

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**ANÁLISIS DE LA FILOSOFÍA DE *LEAN MANUFACTURING*
PARA LA PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE
CRECIMIENTO BIOLÓGICO DE LA TRUCHA ARCOÍRIS**

**Trabajo de investigación para la obtención del grado de BACHILLER
EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

AUTORA:

Sheila Nicole Arias Laureano

ASESOR:

Mg. Jonatan Edward Rojas Polo

Lima, agosto, 2021

RESUMEN

El proceso de crecimiento biológico de la trucha arcoíris en el Perú ha registrado un crecimiento promedio del doce por ciento en los últimos años; sin embargo, su desarrollo tecnológico es deficiente comparado al de otros países. Por ello, en el presente trabajo de investigación, se pretende verificar la factibilidad de la aplicación de *Lean Manufacturing* para mejorar el rendimiento de este proceso y ganar competitividad en el sector. Para ello, se realiza una revisión de literatura de la filosofía de *Lean Manufacturing*, sus definiciones, sus herramientas y casos de estudio de sus aplicaciones en diferentes tipos de industrias como la salud, alimentos, agricultura, y tecnologías de información. Además, se identifican las tecnologías aplicadas a la industria de la acuicultura en el Perú y en el mundo; y se definen cada una de las etapas del proceso de crecimiento de la trucha arcoíris. Finalmente, se concluye que la filosofía de *Lean Manufacturing* sí puede ser aplicada en cualquier tipo de industria y de proceso como es el caso de la acuicultura en el proceso de crecimiento biológico de la trucha arcoíris y que se lograría una mejora en el rendimiento del mismo al aplicarlo no solo en la etapa de diagnóstico, sino también en la etapa de implementación y mejora.



ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO	1
1.1. Introducción a <i>Lean Manufacturing</i>	1
1.2. El concepto de desperdicio de <i>Lean Manufacturing</i>	2
1.2.1. Las tres M's	3
1.2.2. Las cuatro M's o cinco M's	3
1.2.3. Los siete desperdicios	4
1.3. Herramientas de <i>Lean Manufacturing</i>	8
1.3.1. <i>Value Stream Mapping</i>	8
1.3.2. Herramienta de las 5S	11
1.3.3. <i>Heijunka</i>	16
1.3.4. SMED	19
1.3.5. Control visual	20
1.3.6. <i>Poka Yoke</i>	21
1.4. <i>Lean Manufacturing</i> en diferentes tipos de industrias	23
1.4.1. <i>Lean Farm</i>	23
1.4.2. <i>Lean Healthcare</i>	23
1.4.3. <i>Lean IT</i>	24
1.5. El ciclo de vida de la trucha arcoíris en el Perú	24
CAPÍTULO 2: ESTUDIO DE CASOS	26
2.1. Caso de estudio 1: “ <i>A Green Lean approach to global competition and climate change in the agricultural sector – a Swedish case study</i> ”	26
2.1.1. Principales problemas identificados	26
2.1.2. Herramientas <i>Lean</i> aplicadas	26
2.1.3. Resultados obtenidos	27
2.2. Caso de estudio 2: “ <i>Lean Principles in Vertical Farming: A Case Study</i> ”	28
2.2.1. Principales problemas identificados	28
2.2.2. Principios <i>Lean</i> aplicados	29
2.2.3. Resultados obtenidos	31
2.3. Caso de estudio 3: “ <i>Improvement of Productivity and Quality in the Value Chain through Lean manufacturing – a case study</i> ”	32
2.3.1. Principales problemas identificados	32
2.3.2. Herramientas <i>Lean</i> propuestas y aplicadas	32
2.3.3. Resultados obtenidos	34
2.4. Caso de estudio 4: “ <i>House of lean for food processing SMEs</i> ”	34
2.4.1. Problemas identificados	34
2.4.2. Herramientas <i>Lean</i> aplicadas	34
2.4.3. Resultados obtenidos	35
2.5. Caso de estudio 5: “ <i>Apply Lean and Taguchi in different level of variability of food flow processing system</i> ”	36
2.5.1. Principales problemas identificados	36
2.5.2. Herramientas <i>Lean</i> aplicadas	37

2.5.3. Resultados obtenidos	37
CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO DEL SECTOR DE ACUICULTURA.....	39
3.1. La acuicultura en el mundo.....	39
3.2. La acuicultura en el Perú.....	41
CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	43
4.1. Conclusiones.....	43
4.2. Recomendaciones.....	43
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de desperdicios según las 4M's	5
Figura 2. Los 7 desperdicios	8
Figura 3. Procesos que representan valor añadido para el cliente.....	9
Figura 4. Simbología utilizada para el flujo de materiales	10
Figura 5. Simbología del flujo de información.....	10
Figura 6. Ejemplo de mapa de flujo de valor	11
Figura 7. Ejemplo de Etiqueta Roja.....	13
Figura 8. Círculo de Frecuencia de Uso.....	14
Figura 9. Sistema de Producción Tradicional por lotes	17
Figura 10. Sistema de Producción Nivelado de <i>Lean Manufacturing</i>	17
Figura 11. Fórmula para el cálculo del takt time	18
Figura 12. Fórmula para el cálculo del tiempo de paso.....	19
Figura 13. Fórmula para el cálculo del número teórico de operarios.....	19
Figura 14. Fórmula para el cálculo de pérdidas por falta de balanceo	19
Figura 15. Sistema Poka Yoke “A prueba de errores”	21
Figura 16. VSM resumen de los desperdicios identificados en las 34 granjas	26
Figura 17. Distribución actual de los procesos.....	29
Figura 18. U– celda con un operario	30
Figura 19. U – celda con dos operarios.....	30
Figura 20. Diagrama FIFO aplicado en el sistema de agrícola vertical	30
Figura 21. Distribución mejorada de los procesos.....	31
Figura 22. Mapa del flujo de valor actual de la compañía de pescados y mariscos.....	32
Figura 23. Modelo Lean del Iceberg.....	35
Figura 24. Casa de <i>Lean</i>	35
Figura 25. Resultados de la simulación Taguchi	38
Figura 26. Producción acuícola mundial	39
Figura 27. Cosecha de recursos hidrobiológicos del sector acuicultura según especie en el Perú: 2018.....	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Identificación de MUDAS en el proceso de fileteado.....	33
Tabla 2. Tipos de desperdicios en el proceso de galletas.....	37
Tabla 3. Factores que influyen en el proceso de elaboración de galletas.....	37
Tabla 4. Matriz de correlación (Pearson n)	38



CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

1.1. Introducción a *Lean Manufacturing*

Después de la Segunda Guerra Mundial, Toyota, compañía de autos japonesa, decidió invertir en una producción a escala de autos y camiones; sin embargo, durante su inicio se evidenciaron varios problemas externos como la demanda variada de vehículos que existía, el cambio de políticas en manejo de personal, la economía japonesa afectada por la guerra y las empresas automovilísticas extranjeras con miras a entrar al mercado japonés. Además, problemas internos, por la gran diferencia de tecnología frente a los modelos tradicionales existentes como el modelo Ford.

Por ello, Eiji Toyoda y Taiichi Ohno, miembros de la compañía japonesa, desarrollaron un nuevo método *Toyota Production System* (TPS), que años más tarde sería conocido como *Lean Manufacturing*. Esta metodología permitió una producción flexible y en lotes pequeños, una disminución de tiempos de cambio y defectos, además de una disminución de manejo de inventarios en cada proceso. Prácticamente, una eliminación de desperdicios en el proceso y bajo una mínima inversión.

“Todo lo que estamos haciendo es evaluar el tiempo desde que el cliente ordena el pedido hasta cuando se recibe el dinero, buscar reducir ese tiempo de ciclo a través de la eliminación de procesos que no agregan valor” (Ohno, 1988)

Hoy en día, *Lean Manufacturing* es definido de distintas formas por numerosos autores que han estudiado esta metodología a lo largo de los años, los cuales se presentan a continuación:

Lean Manufacturing es la producción de bienes utilizando mínimos recursos: Defectos mínimos, esfuerzo humano mínimo, espacio mínimo, inversión mínima y tiempo de desarrollo de un nuevo producto mínimo. (Wang, 2010:1) Por lo que, cuando es implementada, reduce el tiempo de ciclo desde que se recibe la orden de pedido del cliente hasta su entrega a través de la eliminación de desperdicios en el flujo de producción. (Liker, 1998:481)

Según Salinas-Coronado (2014), *Lean Manufacturing* también puede ser definida como una combinación de herramientas múltiples que ayudan a eliminar aquellas actividades que no agregan valor al producto, servicio y/o proceso, las cuales son denominadas como desperdicios. Esta metodología consta de cinco principios: Especificar el valor, el cual es definido por el cliente; identificar el flujo de valor; hacer que fluyan las etapas creadoras de valor; implementar la estrategia *pull*; es decir, la producción en base a lo que la demanda requiera; y, por último, la perfección, el equipo buscará con mayor frecuencia nuevas maneras de mejorar lo ya existente. (Womack, T y D, Jones; 1990).

El objetivo de *Lean Manufacturing*, según lo define Liker (2004), es aplicar la idea de “*One-piece Flow*” a todas las operaciones desde el diseño del producto hasta su lanzamiento, el recibo de la orden de pedido y su producción. Todas las personas que han experimentado el pensamiento *lean* desean eliminar todos los desperdicios del mundo y aplicarlo a cualquier proceso.

Además, cabe resaltar que esta metodología no puede ser comprada o instalada como un simple software, ya que *Lean Manufacturing* está basada en el cambio de la forma de trabajo, y la formación del comportamiento y actitud del personal, activos que no pueden ser copiados fácilmente por la competencia, lo cual genera una gran ventaja competitiva. Asimismo, al ser una metodología en busca de la mejora continua, el personal está comprometido en buscar siempre la perfección de los procesos a través de nuevas ideas de mejora. (Dudbridge, 2011:21,22)

Asimismo, al ser *Lean Manufacturing* una herramienta que se enfoca en el control de la calidad para reducir costos a través de la eliminación de desperdicios, su enfoque es totalmente integrado y va evolucionando continuamente. Por ello, su implementación debe ser respaldada por una fuerte cultura manejada de manera consciente, continua y consistente. (Wilson, 2010:11). Además, para que pueda ser efectiva a un nivel estratégico, esta metodología debe ser compartida por la organización entera y después, ser expandida, progresivamente, a toda la cadena de valor. (Bhasin, 2015:10). De igual manera, según lo señala Byrne (2013), es necesario un líder que esté alineado a los objetivos planteados en el plan de implementación, el cual hará frente a la resistencia al cambio a través de un esfuerzo prolongado, y en control y seguimiento del proceso de transformación.

Para un mejor detalle de lo que implica *Lean Manufacturing*, en los siguientes incisos, se explicarán cada uno de los componentes que lo conforman.

1.2. El concepto de desperdicio de *Lean Manufacturing*

En primer lugar, para entender el concepto de desperdicio, es necesario definir el valor agregado. Según lo señala Chiarini, Found y Rich (2016), el valor agregado es aquello que es reconocido como tal por el cliente y debe ser producido al menor costo posible, maximizando el valor que el cliente reconoce en el producto o servicio final.

Por ello, desperdicio puede ser definido como toda actividad que aumenta el costo del producto, pero no añade valor al cliente. (Chiarini, Found, Rich; 2016:23). Sin embargo, no necesariamente toda actividad que no agrega valor a un proceso es un desperdicio, así como al eliminar el desperdicio tampoco significa que se añade algún valor al proceso. El objetivo es rediseñar el flujo de operaciones para hacerlo más eficiente. (Tsigkas, 2012:46)

El desperdicio es comúnmente referido a materiales, espacio y tiempo invertido, y tanto empresas públicas como privadas lo presentan. Asimismo, existen diferentes tipos de desperdicio clasificados según la cultura e historia del mismo, los cuales se presentan a continuación:

1.2.1. Las tres M's

Esta clasificación está dada por la cultura japonesa tradicional, quienes se centran en obtener el balance perfecto entre la capacidad y la demanda, por lo que definen los siguientes tipos de desperdicios:

- *Muda*: Definido como mayor capacidad que demanda
El término *Muda* significa es español desperdicio y es definido por Bell y Orzen (2011), como cualquier proceso que no añade valor al producto o servicio.
- *Mura*: Definido como la variación de la capacidad según el objetivo fijo.
Según Bell y Orzen (2011), el desnivel y variación (*Mura* en japonés) es la inconsistencia en el flujo del proceso causado por los cambios abruptos en volumen, variedad y calidad en la producción. Para un manejo adecuado, es necesario la estandarización del diseño de productos y procesos, y el ajuste del control de producción.
- *Muri*: Definido como mayor flujo de trabajo que la capacidad.
La sobrecarga en los procesos, según lo definen Bell y Orzen (2011), representa el trabajo por demás de las máquinas y personas, lo cual genera estrés, fallas y reprocesos. Por ello, es necesario constantes capacitaciones, procesos estandarizados y manejo de la demanda para asegurar un correcto flujo del proceso.

Para un mejor entendimiento de los conceptos definidos, anteriormente, se presenta el siguiente ejemplo: Una empresa de confección recibe una orden de pedido de 80 polos y cuenta con máquinas con capacidad de realizar 10 polos al mismo tiempo.

- *Muda* estaría presente si se produjera en lotes de 5 polos en 16 corridas.
- *Mura* estaría presente si se produjera en lotes de 10 polos y 5 polos con 6 corridas y 4 corridas, respectivamente,
- *Muri* estaría presente si se produjera en lotes de 20 polos en 4 corridas, excediendo la capacidad actual.

1.2.2. Las cuatro M's o cinco M's

Esta clasificación está relacionada con el Diagrama de Causa Efecto de Ishikawa y las cuatro M's significan lo siguiente (ver Figura 1):

- M: *Man* (Hombre en español)

- M: Material
- M: *Machine* (Máquina en español)
- M: *Method* (Método en español)

En algunas ocasiones, se denomina una M más relacionada con la “Madre naturaleza”; es decir, factores ambientales como la temperatura, humedad, entre otros.

1.2.3. Los siete desperdicios

Según el Sistema de Producción de Toyota (TPS), el desperdicio se clasifica en siete tipos, los cuales se analizan durante todo el flujo del proceso.

- **Sobreproducción**

Este desperdicio se da cuando se produce una cantidad mayor a la requerida por la demanda. En otros términos, Chiarini (2011) señala que la sobreproducción ocurre cuando hay producción sin un orden de pedido.

Causas

- Producción en masa
- Inventario creado para subsanar defectos
- Personal adicional en las operaciones
- Presencia de muchas máquinas

Consecuencias

- Incremento de inventarios
- El flujo de producción disminuye
- Reducción de flexibilidad en las operaciones
- Incremento de costos indirectos como el transporte, inspecciones, entre otros.

En los servicios, la sobreproducción se puede manifestar como los procesos innecesarios que ocasionan una demora en la entrega final del servicio.

Para eliminar este desperdicio, se pueden aplicar herramientas *Lean* como SMED y *Heijunka*.

- **Inventario**

Este desperdicio está relacionado directamente con el primero de sobreproducción. Inventario es cualquier producto en proceso, terminado o materia prima que se almacena dentro o fuera de la planta por un cierto periodo de tiempo. (Chiarini, 2011:21-23)

Causas

- Tiempos de cambio largos
- Producción anticipada
- Cuellos de botella en el flujo del proceso
- Presencia de defectos en los procesos

- Pensamiento de que el inventario no puede ser evitado

Este último es el más importante, ya que el personal debe saber que el exceso de inventario oculta problemas, no los soluciona.

Consecuencias

- Dinero inmovilizado
- Reducción de espacios
- Accidentes

Para eliminar y reducir este desperdicio, se pueden aplicar herramientas *Lean* como *Heijunka*, *SMED* y producción *Pull*.

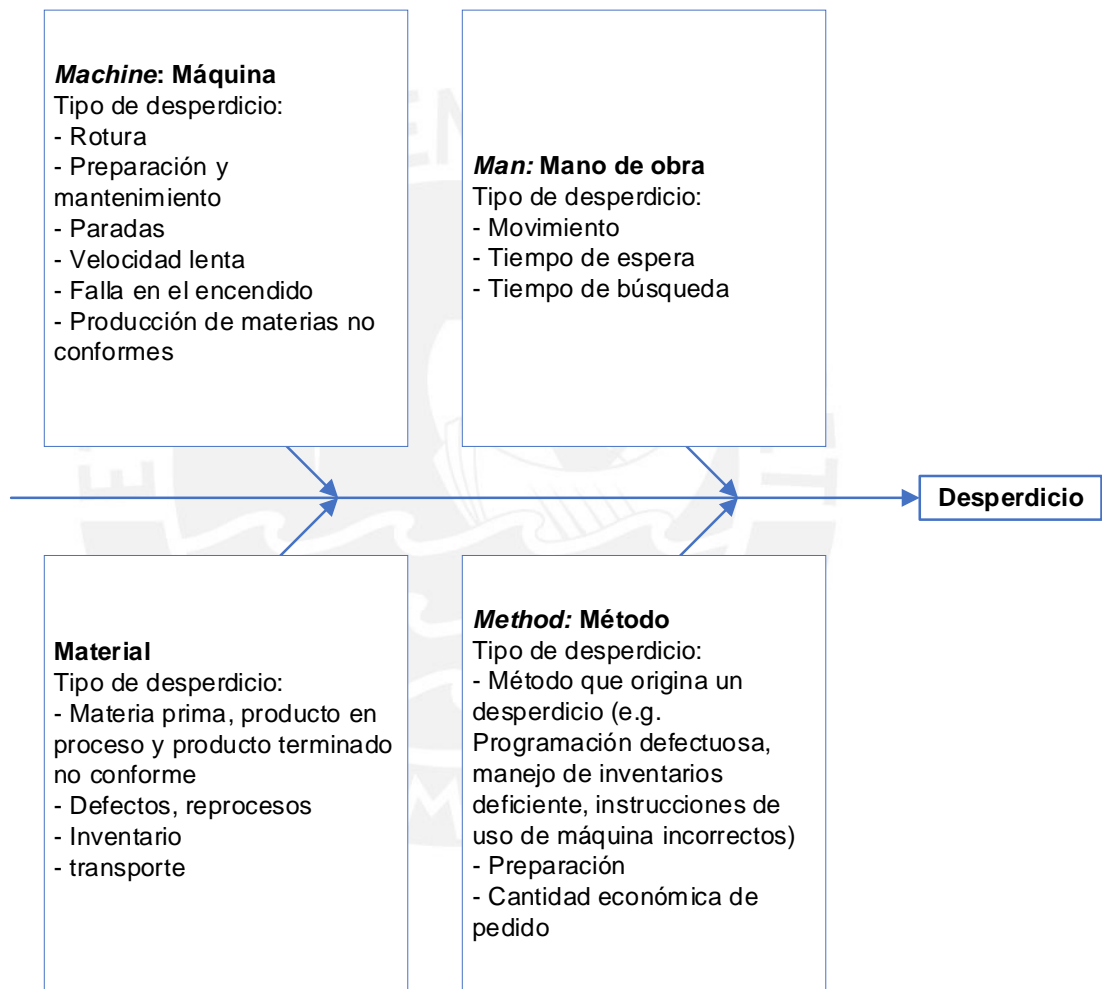


Figura 1. Clasificación de desperdicios según las 4M's

Fuente: Chiarini (2011)

Elaboración propia

- **Movimiento**

Tiempo relacionado al movimiento de los trabajadores al realizar una actividad que no agrega valor al producto. Por ejemplo, cuando los trabajadores tienen que buscar herramientas para realizar alguna actividad o cuando necesitan ir a otra área para cargar datos al sistema.

Causas:

- Distribución de la planta mal elaborada
- Falta de orden y limpieza en las zonas de trabajo
- Desenvolvimiento del personal deficiente
- Trabajadores con poca experiencia

Consecuencias:

- Aumento del tiempo del proceso
- Actividades repetitivas

Para eliminar este desperdicio, se pueden aplicar las 5S, incrementar las capacitaciones del personal, estandarización de procesos, entre otros.

- **Defectos**

Se denomina así a los productos que no satisfacen los requerimientos del cliente interno o externo, y están relacionados con costos en esa misma denominación: internos y externos.

Algunos ejemplos de costos externos son los costos generados por acciones legales, penalidades de no conformidad, manejo de reclamos, entre otros.

Causas

- Materiales y productos en mal estado
- Métodos deficientes
- Mano de obra no calificada
- Máquinas no adecuadas para el proceso

Consecuencias

- Desequilibrio de la productividad
- Pérdidas económicas (ventas, materiales, etc.)
- Pérdida de confianza de clientes

Para eliminar este desperdicio, se pueden aplicar herramientas Lean como *Poka Yoke* y *Jidoka*.

- **Transporte**

Hace referencia al movimiento de transportar los productos en proceso o terminados y la materia prima entre almacenes, procesos o de un almacén a un proceso.

Causas

- Distribución de planta ineficiente
- Lotes altos de producción
- Trabajadores con poca experiencia
- Pensamiento de que el transporte es necesario para el proceso

Para eliminar este desperdicio, se pueden aplicar herramientas *Lean* como las 5S y VSM.

- **Sobreproceso**

Actividades del proceso que no agregan valor al producto final o que no son requeridos por el cliente.

Causas

- Diseño de procesos ineficientes
- Análisis de actividades inadecuados
- Procesos no estandarizados
- Máquinas, herramientas no necesarias

Consecuencias

- Incremento del tiempo de producción
- Recursos desperdiciados como mano de obra
- Incremento de costos

Para eliminar este desperdicio, se puede automatizar los procesos, aplicar 5S, un rediseño del proceso a través del análisis del VSM, entre otros.

- **Tiempos de espera**

Desperdicio relacionado con la presencia de mano de obra y/o máquinas inoperativas, debido a que no se utiliza la capacidad total de la actividad o que se está a la espera de que la actividad previa termine su operación.

Causas

- Falta de balance de actividades
- Producción en lotes grandes
- Mantenimiento de prevención deficiente
- Falta de capacitaciones o instrucciones al personal
- Falta de orden y limpieza de la zona de trabajo

Consecuencias

- Incremento del tiempo de producción
- Recursos utilizados ineficientemente

Para eliminar este desperdicio, se pueden aplicar herramientas *Lean* como *Heijunka*, 5S, TPM y *Poka Yoke*.

Lluís Cuatrecasas (2011) establece los 7 desperdicios explicados anteriormente en un gráfico (ver Figura 2).



Figura 2. Los 7 desperdicios

Fuente: Lluís Cuatrecasas (2011)

1.3. Herramientas de *Lean Manufacturing*

1.3.1. *Value Stream Mapping*

El *value stream mapping* (VSM en adelante) o Mapa de Flujo de Valor, por su significado en español, es el inicio del camino de la empresa en *Lean Manufacturing*, ya que permite conocer la situación actual, a partir de la cual se realizará una propuesta de mejora, y genera una visión del negocio que muestra tanto el flujo de materiales como el flujo de información desde el proveedor hasta el cliente en un único lenguaje. Además, de identificar las actividades que no aportan valor añadido al negocio con el objetivo de eliminarlas para ser más eficientes. (Rajadell, 2010: 33-35)

Según Wilson (2010:128-129), el VSM es una herramienta que presenta la información necesaria del flujo del proceso para atender el requerimiento del cliente. El principal beneficio del VSM es que se enfoca en identificar desperdicios a lo largo del flujo del proceso para después plantear propuestas de mejora que garanticen la optimización general del proceso, y no solo de un área específica.

El VSM es un método que promueve la comunicación interna acerca de la situación actual en cada operación y las futuras acciones a tomar, lo que genera una transparencia en el análisis de todo el proceso. (Erlach, 2013:7)

Asimismo, Wilson clasifica el VSM en tres tipos:

- VSM actual: Presenta la situación actual del flujo de proceso de la organización, y se recomienda terminarlo para que la evaluación a realizar sea lo más ajustado a la realidad.

- VSM futuro: Presenta una situación mejorada del flujo de proceso que se ajusta al alcance de la organización y en un intervalo de tiempo adecuado.
- VSM ideal: Presenta un escenario del flujo de proceso con la máxima eficiencia en el manejo de desperdicios; sin embargo, se debe tener precaución al momento de realizarlo y tomar en consideración las limitaciones de tecnología y presupuesto de la organización.

Además, Wilson señala que es necesaria la participación de todo el equipo involucrado en los procesos, ya que de esa manera hay un mejor ajuste a las necesidades de cada operación en el negocio.

Para la elaboración de un VSM, Rajadell lista los siguientes pasos:

- Selecciónar el producto principal: Se debe elegir un producto que se ajuste a las necesidades del negocio en ese momento como aquel que presenta un tiempo elevado de operación, sobreproducción, *lead time* elevado, entre otros.
- Identificar la situación actual del producto elegido: Se recopila información acerca del flujo de proceso que sigue el producto elegido, desde el almacén de materia prima hasta el almacén de producto terminado, para lo cual se puede utilizar un Diagrama de Actividades del Proceso, además que se pueden identificar las operaciones que agregan valor (*ver Figura 3*). De igual manera, se anotan los datos relevantes de cada operación referente al tiempo de ciclo, tiempo de cambio de máquinas, inventarios acumulados en cada etapa, número de estaciones, entre otros.

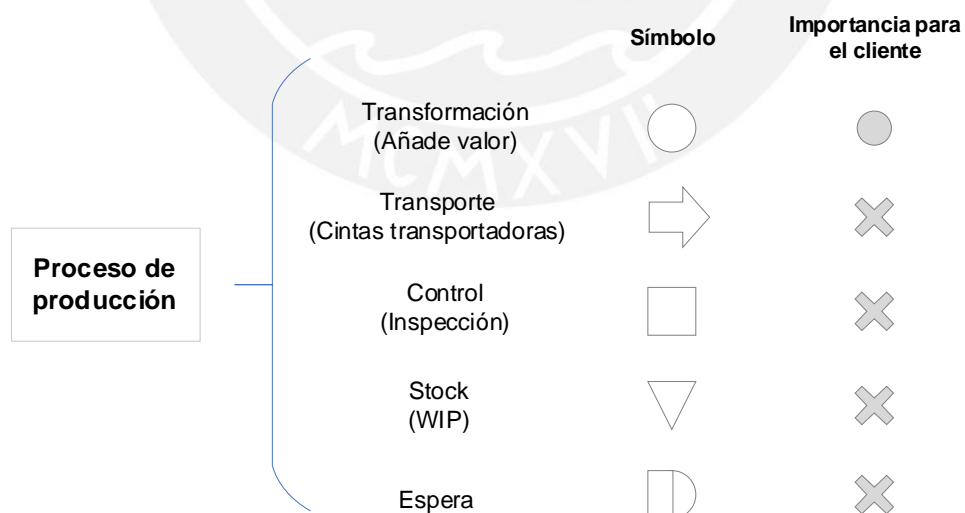


Figura 3. Procesos que representan valor añadido para el cliente

Fuente: Rajadell (2010)

Elaboración propia

Después de la identificación se las operaciones y datos relevantes que intervienen en todo el flujo del proceso, se procede a armar el diagrama de flujo de materiales con la respectiva simbología (ver Figura 4).

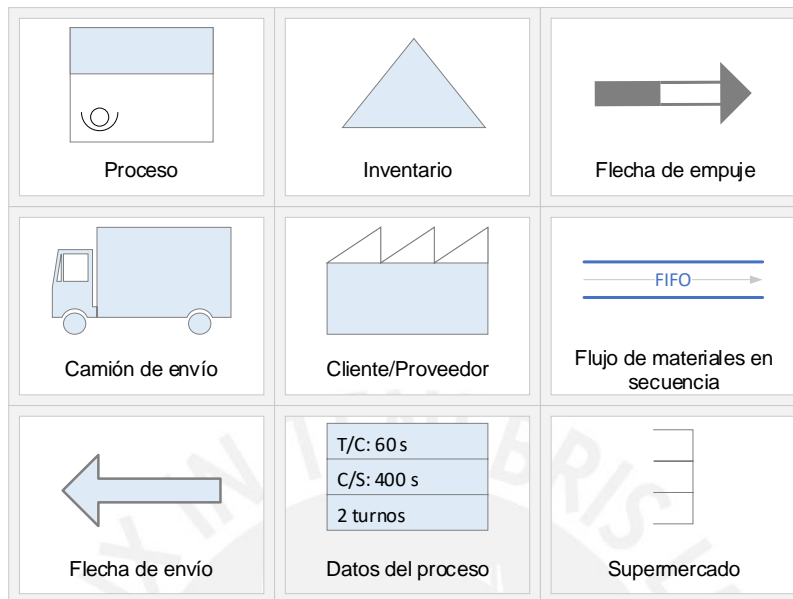


Figura 4. Simbología utilizada para el flujo de materiales

Fuente: Rajadell (2010)

Elaboración Propia

- c) Identificar el flujo de información a lo largo del proceso: Se toma nota de la información existente con los clientes y proveedores y la manera en cómo estos son transmitidos a lo largo de proceso, para después armar el mapa de flujo de información con la simbología definida (ver Figura 5).

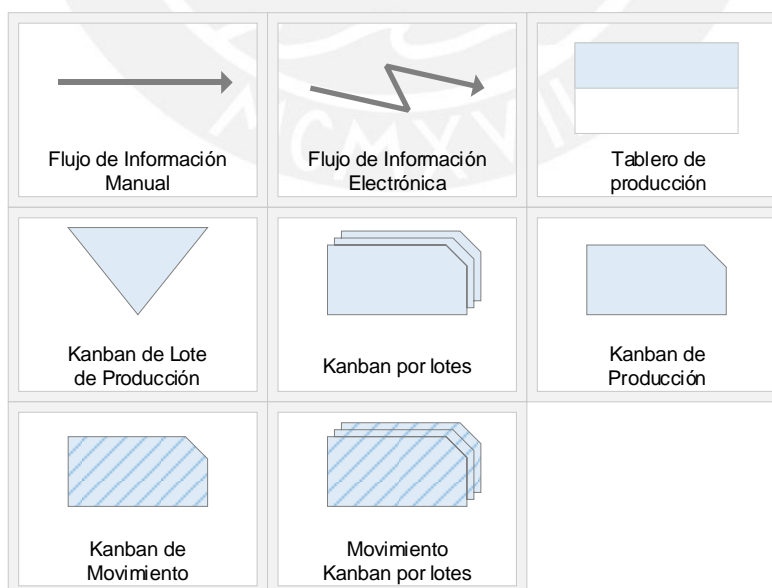


Figura 5. Simbología del flujo de información

Fuente: Rajadell (2010)

Elaboración propia

- d) Se calcula y representa el lead time de producción: Para ello, se utilizan los datos recopilados en cada operación como el tiempo de ciclo, los inventarios acumulados
- e) Presentación del VSM completo: Una vez identificados los flujos de materiales e información de todo el proceso, y el cálculo del lead time de producción, se presenta el VSM completo (ver Figura 6).

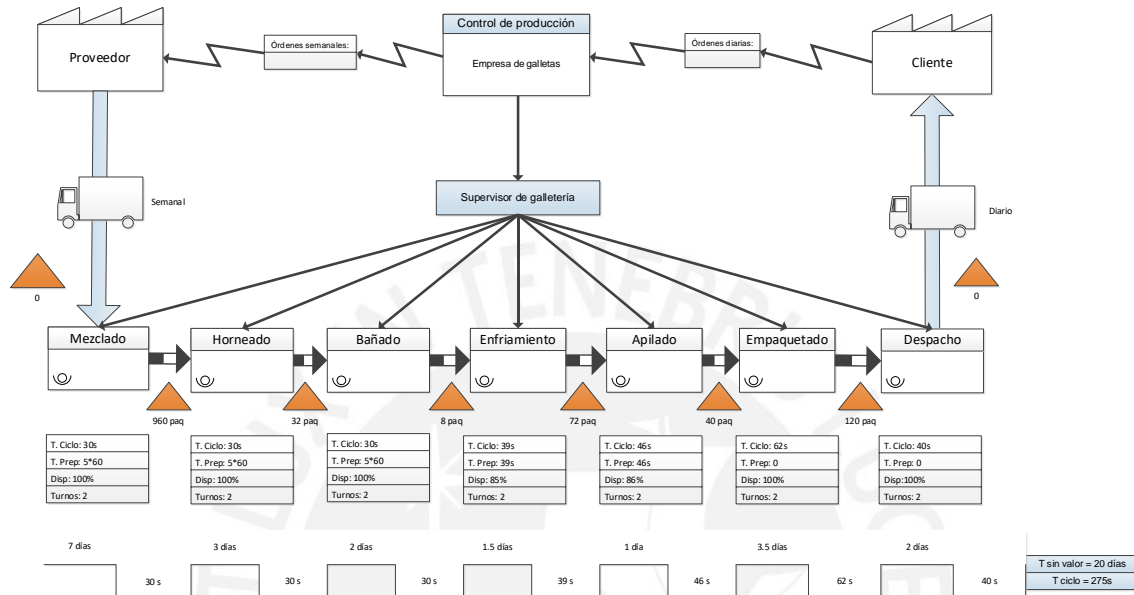


Figura 6. Ejemplo de mapa de flujo de valor
Elaboración propia

1.3.2. Herramienta de las 5S

Las 5S es una herramienta simple, pero muy eficiente para mejorar la limpieza, reducir todo tipo de desperdicios, optimizar recursos y estandarizar la organización de la zona de trabajo. (Ostbo, 2016:46)

El sistema de las 5S's está diseñado para mejorar el ambiente de trabajo y estandarizarlo, y consta de 5 pasos, cuyo desarrollo implica la asignación de recursos, la adaptación del personal a la cultura de la empresa y la consideración del comportamiento humano.

Según Rajadell (2010), las 5S requieren el compromiso tanto de los niveles operativos como los directivos, y están en busca de mejorar el rendimiento de la organización, y presentan las siguientes ventajas:

- Simplicidad de los conceptos que manejan
- Gran componente visual de alto impacto que puede ser aplicado en un corto tiempo
- Facilita la comunicación con el resto de empleados
- Evita reclamos de los clientes relacionados a la calidad de los productos
- Mejora la calidad de vida, el rendimiento y la seguridad en la zona de trabajo

Las 5S's se detallan a continuación:

a) Seiri

La primera S implica clasificar y eliminar todos los elementos innecesarios en el área de trabajo en evaluación, se separa aquello que se necesita de lo que no se necesita. Su implementación aborda los siguientes puntos:

- Realizar un inventario de todos los objetos, herramientas, entre otros, que se encuentren en la zona de trabajo
- Separar los materiales necesarios de aquellos que no lo son
- Mantener aquello clasificado como necesario y desechar lo que no
- Separar los elementos necesarios según su uso y frecuencia de utilización
- Aplicar estas normas tanto a materiales tangibles (herramientas, máquinas, piezas, etc.) como intangibles (documentos, ficheros, etc.).

Además, Hirano (2009) señala que, una estrategia muy efectiva en esta S, es la aplicación de la Etiqueta Roja, la cual consta de los siguientes pasos:

Paso 1: Lanzar el proyecto de Etiqueta Roja

Dar a conocer la importancia de su aplicación y garantizar el compromiso del equipo.

Paso 2: Identificación de las Etiquetas Rojas

Para ello, es necesario identificar los materiales que son y no son necesarios. Por ejemplo, en una planta de manufactura, lo más común es identificar como no necesarios son los inventarios apilados fuera de lugar.

Paso 3: Determinar el criterio de la Etiqueta Roja

Este paso es muy importante, ya que ayuda a identificar de manera más rápida los recursos que no son necesarios a través de criterios establecidos. El criterio más usado es utilizar la programación de producción del mes siguiente, todo aquello que no es necesario para ese programa, se debe identificar como no indispensable.

Paso 4: Adquirir las Etiquetas Rojas

Puede ser cualquier material, tal que garantice su uso adecuado para el insumo a etiquetar. Asimismo, la etiqueta debe contener la categoría del producto, el nombre del producto, cantidad, razones por las que se clasifica de esa manera, área al que pertenece y la fecha (*ver Figura 7*).

Paso 5: Colocar la Etiqueta Roja

El equipo debe conocer y comprometerse con los criterios establecidos en el anterior paso. Sin embargo, es recomendable que personas ajenas a la zona de trabajo coloquen las etiquetas rojas, con el fin de evitar excusas por parte del personal involucrado.

PLAN H		MEDIDA H	
Categoría	1. Materia prima 2. Inventario en proceso 3. Maquinaria 4. Herramientas no necesarias 5. Producto terminado	6. Productos de oficina 7. Inventario de materiales 8. Otros	
Nombre de artículo			
Proceso			
Cantidad:	Unidad de medida:	Valor monetario:	
Razón	1. No necesario 2. Defectuoso 3. Tecnología obsoleta 4. En exceso 5. Uso desconocido	6. Uso inadecuado 7. Otros	
Desechado por	<i>Departamento / División /Sección</i>		
Forma de desecho	1. Descartado 2. Transporte al almacén de artículos con tarjeta roja 3. Transporte a otro almacén 4. Otro		
Fecha de hoy:	Fecha de publicación:	Fecha de desecho:	
Número de registro de etiqueta roja:			

Figura 7. Ejemplo de Etiqueta Roja

Fuente: Hirano (2009)

Elaboración propia

Paso 6: Evaluar las Etiquetas Rojas colocadas

Se revisan las etiquetas rojas colocadas para decidir qué hacer con esos materiales: Moverlos a otra zona, venderlos, reciclarlos o desecharlos.

b) Seiton

Comprende la organización de los elementos clasificados como necesarios en la anterior S, y en su aplicación se puede abarcar lo siguiente:

- Marcar los límites de las áreas de trabajo, almacenaje y zonas de paso
- Disponer de un lugar adecuado, según la frecuencia de uso y con un criterio de seguridad, calidad y eficacia.
- Evitar duplicidades

Para identificar el lugar óptimo de ubicación, se puede tomar en cuenta el círculo de frecuencia de uso (*ver Figura 8*).



Figura 8. Círculo de Frecuencia de Uso

Fuente: Rajadell (2010)

Elaboración propia

Según Hirano (2009), es muy importante la estrategia de colocar letreros para mejorar la visibilidad de la aplicación de esta S. Además, dado que después de la aplicación de *Seiri*, solo quedan los objetos necesarios, se debe buscar la manera de usarlos de forma eficiente, y la estrategia de los letreros es la más utilizada. Para ello, se pueden seguir los siguientes pasos:

Paso 1: Determinar el lugar adecuado

Se deben seguir criterios de cercanía, ergonomía y el flujo de proceso.

Paso 2: Preparar la ubicación

Este paso implica determinar el insumo adecuado para preparar el lugar en el que se colocarán los materiales. Puede ser por tamaño, resistencia, entre otros.

Paso 3: Indicar la ubicación

Una vez preparado el lugar de almacén, se deben colocar letreros y señalizaciones para una rápida identificación de la zona.

Paso 4: Indicar los nombres de los materiales

Este paso implica señalar los materiales que deben almacenarse en cada lugar señalizado en el anterior paso.

Paso 5: Indicar cantidades

Se colocan letreros, en los que se presenten las cantidades a almacenar del material analizado.

Paso 6: Hacer del orden un hábito

Lo que se busca es mantener el orden de las zonas trabajos, a través del monitoreo de los siguientes indicadores: Localización, materiales, y acerca de los indicadores.

c) Seiso

Esta S implica la limpieza e inspección de la zona de trabajo, y a su vez identificar defectos para eliminarlos. Su aplicación aborda los siguientes puntos:

- Hacer parte a la limpieza del itinerario diario de trabajo
- Reconocer a la limpieza como un actividad de inspección necesaria e importante
- Enfocarse más en la eliminación de las causas de la suciedad que en las consecuencias

Según Hirano (2009), una forma de verificar su aplicación, es a través del uso de *checklists* de inspección de limpieza.

d) Seiketsu

Comprende la estandarización de los procesos para consolidar los resultados obtenidos en las aplicaciones de las 3S's anteriores, y transformarlos en perdurables. Su aplicación implica los siguientes puntos:

- Mantener los niveles conseguidos con las tres primeras S
- Creación de indicadores para el control y seguimiento de resultados
- Transmisión a todo el personal la importancia de cumplir con los estándares

Según Hirano (2009), para lograr una visibilidad de la aplicación de *Seiketsu*, se pueden utilizar un *checklist* que incluya el control y evaluación de las aplicaciones de las 3S anteriores.

e) Shitsuke

Esta fase implica la disciplina en el cumplimiento de los estándares planteados y convertirlos en hábitos para todo el personal. Requiere de un desarrollo de cultura de autocontrol y su aplicación comprende los siguientes puntos:

- Respetar las normas y estándares del funcionamiento de la organización
- Mantener la disciplina y autodisciplina en el personal
- Realizar auditorías conocidas por todo el equipo para facilitar la autoevaluación

Según Hirano (2009), en esta última fase, se debe evaluar el comportamiento de los trabajadores, de manera que garantice la perdurabilidad de las 4S, anteriormente, explicadas. Para ello, el autor menciona algunas estrategias a utilizar para la contribución al objetivo de esta S:

- Tablas lema de las 5S: Ilustraciones acerca de la importancia de las 5S aplicadas, las cuales pueden estar ubicadas en lugares donde hay mayor flujo de personas.
- Anuncios de las 5S: Ilustraciones de tamaño grande que señalan un recordatorio de la aplicación de las 5S.
- *Stickers* de las 5S: Afiches de información de cada herramienta aplicada, ubicados en lugares de alto flujo de personas.

Las primeras tres S están, directamente, relacionadas a la zona de trabajo (oficinas, planta, entre otros), mientras que las últimas dos S, están relacionadas al comportamiento de las personas (García, J.; Maldonado, A.; Cortes-Robles, G., 2014:433).

Los principales beneficios de esta herramienta se listan a continuación:

- Facilidad para el control visual
- Incrementa el nivel de seguridad en las zonas de trabajo
- Mejora la productividad de la planta
- Incrementa la vida útil de los equipos
- Mejora la calidad de vida del personal

Las 5S son un puente de mejora; es decir, conducen a la aplicación de otras herramientas para continuar con la eliminación de desperdicios y seguir adelante con la política de cero defectos.

1.3.3. Heijunka

Heijunka o producción nivelada, por su significado en español, es una herramienta que adapta el flujo de producción, desde los proveedores hasta los clientes, a la demanda fluctuante del cliente en términos de volumen y variedad durante el turno de trabajo (Rajadell, 2010:67).

Los objetivos de la aplicación de esta herramienta son los siguientes:

- Incrementar la flexibilidad del flujo de producción, ya que, si tienen una producción nivelada, esta se adapta mejor a cualquier variación de la demanda.
- Mejorar el nivel de atención del cliente, ya que, al tener una producción flexible, la respuesta a la demanda es más rápida.
- Reducir los inventarios de materia prima, productos en proceso y terminados, ya que, al producir en lotes pequeños se facilitan los pedidos frecuentes y existe un tiempo de espera menor entre cada operación

El método tradicional de producción es por lotes; es decir, se produce un determinado producto A, hasta alcanzar la demanda requerida, y luego se realizan los cambios para

empezar a producir el producto B, hasta alcanzar, de nuevo, la demanda requerida (ver Figura 9).

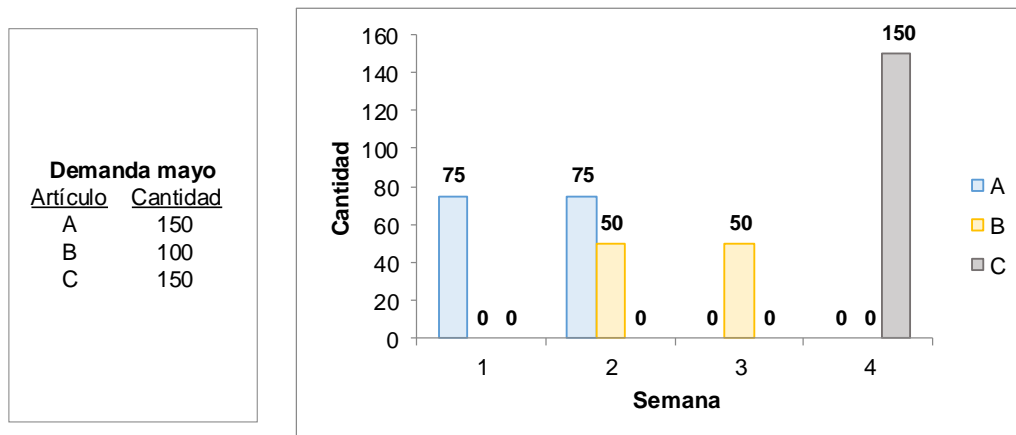


Figura 9. Sistema de Producción Tradicional por lotes

Fuente: Rajadell (2010)

Elaboración propia

Sin embargo, la producción nivelada balancea, diariamente, la producción según la demanda mensual requerida de todos los productos y con ello garantiza un flujo continuo en la producción (ver Figura 10).

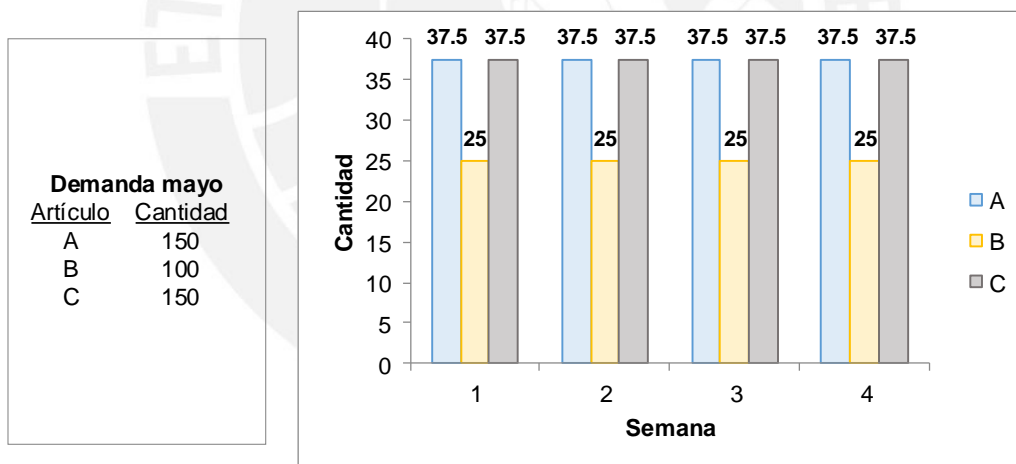


Figura 10. Sistema de Producción Nivelado de *Lean Manufacturing*

Fuente: Rajadell (2010)

Elaboración propia

La aplicación de *Heijunka* requiere la compresión de la demanda de clientes y sus efectos en los procesos, por lo cual se exige una estricta atención a los principios de estandarización y estabilización (Rajadell, 2010:72).

El flujo continuo es un concepto clave en la aplicación de esta herramienta, y se define como el producto que fluye de manera continua a lo largo de la cadena de valor: “*Mover uno, producir uno*”, tal que se realice en el menor tiempo posible y con desperdicios

mínimos. Sus principios básicos de funcionamiento se plasmar en la siguiente frase “Se produce lo que se necesita, justo cuando se necesita y en la cantidad exacta”.

Además, para hacer posible un flujo continuo del proceso, se deben evaluar tres niveles distintos:

- Flujo de información: Normalización de la información que será necesaria para la toma de decisiones a través del uso de tarjetas *kanban* y el seguimiento diario de los procesos.
- Flujo de materiales: Creación de flujo de materiales con el menor plazo de producción posible a través de un sistema *pull*, organización multiproceso y entregas recurrentes.
- Flujo de operarios: Formación de operarios y asignación de materiales adecuados a través de la sincronización del proceso con el *takt time*, la creación de celdas o líneas flexibles y operarios *multitasking*.

La aplicación de la *Heijunka* implica el cálculo del *takt time*, el tiempo de paso y el número de estaciones necesarias para un determinado proceso.

- *Takt time* (tiempo de ritmo): Es el tiempo requerido para fabricar un producto y satisfacer la demanda del cliente a tiempo. Marca el ritmo de la línea de producción.

Las variables necesarias para calcular su valor son la demanda requerida por el cliente y el tiempo disponible de producción (ver Figura 11).

$$TAKT = \frac{\text{tiempo de trabajo}}{\text{producción requerida}} = \frac{\text{tiempo del turno} - \text{tiempo no productivo}}{\text{producción} + \text{número de piezas scrap}}$$

Figura 11. Fórmula para el cálculo del takt time

Fuente: Rajadell (2010)

Los beneficios generados por la utilización de este valor son los siguientes:

- Ritmo estable de producción
 - Producción nivelada con la demanda
 - Inventario nivelado y mínimo
 - Número correcto de estaciones en el flujo del proceso
 - Minimización del número de transportes adicionales
- Tiempo de paso: Es el tiempo requerido para pasar un lote de producción a la siguiente operación. Por lo que, se recomienda una producción en lotes pequeños, ya que ello garantiza un mejor control de los inventarios y mayor seguridad del personal.

Las variables necesarias para su cálculo son el *takt time* y la cantidad a entregar conjuntamente, que es definido por la misma empresa (ver Figura 12).

$$\text{Tiempo de paso} = [\text{Takt time}] * [\text{Cantidad a entregar conjuntamente}]$$

Figura 12. Fórmula para el cálculo del tiempo de paso

Fuente: Rajadell (2010)

- Cálculo del número de operarios: Se calcula el número de operarios necesarios en un determinado proceso en base al *takt time* y el tiempo de ciclo total (ver Figura 13).

$$\text{Número teórico de operarios necesarios} = \frac{\text{Tiempo de ciclo}}{\text{Takt time}}$$

Figura 13. Fórmula para el cálculo del número teórico de operarios

Fuente: Rajadell (2010)

- Pérdidas por falta de balanceo: Un indicador importante para evaluar el rendimiento del proceso a causa de un mal balance en el flujo de producción, cuyo valor se presenta como un potencial de mejora.

Las variables necesarias para su cálculo implican el tiempo de ciclo, el número de operarios y el tiempo total para producir una pieza (ver Figura 14).

Pérdidas balanceo

$$= \frac{[(TC \text{ más largo})(N^\circ \text{ operarios})] - \text{Tiempo total para 1 pieza}}{TC \text{ más largo} \times N^\circ \text{ de operarios}}$$

Figura 14. Fórmula para el cálculo de pérdidas por falta de balanceo

Fuente: Rajadell (2010)

1.3.4. SMED

El *Single Minute Exchange of Die*, por su significado en inglés, es una herramienta que tiene como objetivo reducir el tiempo de cambio entre operaciones, lo cual contribuye a la reducción de inventario y del *lead time*. (Chiarini, 2011:106)

SMED permite a la compañía satisfacer la demanda del cliente por una buena calidad, bajos costos de materiales, distribución rápida y sin tiene un exceso de inventario. (Wang, 2010:8)

En esta herramienta, es importante definir los dos siguientes conceptos:

- Actividades internas: Tareas que se realizan mientras la máquina o proceso está parado.
- Actividades externas: Tareas que se desarrollan mientras el proceso está en flujo continua, al igual que las máquinas.

Para la aplicación de SMED, Chiarini define las cuatro fases siguientes:

- Paso 1: Identificación de actividades internas y externas

Este paso consiste en listar las actividades y clasificarlas en internas y externas. Además, se pueden utilizar *checklists* de los materiales necesarios para cada operación con el fin de reducir los tiempos de cambio actuales.

- Paso 2: Conversión de actividades internas en actividades externas

Una vez identificadas las actividades internas y externas, se procede a convertir las actividades internas en externas; es decir, las actividades que se realizan cuando el flujo está parado pasan a realizarse cuando el flujo está en movimiento. Para ello, se hace uso también de *checklists* que incluyen las condiciones de trabajo, después de ello, se procede a la estandarización de procesos, lo cual ayuda, significativamente, a la reducción de tiempos de cambio.

- Paso 3: Mejora de las actividades internas y externas

En busca de mejorar el rendimiento y calidad de vida de los trabajadores, este paso se ajusta a las siguientes fases: Llevar las operaciones en paralelo, para lo cual varios operarios pueden trabajar al mismo tiempo; métodos que permitan realizar el mantenimiento rápido de los equipos; y el uso de los equipos más eficientes posible. La aplicación de SMED busca la reducción del tiempo de cambio, y, por consiguiente, también la reducción del tamaño de lotes, lo que ayuda a entender mejor la demanda del cliente. (Béndek, 2016). La correcta aplicación de esta herramienta implica los siguientes beneficios (Floyd, 2010; Shingo, 2017a, 2017b):

- Flexibilidad: Dado que los tiempos de cambio son más rápidos y permite una mejor respuesta a la demanda cambiante.
- Entregas más rápidas: El tiempo de entrega se reduce, dado que, al tener una producción en lotes pequeños, el tiempo de producción de los mismos es menor.
- Alta calidad: La calidad del producto se garantiza por la reducción de tiempos
- Incremento de productividad: Al convertir las actividades internas en externas, se incrementa la eficiencia de la operación, pues se eliminan tiempos muertos.

1.3.5. Control visual

Control visual es una herramienta que, en términos de JIT, se definiría como la estandarización de la administración del proceso, ya que su aplicación hace que los diferentes tipos de desperdicios y anomalías que puedan ocurrir a lo largo del flujo del proceso, sean claros y visibles para cualquier persona. (Hirano, 2009:454-455)

Las principales herramientas del control visual se presentan a continuación:

- Estrategia de la Etiqueta Roja
Se refiere al método explicado en el punto 1.3.2. referente a la aplicación de la primera S: *Seiri*, la cual ayuda a identificar aquellos insumos que no son necesarios.
- Estrategia de Ficheros
Método explicado en el punto 1.3.2., y el que hace referencia a la señalización de los objetos almacenados, tal que sea más fácil identificar su ubicación.
- Andon

Un sistema de alarmas que alerta a los trabajadores cuando ocurre algún evento durante el proceso, y se clasifica en los siguientes tipos:

Andon de requerimiento: La luz se prende cuando se necesitan partes para continuar con el flujo de producción.

Andon de emergencia: La luz se enciende cuando se detecta alguna subnormalidad en el proceso.

Andon de operación: Indica el estado de operación en el flujo del proceso

Andon de progreso: Confirma el avance de las operaciones.

- Tablero de la Gestión de Producción

Este tablero presenta las condiciones a tiempo real de los estados del flujo del proceso y detecta las causas si ocurre alguna parada. Los supervisores usan esta información para actuar de manera inmediata frente a algún problema.

- Tablero de Operaciones Estándar

Muestra gráficos acerca del desenvolvimiento de las operaciones a lo largo del flujo del proceso como la distribución de planta, procedimientos a seguir, indicadores a medir, entre otros.

Los beneficios de la aplicación de esta herramienta son los siguientes:

- Promueve una mejor visualización de problemas que puedan ocurrir
- Mejora el rendimiento del flujo del proceso al poder actuar de manera inmediata frente a alguna variación

1.3.6. *Poka Yoke*

Según Rajadell (2010), *Poka Yoke* es un método que consiste en la aplicación de dispositivos para la prevención de errores, y por su significado en español, es conocido como herramienta “A prueba de errores” (ver Figura 15).

Estos dispositivos son colocados en el proceso para asegurar que el operario realice las actividades de manera fácil y correcta, o muy difícil que lo realice de manera incorrecta. (Feld, 2001:85)

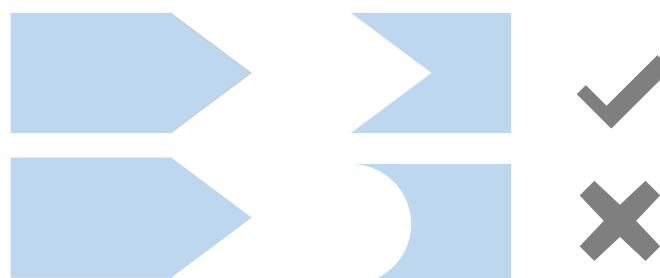


Figura 15. Sistema *Poka Yoke* “A prueba de errores”

Elaboración propia

Hay tres tipos de dispositivos *Poka Yoke* que se pueden aplicar y se detallan a continuación:

- Dispositivos de parada: Detienen la operación al detectar alguna anomalía o defectos durante el proceso.
- Dispositivos de control: Previenen posibles errores durante el proceso, y si en caso se detecta alguno, se selecciona y se impide que pase a la siguiente operación.
- Dispositivos de emergencia: Alerta en caso se detecte algún defecto o problema para la actuación de inmediato.

Estos dispositivos muestran la información de dos distintas maneras, cuando un defecto está por ocurrir y cuando un defecto ya ocurrió.

Para elegir el dispositivo que más se adecue al proceso en evaluación, se pueden seguir algunos de los siguientes tres métodos:

- Método según las características del equipo
Se evalúan las características de forma, dimensión y peso estandarizadas (agujeros, ángulos, curvas, etc.), y se comparan con las características de cada equipo.
- Método según la operación a seguir
Operación interna: El propósito en este caso es identificar los errores que se puedan cometer.
Operación entre procesos: El dispositivo se encarga de parar una operación si se detecta una falla o error.
- Método estadístico
Conteo: Se evalúan los datos del proceso al compararlos con los datos estándares y si se detecta una variación, el dispositivo manda la señal de alarma.
Recordatorio: El dispositivo detecta si se omite alguna operación.
Otros: Se evalúan datos de temperatura, tiempo, presión, caudal, entre otros parámetros, y el dispositivo emite una señal si se detecta alguna variación.

Asimismo, Feld señala los siguientes beneficios de esta herramienta:

- Previene la generación de defectos
- Facilita la retroalimentación inmediata
- Previene el paso de productos defectuosos al siguiente cliente interno o externo

1.4. Lean Manufacturing en diferentes tipos de industrias

1.4.1. Lean Farm

En primer lugar, se debe resaltar la diferencia entre una fábrica de producción y una granja. Mientras en una fábrica las materias primas son inertes y predecibles como el acero, la madera, los moldes, etc; en una granja, las semillas, plantas y animales cambian constantemente. Asimismo, los factores climatológicos influyen notablemente en la granja, mientras que una fábrica su impacto es mínimo. (Hartman, :22-25)

Los cinco principios de *Lean Thinking* se aplican de la siguiente manera en una granja:

- Precisar el valor específico: Indagar y escuchar los requerimientos de los clientes para generar estrategias para la granja.
- Encontrar el flujo de valor: Definir el valor añadido del producto a ofrecer a los potenciales clientes.
- Crear el flujo: Identificar las operaciones que se desarrollan en la granja y que no agregan valor.
- Vender con el sistema *Pull*: En vez de plantar varias hectáreas de zanahoria o criar un gran número de pollos, se debe producir la cantidad exacta que el cliente requiera.
- Buscar la perfección: Desarrollar una cultura de mejora continua en la granja y alcanzar una producción de cero defectos.

1.4.2. Lean Healthcare

El cuidado de la salud es un negocio muy riesgoso, ya que se brinda atención a clientes que, normalmente, son vulnerables y frágiles. Además, la complejidad organizacional es muy alta y cuenta con varios procedimientos que tienen un potencial de riesgo alto. Por ello, la aplicación de Lean en el cuidado de la salud es un proyecto a largo plazo. (Bowerman y Lamb, 2007)

Los desperdicios que se encuentran en el sector salud según la clasificación de Toyota son los siguientes:

- Transporte: Transporte de pacientes y equipos de un área a otra.
- Inventario: Insumos y materiales no necesarios
- Movimiento: Movimiento del personal médico y de la información
- Tiempo de espera: Demora en el diagnóstico y el tratamiento
- Sobreproducción: Pruebas y exámenes médicos innecesarios
- Sobrecarga: Personal estresado y cansado
- Defectos: Receta de medicamentos incorrectos, infecciones post operatorias

1.4.3. Lean IT

La industria de las tecnologías de información (IT por sus siglas en inglés) tiene como principal propósito brindar una gestión de datos e información de calidad y de manera efectiva para dar soporte al flujo de trabajo y la creación de valor en una organización. Sin embargo, la estrategia tradicional de hacerlo resulta ser una barrera para que genera desperdicios en una organización. (Bell y Orzen, 2011:48-50)

Algunas características del sistema tradicional de IT que generan desperdicios, son la presencia de un comando central de control, la necesidad de personal muy especializado, la necesidad de cambio planeado para un largo plazo y el indicador de rendimiento, medido por el costo y la actualización del sistema. En ese sentido, los desperdicios generados en este rubro, según lo señalan Bell y Orzen, se presentan a continuación:

- Exceso de inventario de información: Información en exceso almacenada en discos duros, discos compartidos, sitios de internet y almacenes de datos.
- Sobre proceso de información: Rediseño de aplicaciones de software añadiendo elementos innecesarios y complejos, transacciones innecesarias como requerimientos de aprobación inválidos.
- Desperdicio de datos: Datos generados de baja calidad que ocasionan un diseño de proceso deficiente y la toma de malas decisiones
- Tiempos de espera: Sistemas que se demoran en cargar completamente, y operaciones en el flujo de información innecesarias.
- Transporte: Transferencia de información a través de diferentes organizaciones y sistemas, lo cual puede verse afectada por barreras de seguridad en el flujo de información.
- Sobreproducción: Generación en exceso de reportes, correos, alertas de sistemas, entre otros; que no son atendidos.
- Movimiento: Búsqueda de información, reingreso de datos, excesivo uso de teclas, y cambio de prioridades frecuentemente.

Por ello, Lean IT se enfoca en buscar la utilización de equipos multifuncionales, la mejora continua de la gestión de información, generalización del conocimiento, indicadores que miden el rendimiento de cada proceso comparado con los objetivos trazados y el nivel de éxito se da por la rapidez y agilidad de la gestión de información.

1.5. El ciclo de vida de la trucha arcoíris en el Perú

El ciclo de vida de la trucha arcoíris en el Perú comienza desde la etapa de siembra de ovas hasta la etapa de tamaño comercial. Según FONDEPES (2014), las etapas del crecimiento de la trucha son las siguientes:

- Ovas
Etapa inicial del proceso de crecimiento de la trucha arcoíris. Las ovas son los huevos embrionados de la trucha arcoíris, las cuales eclosionan en un periodo aproximado de 0 a 15 días, y pasan a la fase larvaria.
- Larvas
Esta fase se presenta cuando las ovas embrionadas han eclosionado. Las larvas se caracterizan por la presencia del saco vitelino, el cual es una fuente de alimentación de la larva hasta que su desarrollo fisiológico le permita recibir alimento exógeno. En esta fase, las larvas ya pueden nadar libremente y tiene una duración de 30 días.
- Alevinaje inicial
Una vez que el saco vitelino desaparece, se pasa a la fase de alevinaje inicial; es decir, el animal ya empieza recibir alimento exógeno. Esta etapa se encuentra vigente hasta que el alevin alcanza una talla superior a los 5 cm y dura 40 días en promedio.
- Alevinaje
Fase en la que la trucha tiene un tamaño mayor a 5 cm y menor a 10 cm. Además, presenta un peso promedio de 12 g y toda la fase dura 90 días, aproximadamente.
- Juvenil
Una vez que se alcanzan los 10 cm, se pasa a la etapa juvenil que comprende el cultivo de la trucha hasta tener un tamaño de 17 cm aproximadamente y un peso promedio de 68 g. Esta fase dura 60 días en promedio.
- Engorde
Esta etapa comprende el cultivo de la trucha desde los 17 cm hasta los 26 cm y con un peso promedio de 250 g (tamaño comercial). Esta fase dura 90 días, aproximadamente. Asimismo, en esta etapa se suministra alimento balanceado con pigmento, con el fin de dar la coloración salmonada a la carne de la trucha.

CAPÍTULO 2: ESTUDIO DE CASOS

2.1. Caso de estudio 1: “A Green Lean approach to global competition and climate change in the agricultural sector – a Swedish case study”

Autores: Henrik Barth y Martin Melin (2018)

Este estudio de casos abarca la implementación de herramientas Lean en 34 granjas en Suecia con el fin de incrementar la producción y ganancias de las mismas, además de generar un impacto positivo para un ambiente sostenible. Se describen las sesiones de capacitación, las visitas a las granjas, los estudios de trabajo y el acompañamiento utilizado para introducir esta nueva metodología de Lean.

El sector de agricultura está en constante crecimiento a nivel mundial, generando una competencia global. La industrialización de la agricultura ha llevado a producciones de gran escala, usos de tecnologías estandarizadas y constantes proyectos de innovación en el sector. Sin embargo, también se ha incrementado la preocupación por el impacto de esta industrialización en el medio ambiente. Por ello, una propuesta es combinar la sostenibilidad ambiental con los principios de Lean para no solo incrementar la productividad de las organizaciones, sino beneficiar al medio ambiente.

2.1.1. Principales problemas identificados

Los principales desperdicios identificados en el estudio de las 34 granjas de estudio están relacionados al transporte, el inventario, el movimiento y los defectos. Además, de desperdicios relacionados al medio ambiente como emisiones de gases de efecto invernadero, consumo en exceso de combustible Diesel y derrame de alimentos.

El resumen de los desperdicios identificados en las 34 granjas se puede visualizar en el VSM presentado (ver Figura 16).

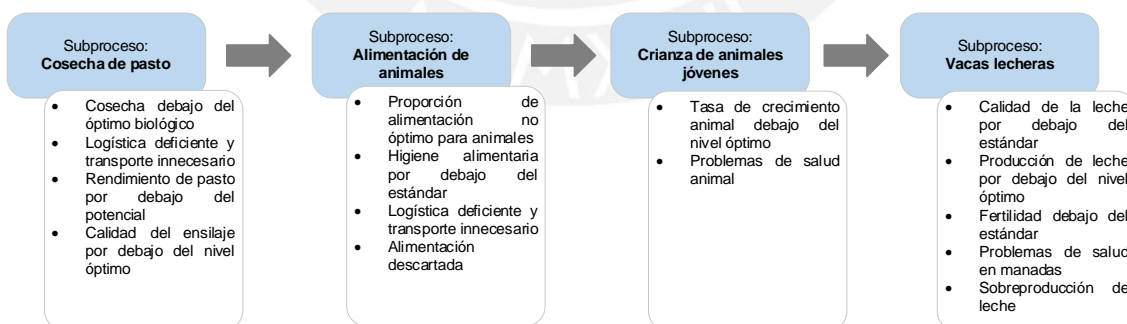


Figura 16. VSM resumen de los desperdicios identificados en las 34 granjas

Fuente: Barth y Melin (2018)

Elaboración propia

2.1.2. Herramientas Lean aplicadas

Las herramientas Lean que se aplicaron en las granjas de Suecia fueron las siguientes:

- El mapa del flujo de valor para la identificación de desperdicios, demoras y el análisis de todo el proceso.
- El diagrama de espagueti para el análisis de logística
- A3 para la mejora continua de procesos
- 5S para mejorar la organización y limpieza de las granjas
- Estandarización de procesos
- Camino del desperdicio para identificar los desperdicios en animales y producción
- Tableros de visualización para mejorar la visibilidad de los procesos y materiales a utilizar.

2.1.3. Resultados obtenidos

De las 34 granjas analizadas, solo 16 de ellas manifestaron el uso de las herramientas Lean. Las herramientas más utilizadas fueron 5S, estandarización de procesos y tableros de visualización. Según los granjeros, utilizaron estas herramientas en procesos de rutina como en el ordeño de vacas, alimentación de animales, el mantenimiento de equipos, la limpieza de la zona de trabajo, y la estandarización de ubicación de insumos y equipos.

Algunos de los principales resultados se señalan a continuación:

- Después de la aplicación de las 5S, los granjeros pusieron más atención en garantizar la seguridad de sus trabajadores.
- SMED tuvo resultados favorables en la reducción de los tiempos de cambio entre fases de la producción de porcinos y entre los periodos de limpieza del equipo de ordeñado.
- Los tableros de visualización mejoraron el sistema de comunicación entre el personal
- El VSM ayudó a identificar los desperdicios y las posibles mejoras a aplicar; por ejemplo, la reducción de consumo de energía y optimización de la difusión de fertilizantes.
- Respecto al uso de las herramientas A3, los granjeros manifestaron que les consumía mucho tiempo, pero sí se pudieron realizar mejoras al implementar el ciclo de Deming.

Asimismo, también se obtuvieron resultados positivos en relación al impacto ambiental. Por ejemplo, al realizar el camino del desperdicio, pudieron identificar los desperdicios de emisión de gases de efecto invernadero y desperdicio de energía; el diagrama espagueti representó el flujo del proceso, la distancia se y tiempos de espera para tomar

acciones en su reducción; y la mejora de la localización de silos de alimentos., lo cual ayudó en la reducción en un 50% del consumo de combustible Diesel.

Por otro lado, los granjeros manifestaron que un problema era el tiempo que disponían para participar de las capacitaciones y la implementación de las herramientas, pues la mayor parte del tiempo estaban ocupados con actividades diarias.

2.2. Caso de estudio 2: “Lean Principles in Vertical Farming: A Case Study”

Autores: Francis Baumont de Oliveira, Hannah Forbes, Dirk Schaefer, y Jelena Milisavljevic. (2020)

En este estudio los autores evalúan la aplicación de los principios Lean en una granja ubicada en Liverpool, Reino Unido; de tipo vertical; es decir, que posee un método de producción que utiliza la dimensión vertical para realizar cultivos hidropónicos. Se analizan tres principios Lean que pueden aplicarse en este tipo de industria y los resultados obtenidos después de su aplicación.

La granja vertical es un método de producción de alimentos para cultivar cultivos hidropónicos con tecnologías de control ambiental como el uso de luz artificial. Este método ha ganado popularidad durante los últimos años, ya que es visto como una innovación que puede hacer frente a los retos globales en el sector de alimentación como el crecimiento de la población, la escasez del agua y la seguridad alimentaria. Sin embargo, la granja vertical es un método muy complejo y que no cuenta con operaciones estandarizadas, por lo que su implementación resulta muy costosa. Por ello, se evalúa la aplicación de los principios Lean con el fin de encontrar una mejora.

2.2.1. Principales problemas identificados

La granja de Liverpool está ubicada en un sótano en la zona central de la ciudad. Su capacidad de producción es de 200 kilogramos de vegetales verdes por semana y utiliza una torre vertical móvil para el cultivo. Los principales problemas identificados en la granja de Liverpool son los siguientes:

- La estandarización de operaciones aún no ha sido completada
- No cuenta con indicadores de rendimiento ni datos de calidad estandarizados

Además, se desarrolla un plano de la distribución actual de los procesos (*ver Figura 17*), para la mejor visualización de la situación actual de la granja de Liverpool.

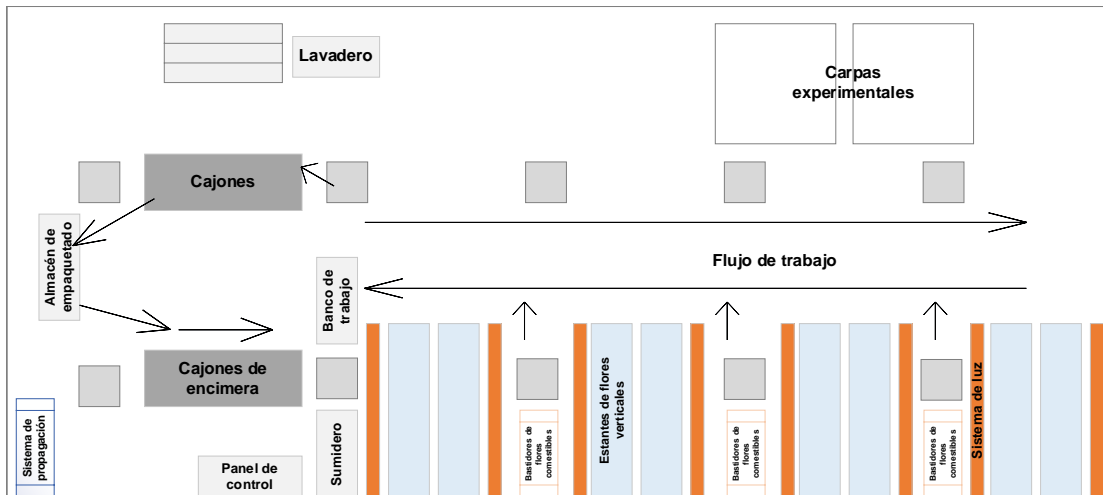


Figura 17. Distribución actual de los procesos

Fuente: Baumont et al (2020)

Elaboración propia

2.2.2. Principios *Lean* aplicados

Según los cinco principios *Lean* definidos por Womack y Jones, para el presente estudio se eligieron solo tres de ellos:

- Identificación de valor

Este principio se utilizó con el fin de crear una proposición clara de valor hacia el cliente. Para ello, se aplicaron encuestas y entrevistas a los principales clientes potenciales.

- ¿Qué cosecha desean los clientes?
- ¿Qué cantidad demandan?
- ¿Qué canal de distribución prefieren?
- ¿Cuánto están dispuestos a pagar?

Cada una de las preguntas cubre un aspecto importante en el proceso de valor agregado para el cliente, y con la información que se obtenga se podrán definir las actividades que agregan valor para el cliente

- Elaborar el mapa de flujo de valor:

Este principio se aplicó para identificar los principales desperdicios en el flujo del proceso, e identificar las actividades que agregan valor. En la granja de Liverpool se utilizó el VSM para analizar la cosecha, el empaque y la distribución.

- Crear el flujo

Este principio se aplicó para evaluar el flujo de valor y ofrecer una entrega sin problemas al cliente. El flujo ayudó a los administradores a entender el proceso para identificar fácilmente los cuellos de botella que se puedan manifestar.

Se aplicaron dos métodos para reducir los cuellos de botella:

- Flujo de una pieza: Implica que un producto fluye a través del proceso sin tener que esperar para entrar a alguna operación, y se aplicó para las operaciones de empaquetado y transplantedo (ver Figuras 18 y 19).

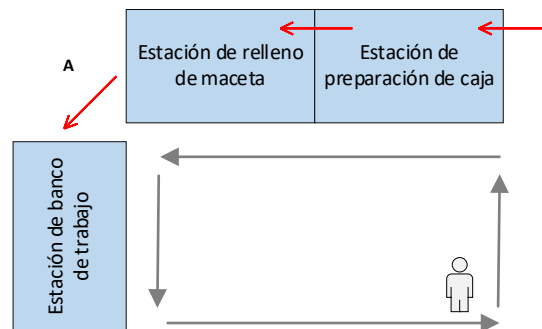


Figura 18. U- celda con un operario

Fuente: Baumont et al (2020)

Elaboración propia

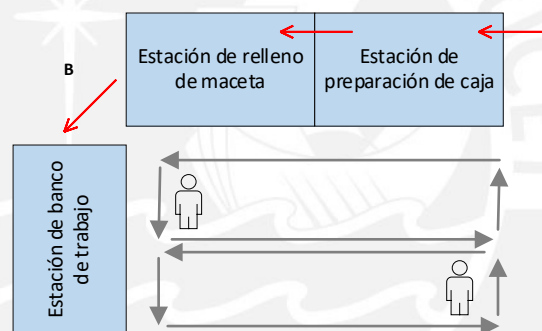


Figura 19. U – celda con dos operarios

Fuente: Baumont et al (2020)

Elaboración propia

- FIFO: El primero que entra, el primero que sale, es un método para crear el flujo y manejar los inventarios en un nivel bajo al igual que los tiempos de espera. En el caso de la granja, las plantas de transplantarían a un sistema agrícola vertical, lo que permitiría optimizar el diseño de una granja para diversas etapas de crecimiento del ciclo de vida de una planta (ver Figura 20).

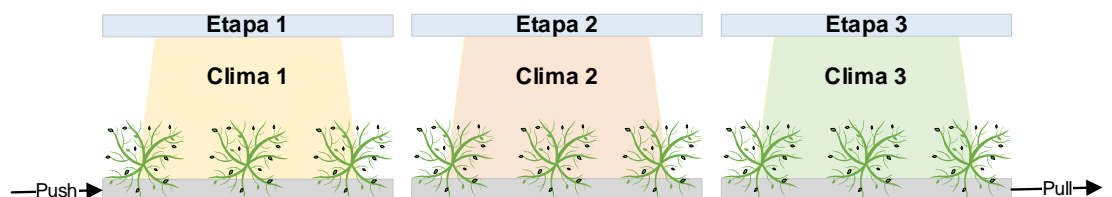


Figura 20. Diagrama FIFO aplicado en el sistema de agrícola vertical

Fuente: Baumont et al (2020)

Elaboración propia

Los dos principios restantes no fueron seleccionados: Buscar la perfección, dado que la granja es nueva y para su aplicación, primero deben evaluarse los tres principios elegidos; y establecer una estrategia *Pull*, dado que la demanda aún es incierta.

2.2.3. Resultados obtenidos

Los principales resultados de la aplicación de los tres principios explicados en el punto 2.2.2. son los siguientes:

- La identificación del valor que demanda el cliente ha ayudado a la granja a determinar el valor por cosecha para identificar los cultivos que drenan los recursos.
- La aplicación del VSM ha ayudado a entender todo el flujo del proceso y eliminar los dos cuellos de botella identificados: (1) Proceso de cosecha, debido al bajo flujo de recursos necesarios, además de la falta de inspección de la operación que generaba lotes malogrados. Frente a ello, los autores sugieren colocar los recursos más cerca del punto de uso e implementar un control visual. (2) Digitalización manual de datos de seguimiento, lo cual ocasiona demoras, frente a ello también se recomienda un control visual.
- Finalmente, la creación del flujo en el área de empaque y transplantedo con los métodos FIFO y una pieza de flujo, ha permitido una redistribución del proceso (ver Figura 21).

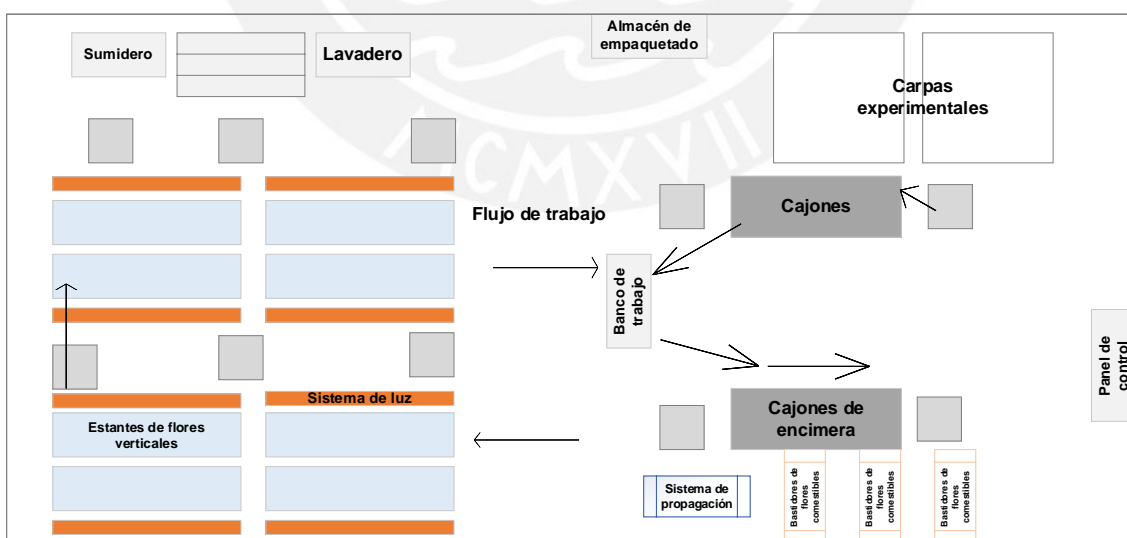


Figura 21. Distribución mejorada de los procesos

Fuente: Baumont et al (2020)

Elaboración propia

2.3. Caso de estudio 3: “*Improvement of Productivity and Quality in the Value Chain through Lean manufacturing – a case study*”

Autores: Genett Jimenez, Gilberto Santos, José Carlos, Sandy Ricardo, Jose Pulido, Ana Pizarro y Hugo Hernández. (2019)

Este estudio se enfoca en la mejora de productividad y calidad en la cadena de valor del proceso de producción y marketing de una compañía de pescados y mariscos, a través de la aplicación de la metodología de *Lean Manufacturing*.

2.3.1. Principales problemas identificados

En la compañía de pescados y mariscos, el principal problema que se ha identificado es la pérdida de clientes, lo cual conlleva a la obtención de rentabilidades muy bajas. Durante el periodo de 2015, 2016 y 2017, el margen de ganancia se ha reducido, notablemente, con valores de 42.58%, 38.07% y 32.54%, respectivamente.

Además, una de las posibles causas de esta reducción de ganancias, se debe también a que los productos no satisfacen los requerimientos de los clientes en cuestión de calidad y valor agregado.

2.3.2. Herramientas Lean propuestas y aplicadas

Las herramientas a aplicar para hacer frente a los problemas identificados se detallan a continuación:

- Diagrama SIPOC: Usado para representar los procesos de la compañía y las áreas de influencia como los proveedores, los insumos, las salidas, los clientes y los requerimientos.
- VSM: Utilizado para identificar el flujo del proceso y las actividades que no agregan valor al producto (ver Figura 22).

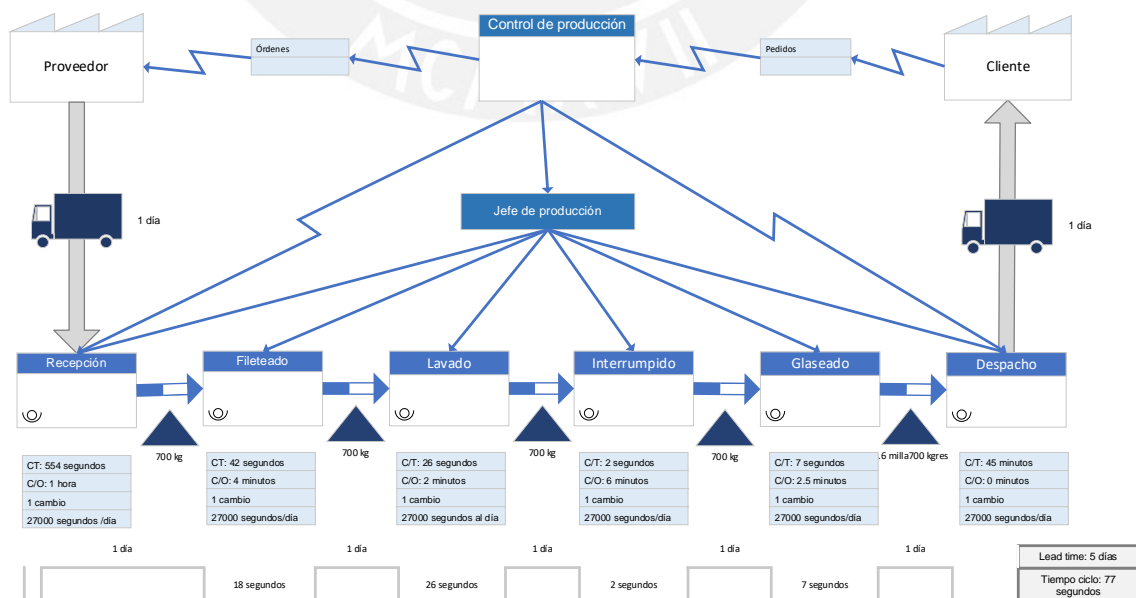


Figura 22. Mapa del flujo de valor actual de la compañía de pescados y mariscos

Fuente: Jimenez et al (2019)

Elaboración propia

- Identificación de desperdicios: A través del análisis del VSM y análisis de causa – efecto, se identificaron seis desperdicios según la clasificación de Lean (ver Tabla 1).

Tabla 1. Identificación de MUDAS en el proceso de fileteado

Etapas del proceso	Tipo de desperdicio	Descripción	Causas
Recepción / Fileteado / Lavado / Glazeado / Despacho	Transporte	Exceso de transporte al área de pesado	Distribución inadecuada de la planta
	Movimiento	Exceso de movimiento alrededor de la planta para buscar herramientas para el proceso	Falta de organización de la planta
	Defectos	Materiales no conformes	Control de calidad deficiente y falla de comunicación
Fileteado	Tiempo de espera	Cuellos de botella	Planificación de la producción no balanceada
	Inventarios	Exceso de inventario en proceso	Producción no balanceada
Recepción	Defectos	Materia prima no conforme	Control de calidad deficiente

Fuente: Jimenez et al (2019)

Elaboración propia

- Herramientas Lean propuestas: Se plantearon herramientas Lean para su aplicación con la finalidad de eliminar los desperdicios identificados.
 - Flujo continuo y redistribución de procesos con el fin de reducir las distancias de recorrido y el número de viajes
 - 5S, con el fin de reducir el riesgo de accidentes a través de la organización y limpieza de la zona de trabajo.
 - Heijunka, con el fin de balancear el proceso y minimizar la sobreproducción e inventarios acumulados.
 - Jidoka, con el fin de garantizar la calidad de los productos y fomentar la importancia de su control para minimizar defectos.

2.3.3. Resultados obtenidos

Los principales resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Identificación de las actividades que agregan valor a través de la aplicación del VSM
- Propuestas de aplicación de herramientas *Lean* para eliminar los desperdicios identificados
- A través del desarrollo de una simulación de la aplicación de las herramientas *Lean* propuestas, se obtuvo una reducción del 40% en las distancias de recorrido y una reducción del 44.2% en el tiempo de desplazamiento entre operaciones.

2.4. Caso de estudio 4: “*House of lean for food processing SMEs*”

Autores: Majoj Dora y Xavier Gellynck

Este artículo se enfoca en la aplicación de *Lean Manufacturing* en pequeñas y medianas empresas que procesan alimentos ubicados en Inglaterra. Actualmente, algunos recursos para la implementación de *Lean* son limitados y se necesitan alternativas de solución.

2.4.1. Problemas identificados

En la implementación de *Lean* en pequeñas y medianas empresas de procesamiento de alimentos, se han identificado las siguientes problemáticas:

- La percepción de calidad está definida solo en cómo asegurar la seguridad, salud e higiene en los procesos, y no en buscar una mejora de eficiencia en los procesos y costos.
- Los procesos no son claros ni estandarizados
- Factores específicos del sector como la perecibilidad de los productos, el comportamiento del mercado y el diseño del proceso, desempeñan un rol fundamental en la aplicación de *Lean*.
- Limitaciones de los recursos humanos, financieros y de conocimientos.

Asimismo, los principales problemas identificados dentro de cada proceso son los siguientes:

- Producción desnivelada (lotes grandes)
- Alto tiempo de cambios de máquinas entre cambios de lote o productos
- Alta variedad de productos

2.4.2. Herramientas *Lean* aplicadas

Según lo señalan Dora y Gellynck (2013), en un análisis holístico del procesamiento de alimentos bajo un enfoque *Lean*, se pueden identificar dos campos de aplicación: Mejora de la calidad (IQ) y aseguramiento de la calidad (QA). En base a ello, las principales

herramientas Lean aplicadas en las pequeñas y medianas empresas, se detallan a continuación:

- *Just in time*, para el planeamiento de la producción
- Producción en lotes pequeños para disminuir los tiempos de cambio
- Estandarización de procesos
- Rediseño del flujo de los procesos
- Mantenimiento productivo

2.4.3. Resultados obtenidos

En primer lugar, se han identificado dos principales aspectos que son necesarios controlar para una adecuada implementación de Lean: Los factores del cambio organizacional y de las contingencias (ver Figura 23).

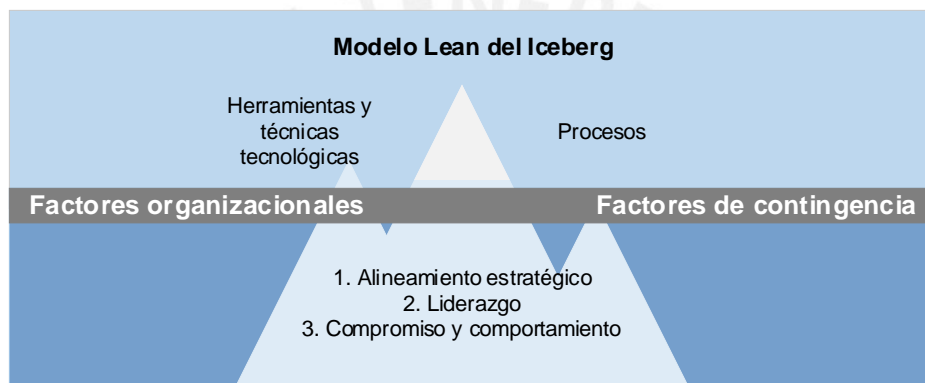


Figura 23. Modelo Lean del Iceberg

Fuente: Dora y Gellyck (2013)

Elaboración propia

En segundo lugar, para hacer frente a los factores identificados, los autores proponen la “Casa de Lean”, un conjunto de pasos que involucra a todos los interesados de la aplicación (ver Figura 24).

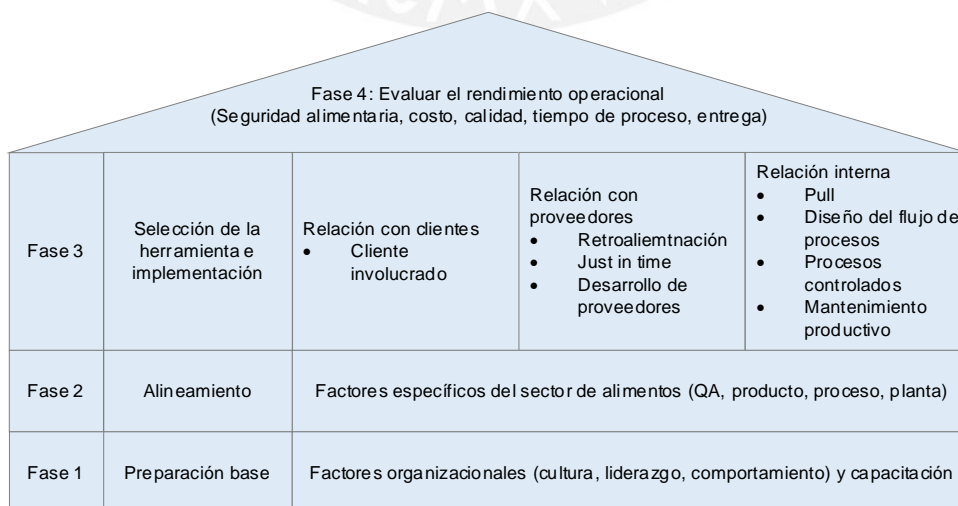


Figura 24. Casa de Lean

Fuente: Dora y Gellyck (2013)

Elaboración propia

Fase 1: Preparación base

Se debe conocer y entender la organización completa para identificar los principales problemas. Las principales acciones son las siguientes:

- Asignación del líder del proyecto, quien estará a cargo del control y seguimiento del mismo.
- Capacitaciones en principios y prácticas lean para el personal involucrado
- Desarrollo de un equipo multidisciplinario con habilidades técnicas y blandas

Fase 2: Alineación

Se evalúan los factores contingentes relacionados al producto, planta y proceso:

- Planeamiento de la demanda según la orden de los clientes
- Tiempo de producción
- Tiempos de cambio
- Variabilidad del producto
- Limitaciones de control de temperatura, humedad, clima, entre otros.

Fase 3: Elegir las herramientas adecuadas a aplicar

Según los problemas y factores analizados en las fases anteriores, se debe elegir la herramienta que mejor responda y genere resultados eficientes después de su aplicación. Por ejemplo, en algunos casos la aplicación de *JIT* es mejor que *pull* y Kanban por el sistema de complejidad para la organización.

Fase 4: Evaluación del rendimiento después de la aplicación

Uso de registros y datos para definir indicadores de medición de las herramientas aplicadas, y promover una cultura de mejora continua.

2.5. Caso de estudio 5: “*Apply Lean and Taguchi in different level of variability of food flow processing system*”

Autor: Ammar Noorwali (2013)

En este artículo, se introduce un modelo Lean y de simulación para reducir la variabilidad del nivel de producción en un sistema de procesamiento de galletas en una empresa ubicada en Arabia Saudita. El primero se utiliza para la identificación de desperdicios y el segundo para simular un escenario de mejora, ambas herramientas relacionadas entre sí a través de un modelo de correlación, con la cual se identificará a la variable con más impacto.

2.5.1. Principales problemas identificados

Se utilizó el enfoque Lean de los siete desperdicios para la identificación de las actividades que no agregan valor en el procesamiento de galletas (*ver Tabla 2*).

Tabla 2. Tipos de desperdicios en el proceso de galletas

Tipo de desperdicio	Descripción
Sobreproceso	La operación de medir el peso y el tamaño después del proceso de cortado.
Tiempos de espera	Espera en la estación de moldeado para la siguiente pieza a procesar.
Inventario	La crema de relleno se produce en mayor cantidad a la demandada
Transporte	Transporte de la crema de relleno de la zona de mezclado hasta la línea de producción
Movimiento	Materiales para el moldeado lejos de la zona de trabajo
Sobreproducción	Producción de paquetes de galleta mayor a la demandada
Defectos	Configuración de la máquina de paquetes con las dimensiones equivocadas

Fuente: Noorwali (2013)

Elaboración propia

2.5.2. Herramientas Lean aplicadas

En este estudio, solo se utilizó el enfoque Lean para la identificación de desperdicios; sin embargo, se utilizó Taguchi, un modelo de simulación para analizar los parámetros que más influyen en los procesos y que está enfocado, principalmente, en la calidad (ver Tabla 3).

Tabla 3. Factores que influyen en el proceso de elaboración de galletas

Factores	MTTR	MTTF
Humedad	10,25,40	30,180,280
Velocidad	10,25,40	120,200,360
Baja temperatura	10,15,20	20,40,80
Alta temperatura	20,40,60	100,200,300
Desglose breve	10,20,40	40,140,280
Desglose prolongado	60,120,240	300,400,500

Fuente: Noorwali (2013)

Elaboración propia

2.5.3. Resultados obtenidos

Después de la aplicación de Taguchi, se identificaron los cuatro factores principales que influyen en el proceso de galletas en Arabia Saudita: Espera, bloqueo, paradas y funcionamiento (ver Figura 25).

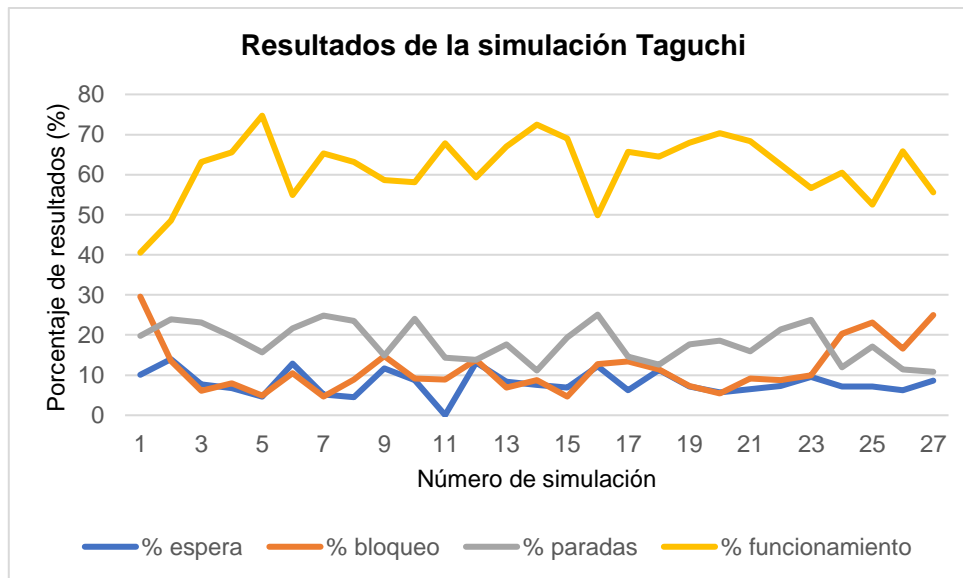


Figura 25. Resultados de la simulación Taguchi

Fuente: Noorwali (2013)

Elaboración propia

Asimismo, se aplicó el modelo de correlación y se identificaron a los factores de espera y bloqueo como los más influyentes en el proceso (ver *Tabla 4*).

Tabla 4. Matriz de correlación (Pearson n)

Variables	% espera	% bloqueo	% paradas	% funcionamiento
% espera	1	0.292	0.093	-0.629
% bloqueo	0.292	1	-0.333	-0.715
% paradas	0.093	-0.333	1	-0.350
% funcionamiento	-0.629	-0.715	-0.350	1

Fuente: Noorwali (2013)

Elaboración propia

CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO DEL SECTOR DE ACUICULTURA

Según la FAO (2003), la acuicultura comprende la crianza de especies acuáticas como peces, moluscos, crustáceos y plantas; y que supone la intervención del ser humano para elevar los niveles de producción, así como la propiedad sobre las poblaciones de peces que se están cultivando.

Las actividades que comprende la acuicultura son la selección y acondicionamiento del medio, obtención o producción de semilla, siembra, cultivo, procesamiento primario, investigación, desarrollo e innovación tecnológica. (Ley General de Acuicultura, art. 7). El análisis del sector se desarrolla de manera global y específica, para lo cual se presentan dos enfoques: la acuicultura en el mundo y en el Perú.

3.1. La acuicultura en el mundo

A nivel mundial, la producción acuícola se desarrolla en varios continentes, dentro de los cuales, el continente asiático es el más predominante con una participación del 89% en las dos últimas décadas. Además, en el 2018, se alcanzó un récord histórico con una producción de 114,5 millones de toneladas en peso vivo (ver Figura 26).

Asimismo, se puede visualizar que los peces de aleta en aguas continentales son los de mayor producción en el sector.

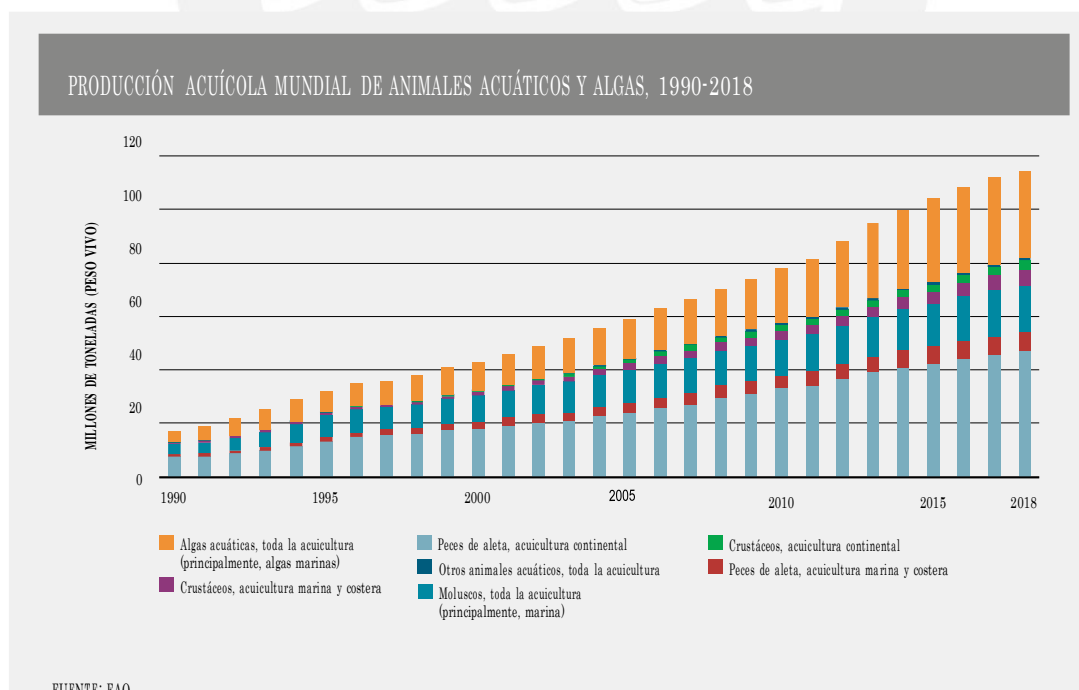


Figura 26. Producción acuícola mundial

Fuente: FAO (2020)

Respecto a la tecnología empleada en este sector a nivel mundial, un claro ejemplo es el desarrollo de la industria del salmón en Noruega. Este modelo obtuvo el éxito basado en las innovaciones de mejora genética, sistemas de gestión, productos de salud y tecnología novedosa para sistemas de producción (De Lapérouse, 2019).

Los principales problemas que abarca este modelo son las limitaciones de oxígeno, la distribución de alimento, y el control y tratamiento de enfermedades para aumentar el nivel de eficiencia en la producción. Asimismo, respecto a la infraestructura, se están empezando a utilizar jaulas de acero con bisagra, y con un mayor tamaño (de 60 metros a 160 metros de diámetro), lo cual incrementa la capacidad de producción.

Cabe resaltar que, según el crecimiento del sector, la inversión en investigación y desarrollo se ha centrado más en mejorar las capacidades de bioseguridad (reducción de bioincrustaciones), mejorar la tecnología de alimentación (diseño con controles remotos), mejorar el bienestar de los peces (control de enfermedades), y mejorar la gestión de producción y del ambiente.

Asimismo, en relación a la sostenibilidad, en Dinamarca, *Atlantic Sapphire* ha desarrollado sistemas de acuicultura recirculante (RAS), un sistema terrestre de circuito cerrado con mayor capacidad de producción acuícola.

Por otro lado, existen proyectos de desarrollo de inteligencia artificial y aprendizaje automático para mejorar el proceso de crianza de salmón en *Cermaq Norway*, un proyecto único de su tipo que se desarrollará en un horizonte de 5 años hasta el 2025. Además, del uso de sistemas de fotoperiodo para la mejora lineal de crecimiento y factor de alimentación en una moderna granja de peces *post-smolt*¹ en Noruega.

La mayor parte de las inversiones en tecnología para el sector de acuicultura se relacionan con los siguientes temas:

- **Nutrición:** Relacionado con la escasez de harina de pescado, fuente principal de proteínas para los peces. Para ello, diversas empresas investigan y desarrollan alimentos alternativos preparados de insectos, algas, soja; sin embargo, aún no se ha encontrado un sustituto ideal.
- **Salud:** Desarrollo de vacunas para combatir las infecciones de bacterias y estrés en la aglomeración de peces que ocasiona mortalidad y baja productividad.
- **Genética:** Investigación en modificaciones genéticas que reduzcan el tiempo de producción de un pez de tamaño comercial. Sin embargo, no es muy aceptado por los consumidores minoristas y de EE.UU., dado que existe una preocupación por los alimentos alterados genéticamente.

¹ *Post-smolt*: Etapa posterior al proceso de transformación que permite a un pez pasar de vivir en agua dulce al mar. Se da en los alevines de salmón y trucha común.

3.2. La acuicultura en el Perú

En el Perú, el desarrollo de la acuicultura tiene lugar en diferentes regiones del país; sin embargo, la región más predominante es Puno, que tiene como producción principal a la trucha arcoíris. Asimismo, cabe resaltar que el sector de acuicultura ha experimentado un crecimiento continuo durante los últimos años con una tasa de crecimiento promedio anual de 12% entre el 2006 y 2017. (Ramírez, G.; Sandoval, N.; Vicente, K; 2017:14)

Las principales especies de cultivo en el Perú son la trucha (47.91%), la concha de abanico (23.74%), el langostino (24.93%), la tilapia (1.81%) y otras especies amazónicas (2.71%) (ver Figura 27).

Sin embargo, a pesar del crecimiento del sector, existen aún limitaciones que no ha permitido su expansión como en los países de Chile, Ecuador, Brasil y México. Además, al ser el sector dependiente de los recursos hidrobiológicos, está determinada por variables ambientales, logísticas e institucionales.

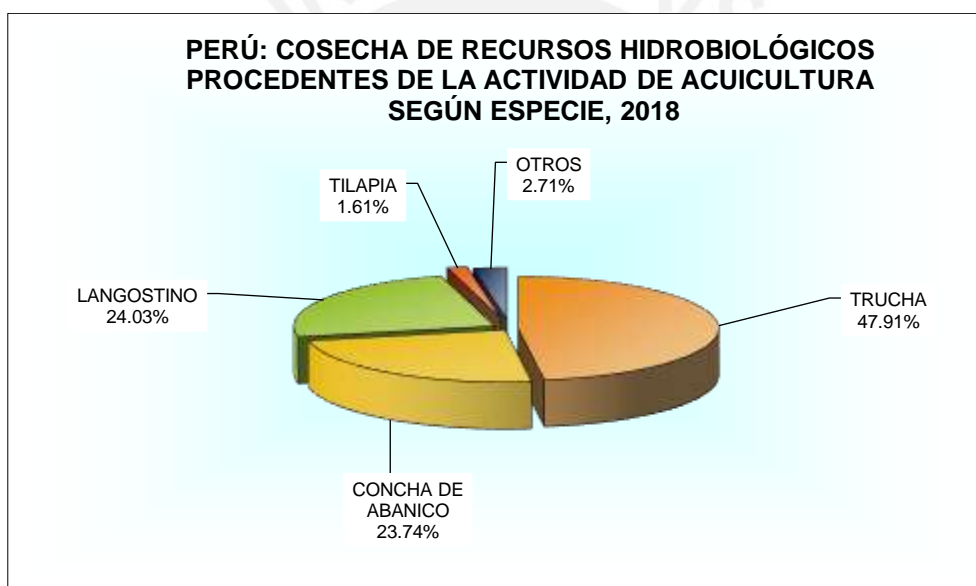


Figura 27. Cosecha de recursos hidrobiológicos del sector acuicultura según especie en el Perú: 2018

Fuente: RNIA (2018)

En relación a la tecnología utilizada en el sector, hay un escaso desarrollo para el fortalecimiento de las cadenas productivas, ya que existe una necesidad de mejorar la productividad de toda la cadena, establecer alianzas con otros tipos de industrias y fomentar el desarrollo de tecnologías como semilla seleccionada, policultivos, nuevos alimentos, rotación de cultivos, empleo de microorganismos para depurar el agua, entre otros.

Además, se debe buscar adaptar al negocio local los métodos de cultivo que se practican en otros países, tales como los cultivos intensivos en ciclos cerrados, el uso de ambientes controlados, cultivos en jaulas, empleo de líneas domesticadas, uso de

probióticos, levaduras y bacterias en la alimentación, y la incorporación de nuevas especies para diversificar la producción y oferta.

Asimismo, se busca promover la selección y mejora genética de las especies a través de la domesticación, reproducción y crianza de las especies. De la misma manera, una tendencia importante a evaluar es la sustitución de las harinas y aceites de origen marino por harinas y aceites de origen oleaginoso como soja y sorgo, dado que ello permite la reducción de residuos y mejora las técnicas de alimentación para elevar el rendimiento.



CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- En primer lugar, dado que la herramienta de *Lean Manufacturing* ha estado en constante evolución desde su incursión con Toyota hasta su aplicación de hoy en día en diferentes industrias como la salud, alimentos, agricultura, tecnología de información, entre otros; se concluye que puede ser aplicada en cualquier tipo de industria al realizar una analogía entre sus definiciones más básicas y el tipo de proceso seleccionado.
- Asimismo, se puede concluir que la aplicación de *Lean Manufacturing* se ha desarrollado con efectividad en las industrias de alimentos y agricultura como se ha analizado en los estudios de casos, en los cuales se ha utilizado como una herramienta de diagnóstico y mejora de procesos.
- Finalmente, al realizar el diagnóstico del sector de acuicultura a nivel nacional e internacional, se concluye que el desarrollo de tecnología está en una fase más avanzada a nivel internacional, pero que en ninguno de los casos hay una aplicación directa de las herramientas de *Lean manufacturing* como mejora de la gestión de crianza y producción de las diferentes especies.

4.2. Recomendaciones

- En base a los estudios de casos, se recomienda la aplicación de *Lean Manufacturing* como herramienta de diagnóstico y mejora para obtener resultados más sobresalientes.
- En el sector de acuicultura a nivel mundial, se recomienda realizar más investigaciones en herramientas poco comunes como *Lean Manufacturing* para la mejora de procesos.
- En el sector de acuicultura en el Perú, se recomienda empezar por responder a las necesidades básicas que el sector demanda a través de la inversión en tecnología y capacitaciones.
- Para mejorar el rendimiento de la acuicultura, y en especial en el cultivo de trucha arcoíris, se recomienda la aplicación de *Lean Manufacturing* como herramienta de diagnóstico y mejora.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barth H, Melin M, A Green (2018) Lean approach to global competition and climate change in the agricultural sector – A Swedish case study, *Journal of Cleaner Production*, 204(10), 183-192. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.021>

Baumont, F.; Forbes, H.; Schaefer, D.; Milisavljevic, J. (2020) Lean Principles in Vertical Farming: A case study, *Procedia CIRP*, 93, 712-717. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.03.017>

Bell, S. C., & Orzen, M. A. (2010). *Lean IT: Enabling and sustaining your lean transformation*. ProQuest Ebook Central <https://ebookcentral.proquest.com>

Bendek, P. (2016). *Beyond Lean*. <https://doi-org.ezproxybib.pucp.edu.pe/10.1007/978-3-319-27745-5>

Bhasin, S. (2015). *Lean Management Beyond Manufacturing*. <https://doi-org.ezproxybib.pucp.edu.pe/10.1007/978-3-319-17410-5>

Bowerman, J. & Lam-White, J. (2007). *Leadership in Healthcare* 20(4) www.emeraldinsight.com/1751-1879.htm

Chiarini, A. (2013). *Lean Organization: from the Tools of the Toyota Production System to Lean Office*. <https://doi-org.ezproxybib.pucp.edu.pe/10.1007/978-88-470-2510-3>

De Lapérouse, P. (2020). *La tecnología apunta a la acuicultura*. <https://aquafeed.co/entrada/la-tecnolog-a-apunta-a-la-acuicultura-19859/>

Dora, M. & Gellynck, X. (2015). House of lean for food processing SMEs, *Trends in Food Science & Technology*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2015.03.008>

Dudbridge, M. (2011). *Handbook of Lean Manufacturing in the Food Industry*. Oxford, Irlanda. Blackwell Publishing Ltd.

Erlach, K. (2013). *Value Stream Design*. <https://doi-org.ezproxybib.pucp.edu.pe/10.1007/978-3-642-12569-0>

FAO (2003). *Acuicultura: Principales conceptos y definiciones*.
<http://www.fao.org/3/y5751s/y5751s08.htm>

Feld, W. (2000). *Lean Manufacturing: tools, techniques, and how to use them*. Estados Unidos. St. Lucie Press.

Floyd, R. C. (2010). *Liquid lean: Developing lean culture in the process industries*. Boca Raton, FL: CRC Press.

FONDEPES (2014). Manual de Crianza de Trucha en Ambientes Convencionales. Pp. 25-40. https://www.fondepes.gob.pe/src/manuales/MANUAL_TRUCHA.pdf

García, J.; Maldonado, A., & Cortes, G. (2014). Lean Manufacturing in the Developing World. <https://doi-org.ezproxybib.pucp.edu.pe/10.1007/978-3-319-04951-9>

Hartman, B. (2015). *The Lean Farm: How to minimize waste, increase efficiency, and maximize value and profits with less work*. Vermont, Estados Unidos : Chelsea Green Publishing.

Hirano, H. (2009). *JIT Implementation Manual*. Florida, Estados Unidos: CRC Press.

Jimenes, G. et al. (2019). Improvement of Productivity and Quality in the Value Chain through Lean Manufacturing – a case study. *Procedia Manufacturing*, (41), 882-889. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.10.011>

Liker, J. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. Estados Unidos. McGraw-Hill.

Ostbo, P.; Wetherill, M.; Cattermole, R. (2016). Leading Beyond Lean. <https://doi-org.ezproxybib.pucp.edu.pe/10.1007/978-1-349-94948-9>

Rajadell, M., & Sánchez, J. (2010). *Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad*. Madrid, España. Ediciones Díaz de Santos.

Ramírez, G.; Sandoval, N.; Vicente, K. (2018). *Sistema Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura: Fundamentos y propuesta 2017-2022*. Lima, Perú. Q&P

Impresores. <https://www.pnipa.gob.pe/wp-content/uploads/2019/02/PESCA-Y-ACUICULTURA-3-1.pdf>

Salinas -Coronado, J. (2014). Lean Manufacturing in Production Process in the Automotive Industry. https://doi.org/10.1007/978-3-319-04951-9_1

Shingo, S. (2017a). *Kaizen and the art of creative thinking: The scientific thinking mechanism* (1st ed.). New York: Productivity Press.

Shingo, S. (2017b). *Fundamental principles of lean manufacturing* (1st ed.). Bellingham, WA: Productivity Press.

Tsigkas, A. (2013). The Lean Enterprise. <https://doi-org.ezproxybib.pucp.edu.pe/10.1007/978-3-642-29402-0>

Wang, J. X. (2010). *Lean manufacturing : Business bottom-line based*. ProQuest Ebook Central <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibpucp-ebooks/detail.action?docID=589949>

Wilson, L. (2010). How to Implement Lean Manufacturing. <https://freemindconsulting.files.wordpress.com/2009/12/lean-implementation-tools.pdf>

Womack, J.; Jones, D.; Ross, D. (1990). *The Machine that Changed the World*. Canada. Macmillan Publishing Company.