

# **DETECCIÓN Y REDUCCIÓN DE CUELLOS DE BOTELLA USANDO TÉCNICAS DE LEAN MANUFACTURING EN UN PROCESO PRODUCTIVO DE ALIMENTOS**

## *DETECTION AND REDUCTION OF BOTTLENECKS USING LEAN MANUFACTURING TECHNIQUES IN A FOOD PRODUCTION PROCESS*

***Azucena del Carmen Balerio Rosas***

Tecnológico Nacional de México/ IT de Celaya, México  
*m2103001@itcelaya.edu.mx*

***Moisés Tapia Esquivias***

Tecnológico Nacional de México/ IT de Celaya, México  
*moises.tapia@itcelaya.edu.mx*

***Manuel Darío Hernández Ripalda***

Tecnológico Nacional de México/ IT de Celaya, México  
*dario.hernandez@itcelaya.edu.mx*

***Alicia Luna González***

Tecnológico Nacional de México/ IT de Celaya, México  
*alicia.luna@itcelaya.edu.mx*

**Recepción:** 24/mayo/2022

**Aceptación:** 30/noviembre/2022

### **Resumen**

En la industria alimentaria, el tiempo de producción es crucial, ya que se producen altos porcentajes de desperdicios derivados de tiempos de inactividad, en su mayoría son asociados a diferentes cuellos de botella. La aplicación de este estudio se enfocó en una empresa alimenticia productora de alimentos lácteos, se abarcó la totalidad de la cadena de valor agregado durante el proceso de producción de un producto de interés, el cual es el más vendido por la empresa, con mayor costo y con el cual se tenían más problemas durante el proceso. Se implementó la herramienta VSM, en el cual se tuvo una vista más amplia de la problemática real del proceso, como resultado de la aplicación de esta herramienta de Lean Manufacturing se encontraron 3 cuellos de botella importantes para el proceso se

propusieron diferentes mejoras las cuales se comenzaron a implementar. Se inició con la reducción de inventario aumentando las entregas por semana de ciertos productos, lo cual ayudará a reducir los días de inventarios en la empresa, una segunda propuesta fue la inversión en una nueva máquina que ayudaría a aumentar la capacidad productiva en estos procesos, esta actividad sigue en proceso ya que se espera la instalación de la máquina, finalmente la última propuesta es la implementación de mejora en el acomodo de tarimas en la operación 4 para una reducción de tiempo de esta operación. Todas las propuestas están en actual aplicación por parte de la empresa.

**Palabras Clave:** Cuellos de botella, Lean Manufacturing, reducción de inventario, VSM.

### **Abstract**

*In the food industry, production time is crucial, since high percentages of waste are produced due to downtime, most of which are associated with different bottlenecks. The application of this study focuses on a food company that produces dairy foods, covering the entire value chain during the production process of a product of interest, which is the most sold by the company, with the highest cost. and with which they have more problems during the process. The VSM tool was implemented, in which there is a view of the real problems of the process, as a result of the application of this Lean Manufacturing tool, 3 important bottlenecks were found for the process. Different improvements were proposed, which began to be implemented. It began with the reduction of inventory by increasing deliveries per week of certain products, which will help to reduce the days of inventories in the company, a second proposal was the investment in a new machine that would help to increase the productive capacity in these processes. This activity is still in process since the installation of the machine is expected. Finally, the last proposal is the implementation of an improvement in the arrangement of pallets in operation 4 to reduce the time of this operation. All proposals are currently being applied by the company.*

**Keywords:** Bottlenecks, Lean Manufacturing, reduction of inventory, VSM.

## **1. Introducción**

Actualmente se incrementa la necesidad de mejorar la competitividad para las empresas, se enfrentan a una competencia sin fronteras, donde existe la necesidad urgente de cambiar la forma tradicional de operar las compañías, optimizar los procesos y reducir los desperdicios de tiempo, costo y espacio que se generan dentro de los mismos, al igual se busca incrementar la satisfacción del cliente y rentabilidad de las empresas en México [Barcia, 2007].

Detectar las restricciones de capacidad de sus procesos es una ventaja que permite a las empresas verificar el plan de producción anual, bajo las condiciones presentes en su sistema productivo y tomar mejores decisiones en su operación, mantenimiento e inversiones [Núñez, 2016]. Conociendo la capacidad de proceso se pueden implementar mejoras para la reducción de cuellos de botellas asociados a las restricciones en procesos por capacidad de producción, almacenaje, etc.

En la actualidad, las empresas se enfrentan a una competencia sin fronteras, donde existe la necesidad urgente de cambiar la forma tradicional de operar las compañías, optimizar los procesos y reducir los desperdicios de tiempo, costo y espacio que se generan dentro de los mismos [Barcia, 2007]. Por este motivo, muchas organizaciones están buscando identificar la cadena de valor en cada uno de sus procesos. Se debe tener en cuenta que la cadena de valor se define como aquellas actividades que le dan un valor agregado al cliente y que involucra todo el camino que debe seguir el producto desde la recepción del pedido hasta la entrega al cliente final [Paredes, 2017].

Las herramientas Lean Manufacturing se han posicionado en el entorno empresarial como metodologías claras y eficientes para la optimización de procesos en cualquier tipo de empresa. En Lean, se analiza el flujo de valor para reducir los desperdicios, y los cuellos de botella que generan más desperdicios los consideramos como algo malo, ya que los cuellos de botella hacen que el tiempo de ciclo sea lento y ese es el tiempo que te toma cumplir los pedidos del cliente, pero si entiendes como lidiar con las limitaciones, puedes mejorar el proceso en general. La metodología llamada Value Stream Mapping o mapeo de cadena de valor se usa en las empresas, con el propósito de identificar y eliminar aquellas actividades que no agregan valor al

proceso y a su vez mejorar el desempeño del área logística de la compañía, disminuyendo la sensación de un bajo nivel de servicio [Paredes, 2017].

Otra herramienta usada comúnmente por Lean Manufacturing es el recorrido gemba, en japonés, gemba significa “lugar real”: el lugar donde ocurren acciones reales. Es una palabra que usan a diario los japoneses. Por ejemplo, cada vez que un terremoto sacude Japón, los reporteros de la televisión enviados al sitio afectado dicen que “informan desde el gemba”. El gemba es donde ocurre la acción y donde se pueden encontrar los hechos. En términos de empresa, las actividades que añaden valor para satisfacer al cliente ocurren en el gemba. En el recorrido gemba se añade valor al producto o servicio con el fin de satisfacer al cliente, de modo que la compañía pueda sobrevivir y prosperar [Imai, 2012].

Los bienes manufacturados (y sus insumos) también tienden a ser relativamente intensivos en capital (necesitan maquinaria y tecnología), reduciendo su elasticidad de oferta a corto plazo, ya que se necesita tiempo para expandir la capacidad productiva. Como resultado, los aumentos repentinos en la demanda de productos manufacturados pueden traducirse rápidamente en cuellos de botella. Otro factor que influye en el desarrollo de cuellos de botella es el cambio de comportamiento por parte de los participantes de la cadena de suministro o la cadena de valor agregado [Núñez, 2016].

Este estudio se enfoca en una empresa alimenticia productora de alimentos lácteos, en la cual se revisa la cadena de valor agregado de un proceso que representa un gran reto para la empresa, se abarca la totalidad de la cadena de valor agregado durante el proceso de producción de un producto, el cual es el más vendido por la empresa, con mayor costo y con el cual se tienen más problemas durante el proceso.

El tiempo de ciclo que se tiene durante el proceso es un punto de gran importancia, ya que, existen grandes variaciones de importancia en el tiempo tanto de producción, de envasado y de enfriamiento del producto de interés, la gran variación de tiempos puede llevar al producto a perder inocuidad y la calidad esperada por los clientes y por autoridades oficiales, así también se incrementa la producción de reproceso, el cual incrementa el valor del producto terminado.

La aplicación de este proyecto ayudará a mejorar el proceso en tiempo de entrega, flexibilidad en capacidad y disponibilidad a tiempo de materiales y/o producto terminado para la empresa antes mencionada. Se busca conocer los principales cuellos de botella que se tiene en el proceso, durante la búsqueda bibliográfica, se pudo encontrar en el artículo científico de Timans [Timans, 2011], una manera de como iniciar con la implementación de mejora continua, así como técnicas de implementación de la metodología de Lean Manufacturing en pequeñas y medianas empresas, con la información de este artículo se pueden conocer qué tipo de herramientas se pueden aplicar y en qué forma.

En el libro Gemba Kaizen [Imai, 2012] menciona el autor la importancia de los recorridos gemba en los diferentes procesos que se pueden llegar a tener en las empresas, estos recorridos se deben realizar no solo cuando se tiene un problema o cuello de botella detectados, sino, deben realizarse diariamente para poder predecir o evitar problemas en el proceso y anticipar desde fallos en máquinas hasta la escases de materias primas en líneas, este recorrido ayuda al personal gerencial para conocer los problemas reales que se tienen en los procesos, esto les ayuda para proponer mejoras que se implementan antes de que existan problema con la producción y evitar paros de producción que lleguen afectar la entrega de producto a los diferentes clientes.

En la tesis publicada por Canónico [Canónico, 2015], encontramos una propuesta la cual es brindar una herramienta sistemática aplicable a problemas complejos de una multinacional de alimentos, esto con el objetivo de reducir los rechazos en entrega de producto terminado y estabilidad el nivel del mismo, la implementación se lleva a través de la metodología de Six sigma, esta implementación no solo ayuda a mejorar un proceso sino también a demostrar el potencial de la herramienta para ser aplicado a otros ámbitos de la compañía bajo el mismo lineamiento, esta información aplicada adecuadamente en el presente proyecto lleva de la mano una mejora en el proceso con mayor deficiencia así también podría mejorar la productividad que hasta el momento es deficiente para poder satisfacer la demanda de los clientes, reduciendo también costos logísticos innecesarios para la empresa, principalmente en almacenamiento y transporte.

Taguchi [Taguchi, 1985] en su artículo, expresa las diferencias de una misma empresa, pero con plantas en diferentes partes del mundo, esto apoya a este proyecto a conocer que la verdadera manera de mantener la calidad de un producto así también como el mejoramiento de ciertos procesos o áreas en una empresa va de la mano con la mentalidad de mejorar de los colaboradores y trabajadores, teniendo siempre presente que la mejora no se realiza hasta que ya se tiene un problema establecido, sino que se debe prevenir el tenerlo y tener más cuidados durante todo el proceso para poder evitarlos, y el hecho de que no se tenga un problema en una empresa no significa que no esté en continua aplicación la metodología de mejora continua y otras metodologías existentes de mejora, una vez teniendo definidos los problemas iniciales de la empresa en la cual se enfocara se puede llegar a proponer mejoras para el proceso de interés y si la empresa las aplica adecuadamente y constantemente se pueden anticipar a futuros problemas por cuellos de botella iguales o parecidos a los que se tienen actualmente.

## **2. Métodos**

El proceso de producción en el cual se realizó la aplicación de este proyecto consta de 4 operaciones:

- Operación 1: En esta operación se hace la preparación de base para la producción del alimento, se mezclan todas las materias primas sólidas para la producción del producto, de esta forma es más fácil para el área de cocinado la incorporación de las materias primas solidas a la mezcla.
- Operación 2: En esta operación se realiza la producción del producto, se mezclan la base (materia prima solida preparada en la operación anterior) y la materia prima liquida, se pasteuriza mezcla y se les agregan aditamentos para darle textura y sabor al producto final listo para ser envasado.
- Operación 3: Esta operación es el envasado del producto.
- Operación 4: Una vez que se tiene el producto terminado, se pasa esta esta operación la cual consta del enfriamiento del producto ya que la entrega del producto a los clientes debe estar entre 4-6 °C, el producto sale del área de envasado con una temperatura aproximada de 55 °C.

A continuación, se describe como se realizó la detección de los cuellos de botella que se encontraron en un proceso de producción de alimentos lácteos.

### **Recorrido Gemba**

Se inició con un recorrido gemba en compañía de gerentes y/o supervisores de cada área, esto con el fin de conocer el proceso productivo, se apoyó este recorrido con diagrama de proceso para verificar cada etapa que se tiene durante el proceso o los procesos a los cuales se enfocó el estudio. Los siguientes recorridos que se llevaron a cabo fueron de manera individual, se apoyaron estos recorridos con los líderes de área, operadores de máquinas, encargados, etc. El objetivo de esta actividad fue conocer el verdadero funcionamiento de cada etapa o parte del proceso, cuáles eran los problemas a los cuales se enfrentan los operadores y que apoyo se les proporciona por parte de supervisores o gerentes para disminuir los problemas presentados en las diferentes áreas.

Con los recorridos gemba individuales se pudieron observar desde puntos de oportunidad hasta cuellos de botella de alto impacto para el proceso productivo e incluso se puede aportar una solución a los problemas ya que muchas veces los mismos operadores resuelven los problemas sin comunicarle a los supervisores o gerentes, este fue un caso que se encontró en específico en la empresa en la cual se implementó este estudio, conociendo desde los pequeños hasta los más grandes problemas causantes de paros durante el proceso se puede determinar una manera de reducir estos tiempos de inactividad.

### **VSM**

En la figura 1 se describen las etapas para la elaboración de un diagrama VSM:

- Fase 1.- Inicialmente se debe definir una matriz de productos y procesos, esta matriz nos ayudara a elegir el proceso o el producto al cual debemos enfocarnos ya que nos indica cual es el producto o proceso más representativo para la empresa y el cual si se mejora a su vez se mejoran los procesos de los demás productos y esto representa una mejora más significativa del proceso.

La tabla 1 muestra la matriz como ejemplo para la decisión de que producto puede ser el más representativo para una empresa.



Figura 1 Diagrama para elaboración de VSM.

Tabla 1 Matriz de decisión para elaboración de VSM para productos.

Producto	Proceso K	Proceso L	Proceso M	Proceso N	Volumen (%)
A	•	•			10
B	•	•	•	•	5
C			•	•	10
D	•	•	•		25
E	•	•	•	•	<b>30</b>

En caso de que no se tenga determinado que producto se va a mapear se realiza una matriz como se muestra en la tabla 1 en la cual podemos observar los productos que puede tener una empresa y los procesos que se tienen dentro de ella, un punto importante es el porcentaje de volumen de producción de cada producto, el primer criterio de decisión que se puede considerar es tomar como producto de investigación al producto que pase por todos o la mayoría de los procesos que se tiene en la empresa, el segundo criterio es considerar el producto que no solo esté presente en la mayor cantidad de procesos sino que también con un mayor porcentaje de producción, la decisión que se tome depende de las necesidades de la empresa, otros criterios podrían incluir el producto con mayor costo o mayor



tiempo de producción. En el ejemplo propuesto en la tabla 1 se puede seleccionar al producto E como caso de estudio ya que pasa por todos los procesos existentes en la empresa y con un porcentaje de producción más alto.

- Fase 2. Una vez determinado el producto o el proceso al cual se va a enfocar se comienza con una entrevista a control de producción. En esta entrevista se busca obtener información acerca de los pedidos que se realizan por los clientes, así como cantidades y tiempos de entrega requeridos, estos varían dependiendo de cada cliente y se tiene un pronóstico de venta el cual es confirmado depende del cliente que va desde la confirmación diaria hasta semanal por los clientes. A continuación, en la figura 2 se muestra la primera parte del diseño de un diagrama VSM solo considerando la interacción de la empresa en específico la parte de control de producción con el cliente y con los proveedores.

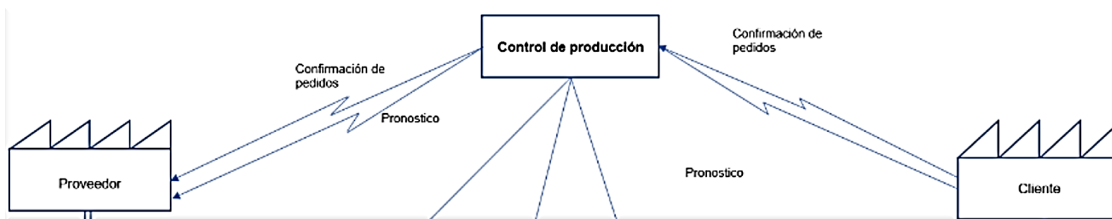


Figura 2 Primera parte de VSM, control de producción, proveedor y cliente.

- Fase 3. Se inició con la primera operación del proceso productivo, en el recorrido gemba realizado en esta fase, se habló con el personal de esta parte del proceso, se busca información como: ¿Cuántos operadores intervienen en este proceso?, ¿Cuánto tiempo tarda cada pieza en este proceso?, ¿Hay cambio de modelo?, ¿Cuánto tiempo tarda el cambio de modelo?, ¿Cuánto tiempo de disponibilidad tiene la maquina?, estas preguntas se hacen en cada parte de proceso o estación de trabajo para poder obtener tener una vista de la situación real de cada parte de proceso considerando tiempos, inventario entre cada una de las etapas y tiempos sin uso de la maquinaria.

Para determinar el estado de la situación actual se debe primero aclarar y explicar tres conceptos fundamentales, los cuales son [Taguchi, 1985]:

- ✓ Capacidad efectiva: Es la capacidad que una empresa espera alcanzar dadas las restricciones de operaciones existentes. A partir de este indicador, se calcula la eficiencia del proceso.
- ✓ Tiempo de ciclo: Es el tiempo promedio entre la producción de dos unidades consecutivas.
- ✓ Tiempo takt: Es el máximo tiempo de ciclo permitido para producir un elemento y poder cumplir la demanda. La situación ideal es que el takt time sea igual al tiempo de ciclo, de lo contrario se puede incurrir en costos de faltantes o sobreproducción.
- ✓ Lead time (LT): Es el tiempo que transcurre desde que el cliente pide una orden hasta que la empresa emite la factura, se representa en unidad de tiempo.
- ✓ Valor agregado: El valor agregado se mide en %, se le agrega valor a un servicio o producto cuando está en transformación.

El cálculo de los conceptos antes mencionados puede depender del proceso al cual se enfoca la aplicación de la herramienta VSM, y de que se busque mejorar en el proceso.

- Fase 4. Una vez obtenida toda la información requerida para hacer el VSM se comienza a analizar los datos, de esta forma se compararon datos reales con datos que se proporcionaron por parte de gerentes y se pudo conocer si las desviaciones ya sea en tiempos, tamaños de inventarios, etc.
- Fase 5. Una vez que se obtuvo toda la información necesaria de cada área de trabajo, se inició con el llenado de cada Databox, el Databox en un VSM se aplica por cada etapa del proceso el cual contiene información importante antes obtenida con las entrevistas hechas a los operadores de las máquinas.

### **3. Resultados**

En la figura 3 se muestra el VSM realizado para el proceso de producción de un producto lácteo.

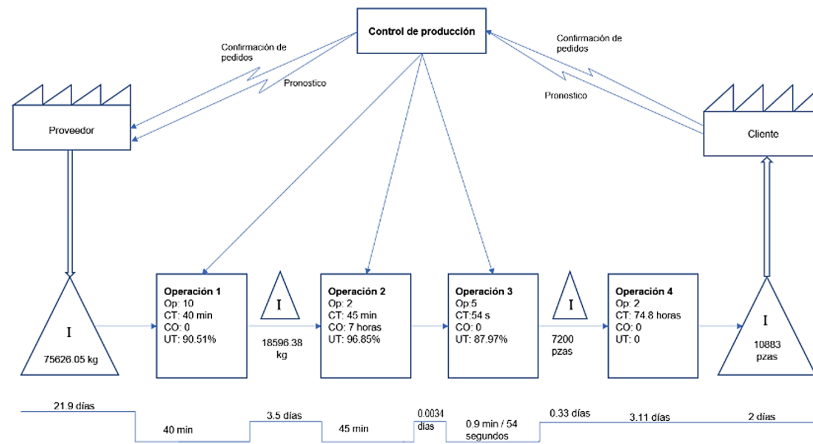


Figura 3 VSM inicial de proceso de producción.

Del 100% del tiempo que se tarda en fabricar una pieza, solo del 0.5 – 5% del tiempo se les agrega valor a los productos, lo demás es una pérdida/desperdicio. La ecuación 1 muestra cómo se calcula el porcentaje de valor agregado en un proceso.

$$VA = \frac{\sum \text{Tiempos que agregan valor}}{\text{Lead time (LT)}} = \% \quad (1)$$

El estudio de tiempos no solo se convirtió en una herramienta para medir el tiempo de ciclo del proceso, sino que también se consolidó como una forma de ver todo el sistema y poder encontrar oportunidades de mejora dentro del proceso. Luego de la observación del proceso, se encontraron diferentes problemas que afectan al proceso y se pueden considerar como cuellos de botella, haciendo el sistema de producción lento e ineficiente en partes específicas del proceso. Una vez que se mapeo el proceso y se realizó el VSM, se obtuvo el valor de  $VA = 0.18\%$ .

Lo valores de tiempos obtenidos del proceso se dio como resultado un porcentaje de valor agregado de 0.18, lo cual está por debajo de la especificación que es de 0.5-5%, este valor es el óptimo para considerar que un proceso es eficiente. Se sugiere reducir el Lead Time, el cual en el caso específico de este estudio es de 32.34 días, lo cual quiere decir que sin 32.34 días es el tiempo en el cual no se le agrega valor al producto y es pérdida o desperdicio para la empresa.

Durante los recorridos gamba se pudo observar áreas con un escaso orden de los equipos o herramienta que es indispensable para el trabajo que se realiza en dichas áreas. De igual forma se detectaron áreas con poca limpieza, así como

almacenamiento de producto terminado en áreas no delimitadas para dicho producto, la poca o nula comunicación entre áreas ocasiona un retraso en la producción y un mal almacenamiento de producto terminado lo que puede comprometer la inocuidad de los productos por ser de giro alimenticio la empresa en la que se enfocó este estudio.

Como parte de la aplicación de la herramienta de VSM, se obtuvieron resultados importantes de pedidos y ventas del producto de interés, así también como la producción real de este producto, en la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos de los datos proporcionados por las diferentes áreas, es importante mencionar que la empresa no cumple con la demanda de los clientes que consumen este producto.

Tabla 2 Datos de pedidos, producción real y ventas de producto de interés.

<b>Producción</b>				
<b>Mes</b>	<b>Pedidos (kg)</b>	<b>Producción real (piezas)</b>	<b>Producción real (Kilos)</b>	<b>Ventas (kilos)</b>
1	262154.56	218702	297434.72	277595.04
2	255027.2	152372	207225.92	160273.28
3	371598.24	212682	289247.52	309974.96
4	354946.4	127666	173625.76	199751.56

En la operación 2 se lleva a cabo la producción del producto y la operación 3 es un proceso de envasado, en las entrevistas con los operadores de máquinas de las áreas de ambas operaciones se obtuvo como resultado que la baja producción de este producto es debido a una máquina de la operación 2, la cual, no cumple con la capacidad que se tiene destinada por múltiples fallos en ella por mantenimiento correctivo.

Como parte de la implementación de la herramienta de VSM se calculó el porcentaje de tiempo útil de cada máquina que interviene en las diferentes operaciones, en la tabla 3 se muestran la disponibilidad de las máquinas en cada operación. En la operación 4 que se muestra en el VSM no se tiene considerado un mantenimiento preventivo por parte del departamento encargado ya que es un trabajo que se realiza por parte de contratistas los cuales, solo realizan mantenimiento correctivo hasta el momento de que se reporta una falla en la máquina por ser una operación

nueva en el proceso, según se detalló por parte del departamento de mantenimiento en entrevistas hechas.

Tabla 3 Datos de porcentaje de tiempo útil de máquinas en cada operación.

Operación	Días de M.P. / año	%UT
Operación 1	35	90.51%
Operación 2	44	87.97%
Operación 3	11.5	96.85%

El cálculo del tiempo útil de cada máquina se calculó con ecuación 2, se consideró el tiempo disponible de las maquinas como el tiempo en el cual no se le realiza mantenimiento preventivo, dicho mantenimiento ya está programado por el departamento de mantenimiento anualmente.

$$UT = \frac{\text{Tiempo disponible de maquinas}}{\text{Tiempo total}} = \% \quad (2)$$

Como se puede observar en la tabla 3, la operación 2 es la que menos porcentaje de tiempo útil (*UT*) tiene en las operaciones de todo el proceso, sin embargo, presenta mayor porcentaje de mantenimiento correctivo por el tiempo de paro por fallas en diferentes partes de la máquina de acuerdo a los recorridos realizados durante la estancia en la empresa.

En la operación numero 4 podemos observar que, aunque no agrega valor al producto se tiene un tiempo de operación muy alto para este producto, en la tabla 4 se muestran los tiempos de operación de diferentes productos que pasan por la operación numero 4 resaltando el producto de interés (E) el cual se representa en dos marcas diferentes empacado de diferente forma, es por eso que varían los tiempos que pasa por la operación 4. Como se observa en la tabla 4, el producto E es el que tarda más tiempo en la operación 4 ya sea en cualquiera de las dos presentaciones que se maneja por la empresa.

A pesar de que la producción de este producto es más lenta en comparación a otros productos también la demora de este producto en la última etapa del proceso es alta, haciendo que la empresa no pueda cumplir con lo requerido por el cliente como se observa en la tabla 2, en la cual vemos que en el estudio hecho de 4 meses solo

en el primer mes se cumplió con la demanda de pedidos por los diferentes clientes de este producto, pero los 3 restantes no se cumplió con lo acordado haciendo que la empresa llegue a pagar multas por no entregar producto, elevando el costo del producto y haciéndolo menos rentable para la empresa.

Tabla 4 Tiempo en horas que pasan diferentes productos por la operación 4.

Producto	Producción (piezas)			Producción de tarimas por lote	Tiempo de operación 4 por lote (horas)
	1 hora	8 horas	24 horas		
A	2292	18336	55008	9.5	3.82
B	3180	25440	76320	26.5	21.2
C	480	3840	11520	19.3	19.3
<b>E</b>	<b>1560</b>	<b>12480</b>	<b>37440</b>	<b>69.3</b>	<b>62.4</b>
<b>E</b>	<b>1560</b>	<b>12480</b>	<b>37440</b>	<b>62.4</b>	<b>74.8</b>
G	84	672	2016	20.1	24.1

Se considera tanto la operación 2 como la operación 4 como dos cuellos de botella importantes para el proceso de producción del producto E de la empresa alimenticia.

#### 4. Discusión

Continuando con la de identificación de soluciones a los problemas que se presentan dentro del proceso, se pasa a plasmar dichas técnicas en el mapeo de la cadena de valor, con el objetivo de disminuir los cuellos de botella detectados, así como también el Lead time del proceso para mejorar el porcentaje de valor agregado, se proponen las siguientes mejoras mostradas en la tabla 5.

La primera propuesta es disminuir el inventario de materia prima que se tiene en la planta, ya que en la revisión inicial se tienen un inventario de hasta 21.9 días, lo cual incrementa considerablemente el Lead time del proceso, Paredes Rodríguez [Paredes, 2017] en su artículo publicado en 2017 busca la reducción de inventario inicialmente con un reacomodo de estibas en el área de almacén, pero no teniendo éxito con la disminución se enfocó en la búsqueda y cálculo de inventario máximo, mínimo y punto de reorden para ciertos materiales, lo cual aplicado al problema actual de la empresa ayudaría en la reducción del inventario de materia prima y material de empaque.

Tabla 5 Propuestas para mejora y reducción de cuellos de botella.

<b>Problema</b>	<b>Propuesta</b>
Alto inventario de MP	Reducir Inventario en MP medido a través de indicadores (ITO)
Alto inventario de MP	Aumento en entregas por mes de proveedor y reducción de inventario
No cumple con demanda de cliente	Cálculo de OEE, conocer eficiencia real de cada proceso.
No cumple con demanda de cliente	Inversión en maquina extra para el proceso
No cumple con demanda de cliente	Reducción de tiempo en operación 4 (Estrategia de mejora reacomodando de producto en operación 4)
Producto fuera de especificación (Calidad)	Implementación de 5s en áreas estrategias del proceso
Alto índice de intervenciones por mantenimiento correctivo en operaciones críticos del proceso	Mejorar de mantenimiento preventivo

Como siguientes propuestas de mejora Núñez Segovia [Núñez, 2016] en su artículo menciona la importancia que es para una empresa la determinación de la capacidad en cada proceso la cual ayuda a la detección de cuellos de botella, en el caso específico de este proyecto, la empresa no conocía la capacidad productiva de cada máquina que se tenía, una vez que se calculó la capacidad productiva se pudieron detectar dos cuellos de botella importantes en dos diferentes operaciones del proceso. Uno de los cuellos de botella es por fallo de maquina la cual es una maquina obsoleta para la empresa y se propuso la inversión en una nueva máquina o la implementación de un mantenimiento correctivo a fondo por parte de los proveedores, lo cual se habló con la parte gerencial y se llegó a la conclusión de que sería mejora invertir en una maquina nueva para reducir el primer cuello de botella detectado, actualmente se encuentra el proceso de traslado de la maquina e instalación por parte del distribuidor.

Para la reducción de tiempo en una segunda etapa del proceso detectado como cuello de botella se implementa el reacomodo de producto en esta operación, Paredes Rodríguez [Paredes, 2017] propone en su artículo la redistribución estratégica de tarimas en un almacén para reducir el inventario en su caso de estudio, aplicando esta ideología en la reducción de tiempo que pasa el producto (en tarimas) por la operación 4 al ser reacomodadas de manera estrategia podría llegar a reducirse el tiempo de estadía en esta operación que no agrega valor pero es indispensable para el proceso, actualmente se implementó esta estrategia de

mejora y se están realizando pruebas para conocer cuál sería el mejor acomodo de tarimas y en qué cantidad de cajas por tarima serian adecuadas para disminuir el tiempo de esta operación.

Como aplicación complementaria se propuso la aplicación de 5s en ciertas áreas de importancia en el proceso ayudaría a la mejora con la calidad de productos, ya que en los recorridos realizados durante la implementación de esta herramienta de Lean Manufacturing, se detectaron áreas las cuales no cuentan con orden y limpieza así como falta la delimitación de áreas para materias primas indispensables para el proceso así como una cómodo estratégico de las herramientas o utensilios necesitados por los operadores durante el turno de trabajo ya que se llega a invertir tiempo considerable por parte del operador en buscar sus instrumentos de trabajo. Barcia [Barcia, 2007]] en su artículo implemento la metodología de 5s para reducir hasta un 40% el tiempo en que los operadores buscaban las herramientas de trabajo necesarias, esperando con esto una disminución en tiempos muertos por búsqueda de herramientas de trabajo o incluso disminuyendo accidentes de trabajo por falta de limpieza en las áreas productivas. En la figura 4 se muestra las mejoras que se proponen en el proceso mostrado en el VSM.

## **5. Conclusiones**

El desarrollo del VSM de la situación actual mostró una radiografía del estado inicial de la empresa y se convirtió en una herramienta importante para la detección y análisis de los problemas y desperdicios que se generaban a causa de ellos. Esta técnica permitió desarrollar la metodología que aplicada al proceso de producción llegaría a mejorar el proceso en tiempos de producción y disminución de inventarios. Las mejoras propuestas para la empresa se han estado aplicando, con lo cual hasta el momento se han tenido resultados favorables esperando que en cuanto se terminen de aplicar por completo el Lead time del proceso pueda reducirse y la empresa pueda llegar a tener un por ciento de valor agregado más alto, llegando a lo esperado por la empresa, esto ayudaría a mejorar posteriormente procesos que llegan a ser dependientes del proceso en el cual se aplican las mejoras, mejorando varios procesos.



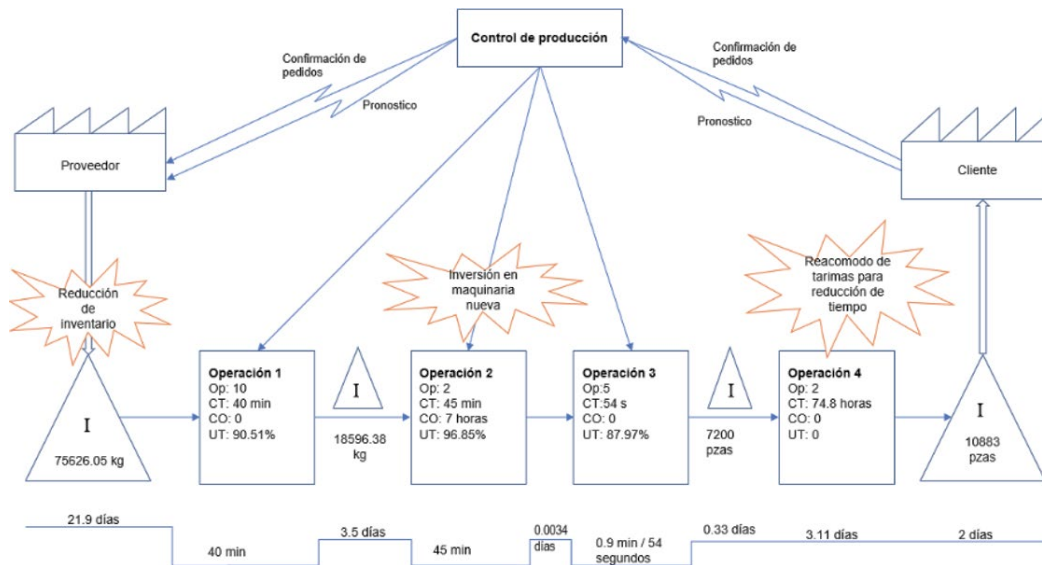


Figura 4 VSM con recomendaciones para la implementación de mejora en proceso.

Asimismo, se espera que la implementación de control de inventario inicialmente tenga un efecto positivo en los encargados del proceso y provoque un ahorro de espacio y dinero para la compañía. Además, las mejoras propuestas se pueden llegar a convertir en herramientas fáciles de aprender para los encargados del proceso para que puedan llegar a conocer cómo debe ser la manera correcta en la que debe funcionar el sistema y cuál es la forma de actuar en ocasiones de crisis.

## 6. Bibliografía y Referencias

- [1] Barcia, K. & De Loor, C. (2007). Metodología para Mejorar un Proceso de Ensamble Aplicando el Mapeo de la Cadena de Valor (VSM). Revista Tecnológica ESPOL. Octubre. Vol. 20, no. 1, p. 2, 31-38
- [2] Imai Mazaaki. Gemba Kaizen. (2012). Segunda edición. P. 45-50.
- [3] Canónico, P. (2015). Aplicación de six sigma para la reducción de rechazos de entrega de producción terminado de una empresa multinacional de alimentos . Tesis de maestría. Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Celaya.
- [4] Gómez, J. P. (2008). Modelo de aplicaciones Lean Seis Sigma para empresas de la industria manufacturera. Tesis de maestría. Instituto Tecnológico y de estudios superiores de Monterrey

- [5] Núñez Segovia Jaime, Godoy Garvs J., Pérez Pozo L. (2016) Determinación de restricciones de producción en proceso de obtención de cobre. P 3-5.
- [6] Paredes M, (2017). Aplicación de la herramienta Value stream mapping a una empresa embaladora de productos de vidrio. Pg. 1-5, 8-12.
- [7] Taguchi, G. (1985) Quality engineering in Japan. Pg 2-3.  
doi:10.1080/03610928508829076
- [8] Timans J., A. K. (2011). Implementation of Lean six sigma in small- and medium sized manufacturing enterprises in the Netherlands. P, 5-21.  
doi:10.1057/jors.2011.47.