora 1	10.4	2	5.2
2	Mezcladora 2	8.2	2	4.1
3	Mezcladora 3	7.5	2	3.25
				4.18

El OEE luego de la implementación aumentaría de 83.3% a 95% debido a que las paradas no planeadas disminuirían muy eficazmente como los tiempos de preparación, el tiempo de flujo y el tiempo de reparación. El rendimiento tendrá un incremento de 87.5% a 96% debido a la reducción de las paradas no planificadas y esto conlleva a tener mayor tiempo en producción. La Calidad aumentaría de 92.86% a 94% debido a la reducción de defectos promedio de 7.14% a 5.87%.

El OEE aumentaría de 67.68% a 85.73% debido al aumento de los indicadores que se mencionaron en el párrafo anterior. Se espera que se logre este objetivo con los puntos planteados para la implementación. La Tabla 37, indica los resultados de la implementación y la Tabla 38, muestra los indicadores ya mencionados en puntos anteriores.

Tabla 37. *Resultado de las mejoras luego de la implementación*

Tiempo disponible	216	Horas
Tiempo de operación	205	Horas
Producción prevista	48	Unidades
Producción real	46	Unidades
Piezas buenas	43	Unidades

Tabla 38. *Indicadores para el cálculo del OEE*

Disponibilidad	95%
Eficiencia	94%
Calidad	96%
OEE	85.73%



CAPÍTULO 5: EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROPUESTAS

5.1. Evaluación Técnica de los impactos del rediseño

Según el estudio realizado por Acuña (2012), se toma en cuenta una fase adicional que procede a comparar los resultados técnicos de los impactos del rediseño de los procesos realizados. Se analiza las consecuencias de las mejoras respecto a los conceptos de productividad, calidad, capacidad de producción, entre otros.

La Tabla 39, muestra el aumento de la productividad a consecuencia de la implementación de las herramientas *Lean*, un 11.11% en la línea de productos del hogar, un 14.3% en la línea de veterinaria y 9.38% en la línea automovilística.

Tabla 39. *Aumento porcentual de la productividad*

Productividad			
Líneas de producto	Productividad Actual (unid/día)	Productividad con mejoras (unid/día)	% incremento
Productos de limpieza del hogar	45	50	11.11%
Productos de limpieza veterinaria	35	40	14.3%
Productos de limpieza automovilístico	32	35	9.38%

A continuación, se presenta el aprovechamiento del área de producción de manera porcentual actual y luego de aplicar la mejora (Tabla 40).

Tabla 40. *Aumento del área de trabajo*

Área	%Aprovechado Actual	%Aprovechado con mejoras	%incremento
Producción	55%	85%	54.5%

Después de presentar el aprovechamiento de área se presenta la Tabla 41, que muestra los principales errores de calidad en los productos de limpieza que se dan luego de fabricar el producto terminado como el color y espesor inadecuado, recipiente en mal estado, mezcla heterogénea.

El color inadecuado y el espesor que se presenta como errores de calidad son aquellos que difieren de los requerimientos del cliente o que estos sean distintos en los recipientes del mismo producto para el mismo pedido. Este problema disminuyó con la mejora y la estandarización de las funciones dentro del puesto de trabajo; sin embargo, no fue completamente eliminado debido a que también es causado por la compra de insumos en distintos proveedores.

Tabla 41. *Mejora de la calidad en los productos*

Concepto	%actual	%con mejoras	%reducción
Color inadecuado	1.56%	0.63%	60%
Espesor inadecuado	2.19%	1.25%	43%
Contaminación	1.88%	0.63%	66%
Recipiente en mal estado	4.69%	0%	100%
Espuma dentro del recipiente	2.5%	2.5%	0%
Mezcla heterogénea	0.94%	0.31%	67%

La contaminación se presenta cuando el producto tiene distintas características que difieren a las demás presentaciones del mismo artículo como manchas dentro del líquido o acumulaciones de suciedad dentro del recipiente. Se logró mejorar gracias a la aplicación de las 5S's. No obstante, siguió produciéndose este error debido a otros factores como la compra de proveedores que no tienen estandarizados sus procesos.

Los recipientes en mal estado era muy a menudo encontrar en el almacén debido a la desmedida compra y ubicaciones inadecuadas que se solía colocar los envases. Se logró mejorar gracias a la implantación del orden y limpieza de los puestos de trabajo además del uso del *Kanban* para el control de la producción.

La espuma dentro del recipiente no se vio afectada dentro de las mejoras debido a que se requiere tecnología para evitar este problema lo que ocasiona mayores gastos que la empresa no podría cubrir.

La mezcla heterogénea se observó debido a que existen errores en la formulación de los productos provocando cantidades desmedidas de los insumos. Esto cambió gracias a la estandarización del proceso de colocación de insumos.

5.2. Evaluación del impacto económico

Luego de la evaluación técnica mostrada en el punto anterior se inicia el capítulo con el estudio económico sobre las mejoras que se dieron al implantar las herramientas *Lean*. Se realizará el costo del personal que influye en las capacitaciones que se darán dentro de la implementación, los gastos que se obtuvieron y los ahorros provocados por las mejoras y al final obtener la viabilidad del proyecto para la empresa.

5.3. Costo del personal

Como se mencionó líneas arriba se toma en cuenta el costo de horas- hombre debido a las capacitaciones que se realizarán durante la implementación, por ello se tomará el costo respecto a los operarios (Tabla 42) y al personal administrativo (Tabla 43). No se coloca las horas extras debido a que ellos solo trabajan en horas normales por los pocos pedidos que existen.

Tabla 42. Costo H-H de los operarios

	Asistente de producción	Técnicos	Distribuidor
Sueldo	1100	1200	930
Días	26	26	26
Horas/día	8	8	8
Costo H-H(S/.)	5.29	5.77	4.47

Tabla 43. Costo H-H del personal administrativo

	Asistente de ventas	Jefas de áreas	Gerente administrativo
Sueldo	1100	1800	3500
Días	26	26	26
Horas/día	8	8	8
Costo H-H(S/.)	5.29	8.65	16.83

5.4. Gastos de implementación

Se detalla los gastos de la implementación de las herramientas *Lean*, el cual se hace partícipe todo el personal para seguir con las mejoras continuas en todas las áreas de la empresa.

Los gastos de la implantación de las 5S's son equivalentes a 11,207.90 nuevos soles, el cual está determinado con las actividades que se realizan dentro del proyecto (Tabla 44).

Luego de la implementación de las 5S's se aplica la herramienta SMED el cual tiene una inversión de 2,838.50 nuevos soles (Tabla 45).

Finalmente se tiene una inversión de 2,778.48 por la herramienta *KANBAN* (Tabla 46).

5.5. Ahorro generado por la implementación

El punto siguiente se explica al detalle los ahorros que se formaron al implantar las herramientas *Lean*, con el fin de reducir desperdicios de la empresa y se compara con los datos históricos anualizados.

Tabla 44. Costo de implementación de 5S's

	Costos degradados.	Costo	Cantidad	H	Total
Costo de implementación	Repisa para etiquetas.	200	1		200
	Tablero (Gestión visual).	120	1		120
	Capacitaciones sobre las funciones laborales.	10	2		20
	Baldes de pinturas	60	4		240
	Documentos físicos (ciento)	20	3		60
	Letreros	10	15		150
	Artículos de limpieza	50	6		300
	Planificación de las charlas	20	15		300
Reuniones de capacitación inductora de las herramientas <i>Lean</i> (5 horas)	Costo de H-H del asistente de producción	5.29	1	5	26.45
	Costo de H-H del distribuidor	4.47	1	5	22.35
	Costo de H-H de los técnicos	5.77	5	5	144.25
	Costo de H-H de las jefas de áreas	8.65	3	5	129.75
	Costo de H-H de gerente administrativo	16.83	2	5	168.3
	Costo del capacitador	500	1	5	2500
Capacitación al detalle de la implementación enfocado a la empresa (4 horas)	Costo de H-H del asistente de producción	5.29	1	4	
	Costo de H-H del distribuidor	4.47	1	4	17.88
	Costo de H-H de los técnicos	5.77	5	4	115.4
	Costo del consultor	8.65	3	4	103.8
	Costo de H-H de la jefa de área de producción	16.83	2	4	134.64
	Costo del capacitador	500	1	4	2000
Costo de reunión de la 1S y 2S (8 horas, operarios y 4 horas, supervisora)	Costo de H-H del asistente de producción	5.29	1	8	21.16
	Costo de H-H del distribuidor (apoyo)	4.47	1	8	35.76
	Costo de H-H de los técnicos	5.77	5	8	230.8
	Costo de H-H de la jefa de área de producción	8.65	3	4	103.8
	Equipo <i>Lean</i> (Consultor)	150	1	8	1200
	Auditorías 1S y 2S	120	2	2	480
Costo de reunión de la 3S y 4S (5 horas)	Costo de H-H del asistente de producción	5.29	1	5	
	Costo de H-H del distribuidor (apoyo)	4.47	1	5	22.35
	Costo de H-H de los técnicos	5.77	5	5	144.25
	Costo de H-H de la jefa de área de producción	8.65	3	5	129.75
	Equipo <i>Lean</i> (Consultor)	150	1	5	750
	Auditorías 1S y 2S	120	2	2	480
Costo de monitoreo y revisión general (2 horas)	Costo de H-H del asistente de producción	5.29	1	2	10.58
	Costo de H-H del distribuidor (apoyo)	4.47	1	2	8.94
	Costo de H-H de los técnicos	5.77	5	2	57.7
	Equipo <i>Lean</i> (Consultor)	150	1	2	300
	Auditorías 1S y 2S	120	2	2	480
Total					11207.91

Tabla 45. Costo de implementación del SMED

Actividad	Tiempo	Costo (S/.)	N operarios	Costo Total
Equipo <i>Lean</i>	15	150	1	2250
Capacitación SMED	2	5.29	1	10.58
	2	4.47	1	8.94
	2	5.77	5	57.7
Estudio del <i>Setup</i>	3	5.29	1	15.87
	3	4.47	1	13.41
	3	5.77	5	86.55
Distinciones en las actividades internas y externas	2	4.47	1	8.94
Transformación de actividades internas y externas	5	8.65	1	43.25
Mejorar el manejo y manipulación de la operación	5	8.65	1	43.25
Auditoría final SMED	2	150	1	300
Total				2838.49

Tabla 46. Costo de implementación de KANBAN

	Actividad	Tiempo	Costo (S/.)	N operarios	Costo Total
Capacitación de la implementación de la herramienta <i>Kanban</i>	Equipo <i>Lean</i> – Consultor	10	200	1	2000
	Capacitación <i>KANBAN</i>	2.5	5.29	1	13.23
		2.5	4.47	1	11.18
		2.5	5.77	5	72.13
	Estudio de la implementación de la herramienta <i>Kanban</i>	4	5.29	1	21.16
		4	4.47	1	17.88
		4	5.77	5	115.40
Compra de materiales	Pizarra <i>Kanban</i>	-	250	1	250
	Tarjetas	-	2.5	25	62.50
	Caja tarjetera	-	15	1	15
Auditoría final <i>Kanban</i>	2	200	1	200	
Total				2778.48	

El cálculo del ahorro de cada herramienta a implementar se determinará mediante la reducción de tiempos generados por las mejoras dentro del área de producción de los dos sectores. El producto del porcentaje mencionado y el tiempo anualizado de la actividad dará como resultado el tiempo que dure la actividad luego de la mejora y la diferencia de los tiempos reales y proyectados obtendrá el total de H-H que se ahorran y esto se multiplicará con los cálculos hallados en la Tabla 42.

5.5.1. Ahorro generado por la implementación de las 5S's

La mejora principal cuantificable es la reducción de tiempo de búsqueda de herramientas necesarias para el proceso, la cual era de 15 min y luego de la implantación pasó a 3 min diarios por operario. La determinación del ahorro se calcula mediante el producto del costo de H-H del operario por el tiempo. Esto se observa en la Tabla 47 para cada sector de la empresa.

Tabla 47. Ahorro generado por la disminución del tiempo de búsqueda de herramientas

	Cantidad de personas	Tiempo de búsqueda de herramientas (min)	Tiempo de búsqueda de herramientas total (min)	Total anual (min)	Total anual (horas)
Saneamiento (Antes)	4	15	60	18780	313
Saneamiento (Después de 5S)	4	3	12	3756	62.6
Limpieza (Antes)	1	15	15	4695	78.25
Limpieza (Después de 5S)	1	3	3	939	15.65
Variación en horas Ahorro (H-H)					313
					1655.77

Se generó una mejora en la reducción de productos defectuosos (13.75% a 5.31%), esto explica una reducción en el tiempo de revisión de los productos por parte del asistente de producción. Las horas trabajadas se obtiene del porcentaje de trabajo sin interrupciones de 75% con el 61% de diferencia porcentual de productos defectuosos y con el costo de H-H. Esto se detalla en la Tabla 48 para cada sector de la empresa.

Tabla 48. Ahorro generado por la reducción de productos defectuosos

Cantidad de personas	Porcentaje defectuosos-Antes	Porcentaje defectuosos-Después	Diferencia
	13.75%	5.31%	8.44%
	Costo de H-H	Horas-Anuales	Ahorro anual
1	5.29	1145.58	6060,12

La reducción de tiempos de parada de máquina fue provocada por la implementación de la Tercera S, a pesar de que no se implementó el mantenimiento autónomo debido a que no eran tan significante las paradas que ocurrían en las mezcladoras, pero se logró un ahorro con la diferencia de tiempos actuales y futuros con el costo de H-H. (Tabla 49).

5.5.2. Ahorro generado por la implementación del SMED

El ahorro provocado por la aplicación de la herramienta SMED dentro del proceso productivo se observa en la Tabla 50, la cual detalla la reducción de preparación de arranque de mezcladoras, esta fue de 34 min y pasó a 18 min, que también fue apoyado por la implementación de la 2S y 4S los cuales apoyaron en el tiempo de búsqueda de herramientas más rápida y la estandarización de procesos.

Tabla 49. Ahorro de reducción de tiempo de paradas

Máquinas	Tiempo Total para Reparar- Antes (min)	Tiempo Total para Reparar- Luego de 5S (min)	Número de fallas mensuales- Antes	Número de fallas mensuales- Luego de 5S	Diferencia
Mezcladora 1	15	10.4	6	2	18.4
Mezcladora 2	8	7.5	4	2	1
Mezcladora 3	12	8.2	5	2	11.4
					30.8
				Diferencia mensual (horas)	0.513
				Diferencia anual (horas)	6.156
				Ahorro (H-H) S/.	32.57

Tabla 50. Ahorro generado por el SMED

	Cantidad de máquinas	Tiempo Set-up (min)	Tiempo Set-up Total	Total anual (min)	Total anual (horas)
Antes	3	34	102	31926	532.1
Luego del SMED	3	18	54	16902	281.7
				Variación en horas anuales	250.4
				Ahorro (H-H) S/.	1324.62

5.5.3. Ahorro generado por la implementación del *Kanban*

Luego de la implementación de esta herramienta se busca reducir el inventario en un 15% de total y una rotura de stock de 10% de los productos en análisis y esto podría mejorar ya que la mayoría de los artículos tienen similar procedimiento y se podría aplicar a todos ellos. Respecto a los equipos de saneamiento se aplicó el *Kanban* de transporte para mejorar la circulación de los equipos en el proceso y de esa manera poder tener un mejor análisis del inventario necesario para cada equipo.

La tabla 51 muestra un ahorro anual de S/. 3 387.60 en la familia de artículos de limpieza solo con los productos en análisis y en la tabla 52 se muestra un ahorro de S/. 2167.21 en la familia de equipos de saneamiento de agua ya que se reduce el tiempo de transporte que realiza el personal técnico.

Tabla 51. *Ahorro de implementación Kanban en la familia de productos de limpieza*

Ítem	Producto	Demanda (L)	Inv. Actual	Inv. Kanban	Dif. Inv.	Costo Unit.	Ahorro mensual
1	Desinfectante	802	240	200	40	4.11	164.40
2	Silicona líquida	462	95	80	15	4.29	64.35
3	Alcohol gel	164	65	60	5	10.71	53.55
						Ahorro Total Anual S/.	3387.60

Tabla 52. *Ahorro de implementación Kanban en la familia de equipos de saneamiento*

Cantidad de personas	% Tiempo de transporte respecto disponibilidad -Antes	%Tiempo de transporte respecto disponibilidad-Después	Diferencia porcentual
	25%	20%	5%
	Costo de H-H	Horas-Anuales	Ahorro anual
1	5.77	375.6	2167.21

5.5.4. Resumen de impacto

Las inversiones, ahorro y gastos generados por las herramientas *Lean* aplicadas en la empresa se muestra en la Tabla 44. Cabe señalar que hay mejoras que producen ahorros indirectamente que no son posibles de cuantificar exactamente como mejorar en la disciplina laboral, mejor ambiente de trabajo, entre otros.

Tabla 53. *Retorno de inversión de la implementación de las herramientas*

Herramientas	Gastos (S/.)	Ahorro anual (S/.)	Retorno de inversión (años)
5S's	11207.91	7778.51	1.44
SMED	2838.49	1324.62	2.14
Kanban	2778.48	5554.81	0.50

5.5.5. Flujo de caja de proyecto

El flujo de caja de proyecto a lo largo de 5 años al igual que el retorno de inversión calculado en el punto anterior se observa la Tabla 53. El año 0 implica la implementación de las 5S's y luego se procede a realizar el SMED y el *Kanban*. Los egresos respecto a los años restantes se considera la cuarta parte de la inversión inicial de la implementación, la cual es S/. 4206.22 que conforma talleres programas y auditorías con fines de alcanzar certificaciones. Con los resultados de la Tabla 54 se tiene un VPN de S/. 6,639.24 y una Tasa interna de retorno (TIR) de 55%. De acuerdo a ello, el COK de 30% es inferior a la TIR determinada, lo cual implica que el proyecto es rentable.

Tabla 54. *Flujo de caja del proyecto*

Elemento	0	1	2	3	4	5
Ahorros	0	14657.94	14657.94	18125.48	18125.48	18125.48
Egresos	16,824.88	4206.22	4206.22	4206.22	4206.22	4206.22
Ingresos-Egresos	-16,824.88	10451.72	13919.26	13919.26	13919.26	13919.26



CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

La comparación de la situación actual de la empresa con los beneficios económicos esperados luego de la implementación de las herramientas *Lean* apoya la necesidad de implementarlo, además del rápido retorno de inversión sin necesidad de cambios tecnológicos importantes, se obtiene que es factible la aplicación de la mejora dentro del proceso de producción para la familia de productos del hogar con un VAN de S/.6,639.24 y una TIR de 55% > 30% de COK.

La implantación de las 5S's es fundamental previo a la aplicación de las otras herramientas debido a que ésta es una de las herramientas base y ayuda a que las demás se realicen de manera más rápida y otras van de la mano como el SMED que puede ser aplicando junto con la 2S debido a que se reduce el tiempo de búsqueda de las herramientas lo que conlleva una disminución del *Setup* de las máquinas.

La implementación de la herramienta SMED se enfoca en conocer al detalle el proceso en el cual se utiliza maquinarias y esto ayudó a tener mayores conocimientos del funcionamiento de estas lo que conlleva a mejorar la producción de artículos de limpieza de mejor calidad e incluso al tiempo requerido del cliente, además amplía la curva de vida de las máquinas debido a que se posee un mejor tratamiento a ellas dentro y fuera de su funcionamiento.

La implementación del *Kanban* apoya a conocer muy bien el flujo que atraviesa los insumos para luego convertirse en producto terminado y la cantidad necesaria que se necesita en cada proceso lo que conlleva a tener los datos necesarios para otras mejoras que puedan apoyar esta herramienta como mejorar la gestión logística y tener proyecciones de demanda para acelerar el tiempo de recorrido del producto terminado hacia el cliente. Respecto al otro sector de la empresa se logró reducir tiempos de rotación de inventario y tener mayores conocimientos del stock necesario para el almacenamiento.

La implementación de las herramientas *Lean* ayuda a mejorar el ambiente de trabajo y agilizar el sistema productivo de la empresa lo cual da una ventaja competitiva con otras MYPES que se encargan del mismo rubro, pero no poseen estas herramientas dentro de su producción. Esto provocará mayores pedidos de clientes y aparición de nuevos clientes, que a largo plazo la empresa pueda ingresar a mayores nichos de mercado con la posibilidad de exportar si adquiere las certificaciones necesarias que serían más fáciles de conseguir debido al cambio organizacional que se obtuvo.

6.2. Recomendaciones

Las personas involucradas de la empresa deben continuar generando mejoras dentro de la empresa no solo quedarse en el área de producción sino también aplicarlo en las oficinas y almacenes para que esto no quede en solo un proyecto que se pueda aplicar a la empresa, pero por cuestiones de tiempo se quedó solo en documentos. La implementación de las herramientas Lean permite la eliminación de mudas identificadas dentro del área de análisis, pero la aplicación debe ser apoyado por el gerente general y los gerentes administrativos, y no ser tan reacios a minimizar la aplicación de estas herramientas, ya que éstas son utilizadas de manera más continua por empresas más grandes. Además, deben ser conscientes que esta implantación no tiene fin, ya que está en constante cambio, y continuar con la retroalimentación para no perderse los hábitos ya adquiridos por parte de las personas involucradas en el proceso de mejora.

La implementación de las 5S's debe seguir hasta el fin de la empresa, y se debe respetar su aplicación, ya que crea un entorno laboral agradable y un buen clima organizacional, que debe mantenerse para el control del OEE de 85.73%, con la aplicación de las otras herramientas que no se deben dejar de lado, para poder mantener las mejoras logradas y alcanzar los objetivos trazados, de esa manera, generar un valor agregado que genere mayores beneficios en comparación de otras empresas similares del mismo rubro.

La implantación de la herramienta *Lean SMED* es muy importante que abarque múltiples disciplinas como personas del área productiva, de calidad, mantenimiento, entre otros; sin embargo, la empresa no posee todas esas áreas, por ello solo se involucra la jefa del área que es una ingeniera industrial, el asistente de producción y el apoyo que puede ser el distribuidor o el personal de mantenimiento que muy pocas veces está en esa área debido a que pertenece al otro sector de la empresa, lo cual no permite que se pueda manejar de la mejor manera esta herramienta, pero se sugeriría que se involucre más el sector de saneamiento para un mejor funcionamiento del sector de limpieza y que siga los cambios a través de los años.

La ejecución de la herramienta *Kanban* es primordial que se requiera mayor información del flujo de las demandas de los productos lo cual no se tiene registro virtual de ello y esto dificulta las mejoras que se pueden realizar con otras herramientas incluyendo todas las propuestas dadas en este análisis. Además, se debe aplicar mayores técnicas de mejora respecto al almacenamiento de ambos sectores de la empresa y de esa manera reducir las *mudas* existentes en los dos sectores. La aplicación de esta herramienta es compleja por ello se necesita que los involucrados obtengan la rutina de las actividades a realizar en consecuencia se necesita mayor atención en el flujo de procesos en las que se está implementando.

Se debe documentar todo lo realizado dentro de este proceso y los cambios que pudieron haber ocurrido durante el tiempo de la implementación, como se mencionó en los puntos anteriores, se debe retroalimentar los pasos a seguir con el apoyo de los documentos realizados y con la supervisión de los líderes del proyecto en las fases de implantación dentro del área de estudio, además, de advertir ante cualquier cambio drástico del comportamiento de la implementación. Se debe realizar auditorías internas y externas, no solamente en la fase de implementación, sino todos los años, luego de su puesta en marcha, para mantener o mejorar la aplicación.



Bibliografía

ACUÑA ALCARRAZ, Diego

2012 *Análisis Incremento de la capacidad de Producción de fabricación de estructuras de mototaxis aplicando metodologías de las 5S's e ingeniería de métodos*. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

BARCIA, K. Y MENDOZA G.

(s/f) "Aplicación de la Metodología SMED para la reducción de los tiempos de cambio de formato en una línea de producción de helados". *Revista Tecnológica ESPOL*. Guayaquil. Vol. xx, N. xx, pp-pp.

CRUZ ALVAREZ, Juan Diego Alexander

2018 *Análisis y propuesta de mejora del servicio de entrega de un operador logístico aplicando la metodología lean office*. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

CUATRECASAS, Lluís

2010 *Lean management: la gestión competitiva por excelencia: implantación progresiva en siete etapas*. Barcelona: Profit.

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02225a&AN=pucp.523448&lang=es&site=eds-live&scope=site>

CUATRECASAS, Lluís

2000 *TPM: hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción*. Barcelona: Gestión.

DUDEK-BURLIKOWSKA, Marta y D. Szewieczek

2009 "The Poka-Yoke method as an improving quality tool of operations in the process". *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*. Gliwice. Vol. 36, N 02, pp. 95-102.

http://jamme.acmsse.h2.pl/papers_vol36_1/36112.pdf

GONZALES, Francisco

2007 *Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing)*. Principales Herramientas. *Revista Raites*. México. Volumen I, número 2. Consulta: 25 de abril de 2019.

<http://www.itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/raites/article/view/77>

HERNÁNDEZ, Juan Carlos y Antonio Vizán

2013 *Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Fundación Escuela de Organización Industrial.

https://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:80094/EOI_LeanManufacturing_2013.pdf

HIDALGO CASTRO, Daniel.

2005 *Análisis e Implementación de una metodología con la técnica 5S para mejorar el área de matricería de una empresa extrusora de aluminio*. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica de Litoral, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción.

KOGYO, Nikkan y Hiroyuki Hirano

1991 *Poka-yoke: mejorando la calidad del producto evitando los defectos*. Madrid: Tecnologías de Gerencia y Producción.

KRAJEWSKI, Lee J.; Larry P. Ritzman y Manoj K. Malhotra

2008 *Administración de operaciones: procesos y cadenas de valor*. Octava edición. Naucalpan de Juárez: Pearson Educación.

MEJÍA CARRERA, Samir Alexander

2013 *Análisis y propuesta de mejora del proceso productivo de una línea de confecciones de ropa interior en una empresa textil mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta*. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

RAJADELL, Manuel y José SÁNCHEZ

2010 *Lean manufacturing: la evidencia de una necesidad*. Primera Edición. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02225a&AN=pucp.492891&lang=es&site=eds-live&scope=site>

RAMOS FLORES, José

2012 *Análisis y propuesta de mejora del proceso productivo de una línea de fideos en una empresa de consumo masivo mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta*. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

RAVE, J. P., Daniel La Rotta, Katherine Sánchez, Yiseth Madera, Guillermo Restrepo, Mayra Rodríguez, Johan Vanegas y Carlos Parra.

2011 “Identificación y caracterización de mudas de transporte, procesos, movimientos y tiempos de espera en nueve pymes manufactureras incorporando la perspectiva del nivel operativo”. *Ingeniare*. Medellín. Vol. 19, N 03, pp. 396-408.

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=72370740&lang=es&site=eds-live&scope=site>

RIVERA POVIS, Jhonny Anderson

2020 *Análisis del sector de industrias químicas y de saneamiento de agua*. Trabajo de investigación para optar el título de bachiller de Ingeniería Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

SCHROEDER, Roger; Susan Meyer y M. Rungtusanatham

2011 *Administración de operaciones: conceptos y casos contemporáneos*. Quinta Edición. México: McGraw-Hill, 2011.

SUZUKI TAKUTARU

2005 *TPM para industrias de proceso*. España: Ediciones TGP Hoshin.

TEJEDA, Anne

2011 “Mejoras de *Lean Manufacturing* en los sistemas productivos”. *Ciencia y sociedad*. Santo Domingo. Vol. 36, N 02, pp. 276-310.

<http://repositoriobiblioteca.intec.edu.do/bitstream/handle/123456789/1364/CISO20113602-276-310.pdf>

TITTO PORRAS, Luis Felipe

2018 *Propuesta de mejora de una empresa de producción de sanitarios y accesorios de baño en Lima Metropolitana*. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

VARGAS RODRIGUEZ, H.

2004 *Manual de Implementación del programa 5S*. Santander: Corporación Autónoma Regional de Santander.

WOMACK, James y Daniel Jones

2005 *Lean thinking: Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. Sexta Edición. Barcelona: Gestión 2000.

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02225a&AN=pucp.401691&lang=es&site=eds-live&scope=site>