



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

Máster en Logística



Trabajo fin de máster

# Desarrollo de un producto de la industria alimentaria para la Escuela Lean. Caramelos

Autor:

Mínguez García, Juan Manuel

Tutor:

Gento Municio, Ángel Manuel

Septiembre - 2015



## Contenido

---

1. Introducción.....	5
1.1    Motivación .....	7
1.2    Objetivos .....	8
1.3    Alcance.....	9
1.4    Estructura .....	9
2. Lean manufacturing.....	11
2.1 Conceptos.....	14
2.2. Herramientas lean manufacturing.....	24
2.2.1. BrainStorming.....	24
2.2.2 Diagrama de Ishikawa o Diagrama Causa efecto y las 5M.....	25
2.2.3. Los 5 ¿Por qué?.....	29
2.2.4. 5S´s.....	30
2.2.5. SMED.....	33
2.2.6 TPM.....	34
2.2.7 POKA-YOKE.....	36
2.2.8 KANBAN.....	37
2.2.8 Ficha de operación estándar.....	38
2.2.9 Sistemas de retribución, Ideas de Mejora.....	38
3. La industria alimentaria.....	39
3.1. Los caramelos. Industria y proceso productivo.....	39
3.2. El producto. Caramelos y Gominolas.....	41
3.3. La producción del caramelo y su envasado.....	46
3.3.1 Proceso de creación de caramelo.....	46
3.2.3 Fabricación de Caramelo Goma.....	55
3.2.4 Envasado de producto.....	59
4. Diseño y desarrollo del producto para la escuela Lean.....	63
4.1 La escuela Lean, Renault Consulting.....	63
4.2 Razones para simular un proceso de envasado.....	66
4.3 Diseño del producto.....	67
4.4 Diseño del proceso.....	86
5. Estudio Económico.....	99
5.1. Etapas de desarrollo del proyecto.....	99
5.2. Costes económicos.....	101
5.2.1 Costes salariales.....	101
5.2.2 Costes de material.....	102
5.2.3 Costes del equipo.....	103
5.2.4 Costes de los consumibles.....	104
5.2.5 Costes indirectos.....	105
5.2.6 Costes por etapas.....	105
5.2.7 Costes totales.....	108
6. Conclusiones y futuros desarrollos.....	109
7. Bibliografía.....	111



### 1. Introducción

---

El presente trabajo fin de máster pretende plasmar todos los conceptos adquiridos durante el último año de formación en el máster en logística, intentando aunar todos estos conocimientos en el diseño de un producto, desde su inicio hasta su consumo.

Este producto ha sido diseñado, como se verá a lo largo del desarrollo, para su implantación en la escuela Lean, de la escuela de ingenierías industriales de la Universidad de Valladolid. Esta escuela es un aula donde es posible simular un proceso productivo por completo, no solo centrándose en la producción, sino que es posible diseñar métodos de abastecimiento o almacenaje.

Este aula desarrollado por a Renault Consulting, que pretende crear un ambiente donde la base del conocimiento, o la enseñanza sea la práctica. De esta forma y mediante la producción de pequeñas maquetas de coches es posible entender todos los conceptos que engloba Lean Manufacturing.

Pero ¿Qué es Lean Manufacturing? Lean manufacturing es un modelo productivo, que aporta infinidad de soluciones para conseguir alcanzar la excelencia en los procesos, es decir crear productos en cantidad, calidad y tiempo adecuados utilizando únicamente los recursos necesarios y sin desperdiciar ni una gota de ellos.

Contado así Lean parece una utopía, que consigue hacer rentable cualquier proceso, pero se debe entender que la implantación de esta metodología, es un proceso extremadamente largo en el tiempo.

Por todo esto Lean Manufacturing tiene que ser una herramienta que rompa con los estándares establecidos en la industria donde en muchos aspectos se sigue trabajando, con grandes lotes de fabricación que son empujados al mercado sin tener en cuenta la demanda existente.

Lean como se verá ampliamente en el desarrollo, es la evolución del sistema productivo de Toyota, diseñado tras la segunda guerra mundial, que pretendía hacer competitivos sus vehículos frente a los norteamericanos, con inversiones económicas mucho más bajas.

Lean se ha convertido en una realidad hoy en día en todo el sector de la automoción, y cada vez más en muchas otras industrias. La situación económica actual obliga a las empresas a reducir sus costes para aumentar su competitividad, esto es justamente lo que la filosofía Lean pretende, por lo que su implantación es una necesidad para muchas empresas.

Todo esto es explicado en la escuela Lean comentada, abordando la producción de un pequeño vehículo, desde su inicio hasta su expedición, implantando las técnicas que Lean Manufacturing propone, viendo así in situ sus ventajas.

Como se ha comentado Lean Manufacturing nace en la industria automovilística, y actualmente son la élite en cuanto a este tipo de herramientas, el presente trabajo fin de máster, pretende trabajo fin de máster propone un nuevo producto para desarrollar en esta escuela, que poco tiene que ver con la industria del automóvil, el caramelo.

## Introducción

Este producto perteneciente a la industria alimentaria, campo que actualmente está sufriendo una auténtica revolución en la implantación de este tipo de filosofías, una vez más por la situación actual y la variabilidad de la demanda de este tipo de productos, si cabe más acusada en la industria del caramelo.

El trabajo fin de master además de desarrollar el producto, para su utilización explica las características de este tipo de industria, para conseguir entender como Lean puede proponer soluciones, a partir de técnicas utilizadas en el sector del automóvil, exprimiendo los procesos de formas insospechadas.

Sobre todo intenta establecer unas reglas de juego que se parezcan lo máximo posible a las condiciones de fabricación del caramelo, de forma que cuando el producto sea utilizado en la escuela Lean para la comprensión de su estructura, se conozcan todas las variables, simulando de forma precisa el proceso, y haciendo más real el aprendizaje.

De todos los posibles productos a los que este tipo de metodología se puede aplicar, se ha escogido la industria del caramelo, además de por lo atractivo del producto, por la posibilidad de tomar información directamente de una planta de este tipo.

Gracias a las prácticas en empresa, que se deben realizar para la consecución de este máster, he tenido la oportunidad de colaborar en tareas de mejora continua, en Mondelez Internacional Inc. En su planta de Valladolid, dedicada a la fabricación y envasado de este tipo de productos.

De esta forma se ha tenido acceso a información precisa de las peculiaridades de los procesos productivos, la situación actual y los métodos de implantación de herramientas de este tipo.

El diseño del producto pretende imitar un proceso de envasado de caramelos, como si de una cadena de montaje se tratase, pero siempre con las peculiaridades de este tipo de industria que la hacen muy diferente a la de la automoción, tema central actualmente de la escuela.

Como se verá el proceso del caramelo tiene dos grandes etapas, la creación del caramelo y su envasado. El escogido para su simulación ha sido este último ya que permite de la implantación sencilla de técnicas Lean gracias a ser una tarea que no requiere ni de herramientas ni de conocimientos demasiado complejos para su simulación, mientras que la fabricación del caramelo es una tarea compleja, con gran parte de conceptos químicos, que la hacen inviable para la simulación en la escuela Lean.

Antes de continuar hablando de la motivación objetivos alcance y estructura del Trabajo fin de máster, debo agradecer tanto a mi tutor académico del proyecto Ángel Manuel Gento, como a mis tortores en la empresa Carlos López y Manuel Fernández la constante atención y colaboración para que este proyecto sea hoy una realidad.

### 1.1 Motivación

---

De todos los posibles temas propuestos a lo largo del periodo lectivo del máster el escogido fue el desarrollo de un nuevo producto para la escuela Lean que Renault Consulting tienen en escuela de ingenierías industriales de la universidad de Valladolid, en gran medida por la oportunidad que presenta continuar aprendiendo en algo que actualmente está tan en auge como es la implantación de las técnicas Lean en la industria.

El desarrollo de este trabajo me iba a permitir profundizar aún más en el conocimiento de este tipo de metodologías, completando mi formación. Además la idea de desarrollar el producto de para la escuela aprovechando la experiencia adquirida durante las prácticas la hacia la opción más interesante.

En mi opinión es muy importante poder ver todos estos conceptos sobre el terreno, ya que en muchos de los casos es imposible, comprender qué tipo de mejoras aportan hasta que se ven implantados. Esta es la gran ventaja de la escuela Lean, todo lo visto sobre papel se utiliza para desarrollar un producto, lo que motivó a realizar el proyecto debido al carácter práctico del mismo.

Considero además que tener la oportunidad de desarrollar un producto que puede ser utilizado para este aprendizaje te hace tener en cuenta todos esos conceptos que solo la experiencia te aporta, incrementando aún más si cabe el aprendizaje de esta metodología.

En cuanto al producto escogido para la escuela, creía que el producto fuese algo común de lo que fuese posible encontrar información fidedigna de su proceso de fabricación, la oportunidad que me han brindado las prácticas ha hecho que me decidiese por los caramelos, no solo por lo curioso y divertido del producto, sino por la fuente de primera mano con la que contaba para el desarrollo.

Considero además que este producto se sale un poco de los estándares clásicos de manufactura, que tradicionalmente se ha asignado con las clásicas cadenas de producción, donde las tareas a realizar son de montaje de piezas.

El envasado de caramelo proporciona una nueva vertiente a la escuela con operaciones dentro del proceso muy diferentes a las realizadas hasta el momento. Actualmente en la escuela, como ya se ha comentado, se desarrolla una pequeña maqueta de un automóvil. Estos procesos requieren de atornillado y montaje de diferentes piezas, además el proceso, en gran medida por la industria presente en la ciudad es conocido por todos.

Trabajar con un proceso desconocido para la mayoría como es la producción y envasado del caramelo, aporta una nueva vertiente, y completa la formación desde un punto de vista diferente, donde por ejemplo los aspectos sanitarios son importantísimos, al contrario que en la producción de automóviles.

### 1.2. Objetivos

---

El trabajo fin de máster tiene como objetivo desarrollar un producto de la industria alimentaria para su fabricación y montaje en la escuela Lean, para ello se fijan una serie de conceptos a definir que permitan la comprensión de la naturaleza del producto.

- **Definición de filosofía Lean Manufacturing y sus herramientas**

El presente documento debe definir de forma clara y entendible que es Lean Manufacturing, como aparece y definir todos sus principios. De forma contraria sería imposible el entendimiento de su necesidad en la industria, y de que puede aportar la simulación de un proceso en la escuela Lean.

- **Definición del proceso de creación y envasado de caramelo**

El presente documento debe explicar el proceso de creación del caramelo y de su envasado. Únicamente de esta forma se podrá adaptar este proceso para su simulación en la escuela Lean. Una incorrecta definición del proceso a imitar puede acarrear una metodología incorrecta en la escuela Lean.

- **Definición del prototipo**

El trabajo fin de master debe a portar un producto que sea exportable en la escuela Lean, incluyendo sus diseños y características, de tal forma que todo quede preparado para una posible implantación

- **Definición del proceso**

El documento debe definir cómo es posible adaptar el proceso industrial de envasado de productos a la escuela Lean, con las restricciones que esta presenta.

- **Definición de punto de partida para la escuela.**

El trabajo debe establecer una situación de partida, proponiendo un posible layout inicial, unas simulaciones de la demanda y una definición completa de cómo debe ser el producto final.

En definitiva el presente documento debe aportar la información necesaria, para la posible futura implantación del producto en la escuela, consiguiendo así aportar una alternativa realista al producto desarrollado actualmente.

### 1.3. Alcance

---

El trabajo fin de máster debe englobar todo el proceso de envasado del caramelo. Si bien el presente documento se basa en el envasado, y en la utilización de la parte principal de la escuela Lean, prevé también la utilización de todo el aula ampliando el proceso de envasado, y pudiendo desarrollar en el futuro una segunda ampliación simulando la creación de caramelos.

Para ello se utilizaría la parte destinada a la punción de los actuales bastidores, o la creación de los paragolpes para intentar diseñar un proceso productivo que generase las diferentes formas de los caramelos.

A pesar de no definir una adaptación del proceso para la creación de caramelos adaptada a la escuela, sí prevé los tiempos de suministros de materias primas y de generación de caramelo, definiendo así el proceso completo, pero actuando como si el caramelo fuese surtido por un proveedor externo.

### 1.4. Estructura

---

El presente documento se estructura de tal forma que cumple con los objetivos de forma ordenada, es decir todo aquel concepto necesario para la comprensión de un determinado apartado del trabajo debe estar definido previamente en un apartado anterior.

En esta breve introducción se ha hablado de que es Lean Manufacturing a grandes rasgos, y que es la Escuela Lean a modo de breve introducción teórica, estos pequeños conceptos son imprescindibles para la comprensión del resto del documento. A continuación puede verse cada uno de los apartados que se utilizan para el desarrollo del producto para la escuela Lean, con una breve descripción de cada uno de ellos.

## 2. Lean Manufacturing

En este punto se pretende hablar de los aspectos más importantes que definen la filosofía Lean. Intentando así comprender la necesidad de la industria de implantar estas metodologías modernas de fabricación y el porqué de desarrollar un producto que simule un proceso industrial como trabajo fin de máster.

## 3. La industria alimentaria

En este punto se define la industria alimentaria, y más particularmente la industria del caramelo, intentando explicar el porqué de la elección de este tipo de industria para la simulación de un proceso productivo en la escuela. Para ello se van a definir tanto el proceso de creación de caramelo como la envoltura o el envasado. Se puede ver además un pequeño resumen de la situación actual de este tipo de industria.

## Introducción

### 4. Diseño y desarrollo del producto para la escuela Lean

En este punto se definen una serie de productos de esta industria para una posible simulación en el futuro de un proceso de envasado en la escuela Lean Manufacturing. Se establecen las pautas a seguir tanto por el proceso en si como para la definición del producto.

### 5. Estudio Económico.

En este punto se puede ver un pequeño estudio del coste de realización del presente proyecto, abarcando todas las etapas de desarrollo que se verán a lo largo del presente documento.

### 6. Conclusiones y futuros desarrollos

Este documento planta las bases y define un prototipo para su implantación en un futuro en la escuela Lean, plantando las bases para una posible industrialización futura. En este apartado podrán verse definidos los puntos a seguir por desarrollos futuros además de unas conclusiones basadas en la información desplegada a lo largo de todo el desarrollo.

### 2. Lean manufacturing

---

En la actualidad la industria se enfrenta a un mercado global en constante cambio, donde la demanda es imprevisible y los mercados, en muchos casos, están completamente saturados. En este escenario las empresas deben buscar nuevas herramientas y modificar sus estructuras organizativas con el fin de poder sobrevivir.

En este escenario los planteamientos clásicos de la industria quedan totalmente desfasados, pudiendo arrastrar a las empresas a su desaparición. Estos planteamientos incluyen un gran número de costumbres y conceptos insostenibles y completamente obsoletos, por lo que la industria se ve obligada a realizar cambios drásticos en su organización.

Uno de los grandes problemas que aparece a la hora de modificar las costumbres y estructura, es que estos conceptos están arraigados no solo en la capa organizativa sino también en el proceso productivo, por lo que es complejo implantar nuevas herramientas en plazos cortos de tiempos.

El enfoque Lean manufacturing, podría definirse como un sistema que pretende romper con muchos de los conceptos clásicos e instaurar procesos y organizaciones más esbeltas capaces de adaptarse a la variabilidad de los mercados, utilizando únicamente los recursos necesarios que cumplan con los requerimientos del cliente.

Pero Lean manufacturing no es la fórmula mágica que convierte una organización obsoleta en una potente y estable, sino que es una filosofía que establece las pautas para la búsqueda de soluciones que den flexibilidad y competitividad a la organización.

Esta filosofía nace en los años cincuenta de la mano de Eiji Toyoda y Taiichi Ono, ingenieros de Toyota Motor Company (ver figura 2.1), tras la segunda mundial Toyota recupera su actividad en el sector de la automoción, pero la situación económica de Japón obliga a la compañía a actualizarse, para adaptarse a la situación del mercado. Se ven obligados a abrir sus puertas a los mercados extranjeros, situación confusa para la empresa, ya que nunca habían necesitado del mercado occidental para sobrevivir.



Figura 2.1: Eiji Toyoda y Taiichi Ono  
Fuente: leanblog.org(2013)

## Lean Manufacturing

Para captar la esencia del mercado occidental estos dos ingenieros viajan a Estados Unidos en busca de los conceptos necesarios para modernizar sus plantas y alcanzar los niveles productivos de los americanos. Tras varias visitas a las plantas de General Motors, quedan impactados por el especial hincapié que los americanos ponen en la fabricación en masa, con grandes volúmenes e inventarios inmensos, primando el volumen a la calidad.

Consideran que este modelo no es exportable a sus plantas, y deben modificarlo para poder alcanzar la competitividad necesaria. En este punto empiezan a plantar las bases de lo que hoy conocemos como Lean Manufacturing.

Consideran que este método de producción genera una gran cantidad de desperdicios, y definen lo que ellos llaman los 7 despilfarros o “MUDA” en japonés (Ver figura 2.2). Siete acciones que no aportan ningún valor añadido al producto y que ocasionan pérdidas de productividad e ineficiencias, por lo que deben ser eliminadas de los procesos productivos.

### Los 7 despilfarros.



Figura 2.2: Los 7+1 Despilfarros  
Fuente: preventblog.com

#### 1) Sobreproducción

Consiste en producir más, o producir antes de que el cliente lo necesite. Esta práctica presente aún en muchos campos disminuye la capacidad y los recursos de la empresa, para producir lo que realmente necesita.

#### 2) Reprocesado

Consiste en reparar productos que no se han fabricado con la calidad necesaria para satisfacer al cliente. Esto disminuye la capacidad, aumenta los costes, e interrumpe el tan buscado flujo continuo de fabricación

## Lean Manufacturing

### 3) Transporte

El movimiento del material de un sitio a otro, no aporta ningún tipo de valor añadido al producto, aumenta costes, ya que aparece la necesidad de personal y medios, y aumenta la posibilidad de cometer errores.

### 4) Movimientos

El movimiento de personas, no añade ningún valor añadido al producto, únicamente supone una pérdida de tiempo.

### 5) Espera

Incluir tiempos de espera entre las operaciones, aumenta el tiempo ciclo de fabricación del producto, con la consiguiente pérdida de eficiencia en las líneas.

### 6) Inventario

Producir volúmenes mayores de lo que el cliente demanda, ocasiona inventarios. Esto supone una gran cantidad de capital parado, y conlleva una inversión considerable en medios de almacenaje y mantenimiento.

### 7) Sobre-procesamiento

Dotar al producto de una calidad superior o que no es valorada por el cliente, aumenta los costes y el tiempo de procesamiento.

En la actualidad Lean, considera un despilfarro más, el desaprovechamiento de la creatividad de las personas y denomina a este concepto los 7+1 Despilfarros.

A partir de estos conceptos diseñan una metodología que permitan evitar todas estas acciones, que no añaden valor al producto y que significan un encarecimiento del producto final.

En la figura 2.3 se define el sistema de producción creado por Toyota, y que como ya se mencionó es también la base de Lean Manufacturing.

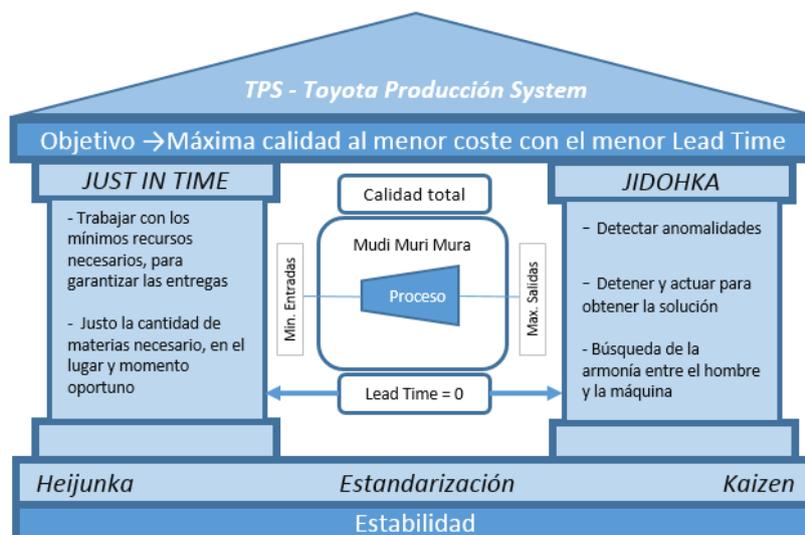


Figura 2.3: Toyota Production System

## Lean Manufacturing

Este sistema se representa tradicionalmente como un sistema piramidal, lo que significa que se deben cumplir las etapas más bajas para conseguir alcanzar los objetivos superiores. Esto define también los pasos a seguir para la implantación de este tipo de sistemas.

En el siguiente apartado pueden verse desglosados cada uno de estos conceptos que son la base de lo que hoy conocemos como Lean Manufacturing.

### 2.1 Conceptos

Durante el siguiente capítulo pueden verse desglosados cada uno de los pasos de la pirámide característica del sistema de producción de Toyota (Ver figura 2.4).

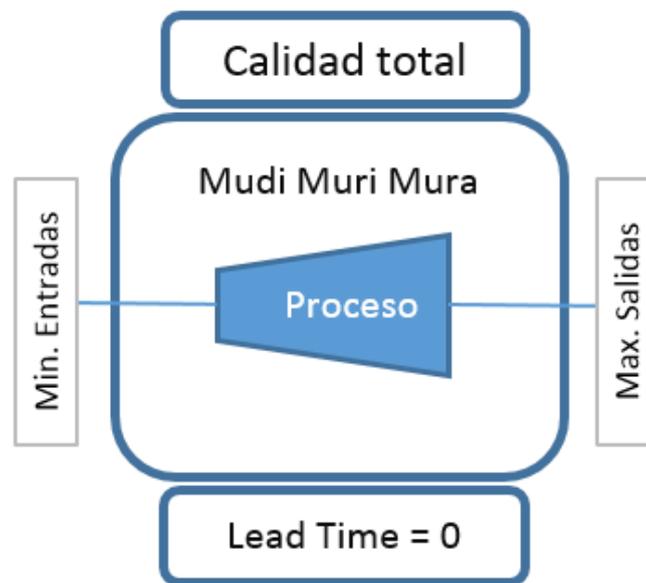


Figura 2.4: Toyota Producción System Concepts

En el centro de la pirámide que define esta filosofía pueden verse los tres conceptos que la definen perfectamente, y que son inalcanzables si no cumple con la metodología que se presentará más adelante y que define cada uno de los escalones de la pirámide.

- High Quality

Esta filosofía persigue cumplir con la calidad requerida por el cliente, e introduce el concepto de calidad total o Total Quality Management. La calidad total o TQM es una estrategia enfocada directamente hacia el cliente, se busca una satisfacción completa de los compradores del producto. Toda la compañía debe perseguir este fin desde las capas más altas hasta las líneas de producción. Se debe cumplir la calidad requerida por el cliente, ni más ni menos. Esta es otra forma de eliminar los sobreprocesos, uno de los 7 despilfarros que se intentan evitar.

## Lean Manufacturing

### - Lead time

La traducción literal de Lead time es “Tiempo de entrega”, Lean manufacturing considera este concepto imprescindible para el control de inventarios.

El tiempo de entrega debe reducirse al mínimo posible, de esta forma se evitará uno de los desperdicios más costosos de la fabricación clásica, el inventario en curso. Es decir aquel material que se encuentra en ruta desde un punto a otro del proceso, ya sea desde un proveedor externo al lugar de procesado, o de una parte de la línea a otra.

Conocer y tener perfectamente definido el Lead time de cada uno de los productos o materiales es imprescindible en esta filosofía ya que esto permite fijar las necesidades de materiales y conocer por completo los tiempos que se necesitan para fabricar un producto.

Una de las características más conocida de este tipo de filosofía es la reducción de los lotes de fabricación. Producir por lotes significa tener una gran cantidad de producción en Stock que no estará lista hasta que el último producto esté terminado. Lean busca reducir estos tiempos de espera y propone eliminarlos trabajando por producto, para lo que se necesita un perfecto nivelado de las líneas (Heijunka), concepto que se verá más adelante y un conocimiento preciso del Lead Time para poder conocer el tiempo necesario para la producción.

### - Muda Muri Mura

Este concepto se denomina las 3 M's. Como ya se ha podido ver Muda es un concepto Japonés que define los 7 desperdicios más importantes que se dan en los modelos de fabricación clásicos. Muri y Mura son los conceptos que generan estos desperdicios:

#### o Muri

Muri acoge todas las causas que provocan una sobrecarga en el proceso o en el trabajador. Esto es común en los procesos tradicionales, donde existen operaciones o personas por las que el producto debe pasar sin excepción, sobrecargándoles de trabajo y generando cuellos de botella donde los productos se estancan, creando por ejemplo stocks innecesarios.

La definición de este concepto aparece para poder prever estas sobrecargas y permite tomar acciones para equilibrar los procesos

#### o Mura

Mura es un concepto que acoge todas aquellas causas que provocan desniveles y tiempos muertos en la fabricación. En la mayoría de los casos los objetivos fijados a corto plazo provocan planificaciones erróneas. De esta forma y sin una previsión de la demanda a largo plazo aparecerán picos de producción o desniveles que generen grandes desperdicios.

## Lean Manufacturing

El objetivo de definir estos conceptos es conocerles, esta es la única forma de poder eliminarlos creando métodos de producción óptimos.

Para la consecución de los objetivos mencionados se deben cumplir con los pasos establecidos por la pirámide mencionada, comenzando desde su base.

### Estabilidad

La primera condición imprescindible para la implantación de un sistema de producción de este tipo, es la estabilidad. La adecuación de una industria, o incluso de un solo proceso a este tipo de filosofía es muy costosa, y requiere de una gran cantidad de tiempo, por lo que será totalmente desaconsejable para aquellas corporaciones que estén sujetas a resultados instantáneos, ya la propia implantación acabaría con ellos.

### Heijunka

### Estandarización

### Kaizen

El siguiente paso se define a través de tres conceptos, que establecen las bases para evitar aquellas acciones que no aportan ningún valor al producto final. Estos conceptos se extienden a lo largo de toda la filosofía, es imprescindible entender que en este tipo de metodología cuando uno de los conceptos de las partes inferiores falla, el sistema no se sostiene.

Este escalón de la pirámide queda perfectamente definido en palabras del físico e ingeniero Lord Kelvin, pudiendo desglosar cada uno de los tres conceptos en las tres frases de la siguiente cita:

*“Lo que no se define no se puede medir. Lo que no se mide, no se puede mejorar. Lo que no se mejora se degrada siempre.”*

*Lord Kelvin 1824-1907*

## Estandarización

Además de ser estable, el trabajo debe estar perfectamente definido. Se debe ser capaz de identificar todos los parámetros que lo definen. De esta forma se consigue comprender el porqué de las variaciones en los resultados.

Es cierto que no todos los parámetros se van a poder conocer a ciencia cierta, o no va ser posible modificarlos, como por ejemplo demandas a largo plazo o condiciones climatológicas, pero conocer los efectos que tienen sobre el proceso permite establecer un estándar de trabajo.

Esto significa una homogeneidad en los productos, evitando variaciones y permitiendo actuar sobre ellos de forma controlada.

### Heijunka

“Heijunka” es una palabra compuesta en japonés que literalmente significa “Transformación en un nivel plano” y se puede entender como nivelado de la producción.

Este es uno de los conceptos más importantes en este tipo de filosofías. Este punto pretende amortiguar las fluctuaciones continuas de la demanda, estableciendo una serie de conceptos que consigan hacer posible una fabricación por lotes muy pequeños.

Con este sistema la producción no responderá directamente a la necesidad del cliente, sino que la cartera de pedidos debe estar aislada, pudiendo así fabricar cada día la misma cantidad y variedad de productos.

### Kaizen

Kaizen significa mejora continua en japonés, y es uno de los conceptos más importantes en este tipo de filosofía.

Este concepto plantea básicamente un ciclo sin fin para la mejora de todos los asuntos relativos a una empresa que se acoja a esta filosofía. Pretende solucionar por completo los problemas que aparezcan y no aplicar soluciones paliativas que únicamente disminuyan las consecuencias. Kaizen o mejora continua busca la calidad total de los productos, procesos o incluso de toda la organización.

Para cumplir con sus objetivos la mejora continua se apoya sobre un concepto acuñado por Edwards Deming, el ciclo PDCA. Este concepto pretende aportar un plan de acción para abordar los problemas, de forma que siempre que el problema no esté resuelto por completo seguirá aportando indicaciones de que hacer para continuar mejorando (Ver figura 2.5).

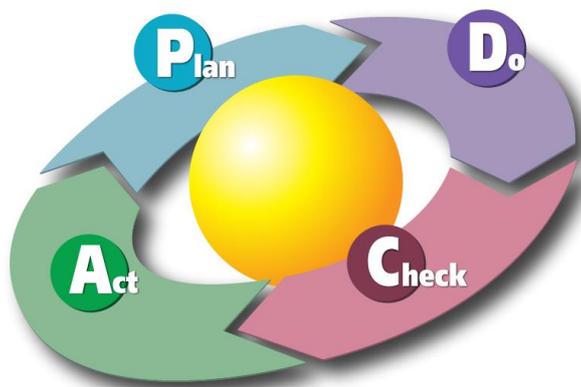


Figura 2.5: Ciclo PDCA  
Fuente: wikipedia.org

## Lean Manufacturing

### Ciclo PDCA o Ciclo de Deming

Esta metodología recibe su nombre de los cuatro pasos que la forman, y que marca el modelo de actuación una vez el problema está identificado y perfectamente definido. Para esto se utilizarán diferentes herramientas que se podrán ver más adelante en el presente documento:

#### **PLAN** (Planificar)

En este paso se deben establecer las actividades necesarias para conseguir llegar al objetivo deseado, la resolución total del problema. ¿Qué se va hacer?, ¿Cuándo se va hacer?, ¿Cómo se va hacer?, ¿Quién lo va hacer?

#### **Do** (Hacer)

El siguiente paso en esta metodología consiste en la ejecución. Ahora se debe cumplir con todas las pautas establecidas en el paso anterior, llevando a cabo la implantación de las medidas propuestas.

#### **CHECK** (Verificar)

Una vez las medidas han sido implantadas, el plan estratégico se ha cumplido y ha pasado un periodo de tiempo suficiente se debe recopilar información que ayude a determinar en qué grado se ha alcanzado el objetivo.

#### **ACT** (Actuar)

En el último paso se debe analizar todos los resultados del paso anterior, y determinar si las diferentes acciones han solucionado el problema por completo, lo han mejorado o han empeorado.

En este punto y una vez analizados todas las variables se deben decidir qué hacer en el siguiente paso:

- Las medidas adoptadas empeoran el problema

En este punto se debe volver al inicio, eliminar estas acciones y plantear de nuevo un ciclo de este tipo para la resolución del problema. En este caso los errores cometidos aportan nuevas ideas, aunque no se conoce lo que funciona se puede definir perfectamente lo que no, eliminando así posibles alternativas y definiendo aún más el proceso.

- Las medidas adoptadas no solucionan por completo el problema

En este punto se ha iniciado el camino correcto para la resolución del problema, el problema no desaparece, pero mejora. Ahora se debe plantear un nuevo ciclo apoyado sobre estos resultados para la eliminación total del defecto.

## Lean Manufacturing

- Las medidas adoptadas solucionan por completo el problema

Se debe planificar la implantación de estas medidas a gran escala. Para lo que sería muy aconsejable la utilización de un nuevo ciclo PDCA. Es decir planificar la implantación, llevarla a cabo, verificar su funcionamiento, y decidir de nuevo en qué medida alcanzan los objetivos.

Como puede verse en cualquiera de los casos, la ejecución de un ciclo PDCA nos lleva inevitablemente al planteamiento de uno nuevo. Por este motivo esta metodología se denomina mejora continua, ya que continuamente se trabaja en la búsqueda de esa solución, inalcanzable en la mayoría de los casos, que elimine de raíz el problema.

Una vez se cumplan estas tres metodologías se puede avanzar en los conceptos y herramientas que Lean Manufacturing propone para alcanzar la calidad y servicio óptimos, con la cantidad de recursos imprescindibles.

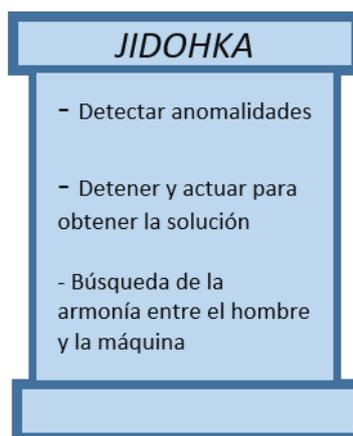


Figura 2.6: Jidoka, esquema.

Jidoka (Ver figura 2.6) es uno de los pilares básicos del sistema productivo de Toyota y por tanto del Lean Manufacturing. Jidoka es una palabra japonesa que en los propios libros de Taichi Ohno se define como “autonomación”, que significa “automatización con un toque humano”.

La idea que introduce este concepto es que los trabajadores no tengan que supervisar constantemente el funcionamiento de la máquina, si no que supervisen y actúen únicamente cuando algo vaya mal.

Este concepto es revolucionario ya que rompe por completo con lo establecido en la industria manufacturera. La figura del peón sin formación que no conoce el proceso y únicamente se dedica a la ejecución de las órdenes que dicta su figura jerárquica superior.

Para la ejecución de este concepto es necesario disponer de trabajadores cualificados y formados por la propia empresa en el funcionamiento del proceso. Esto les da un poder de decisión para la parada de las líneas si fuese necesario.

## Lean Manufacturing

Jidoka busca con esto el autocontrol de las líneas, ya no es necesaria la supervisión, el propio trabajador controla el funcionamiento del proceso y decide si es necesario un ajuste o incluso una parada. De esta forma no solo se controla el funcionamiento, si no que con la formación oportuna, el trabajador será capaz de detectar fallos de calidad al instante, sin necesidad de esperar al fin del proceso. De esta forma se eliminan los temidos reprocesados del producto eliminando con ello el sobrecoste. Esto supone además de la eliminación de despilfarros, un gran paso hacia la búsqueda de la calidad total.

Además de ser capaz de controlar calidad y funcionamiento, Jidoka consigue también el auto-mantenimiento de los procesos. Una vez más y con la formación necesaria, el trabajador será capaz de detectar problemas de mantenimiento y solucionarles o avisar al instante al personal oportuno (Ver figura 2.7).

El concepto queda perfectamente definido en palabras del economista y empresario Philip Crosby:

*“La verdadera calidad no se controla, se fabrica.”*

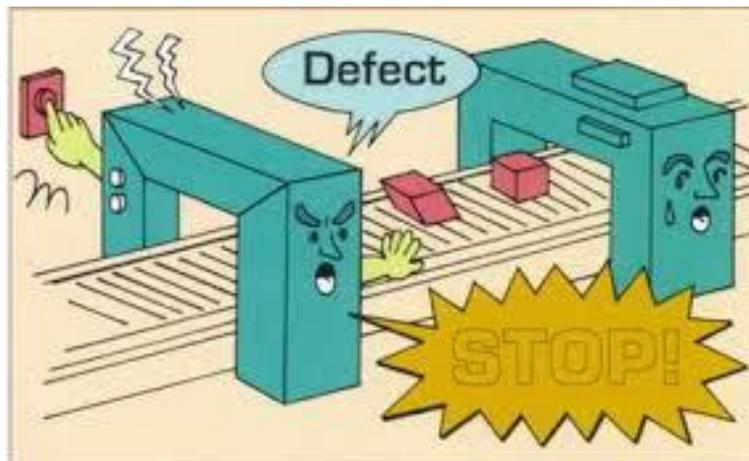


Figura 2.7: Calidad total  
Fuente: [blogspot.com.es](http://blogspot.com.es)

En este punto se provoca uno de los grandes cismas respecto a los sistemas tradicionales de producción. Cuando nace este concepto en Europa o Estados Unidos, potencias manufactureras, se desecha. Hasta el momento no se confía en el “peón”, se cree que el trabajador no realizará sus funciones si no se le supervisa.

Esta filosofía ha demostrado a lo largo de los años que delegar funciones en los trabajadores no solo mejora el funcionamiento de los procesos, sino que también les implica, lo que supone la creación de un gran equipo y facilita la consecución de los objetivos, con todos los participantes trabajando en el mismo sentido.

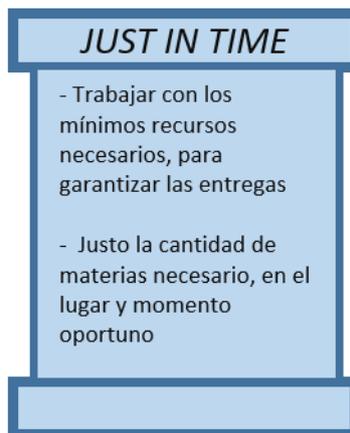


Figura 2.8: JIT

Just in Time (JIT) o justo a tiempo es probablemente uno de los conceptos más conocidos hoy en día, siendo uno de los pilares básicos de la filosofía Lean Manufacturing (Ver figura 2.8).

Esta forma de actuación busca mantener el nivel de inventario al mínimo posible, donde el proveedor entrega la cantidad justo en el momento necesario. Se debe entender que el concepto proveedor y cliente no engloba únicamente al proveedor externo de las factorías y al cliente final, si no que dentro de los procesos, existen también relaciones de este tipo.

Just in Time pretende modificar las relaciones de todos los participantes de la cadena de suministro para reducir al mínimo el nivel de inventario, disminuyendo costes y aumentando niveles de servicio.

Hasta el nacimiento de estas filosofías, o sistemas productivos, los planteamientos clásicos funcionan con grandes niveles de Stock de seguridad, que garantice el funcionamiento de sus procesos. En muchos de los casos las relaciones con los proveedores son casi inexistentes, únicamente se les dice lo que se necesita y ellos surten de producto.

En definitiva JIT busca la sincronización de todo el proceso apoyándose en el flujo de información entre las relaciones cliente proveedor. De esta forma cuando la necesidad aparece la información llega a la factoría, que planifica sus necesidades de material y el momento exacto en que necesitará estos materiales, en ese momento comunica toda la información a su proveedor. Este surtirá esta demanda en el plazo y cantidad exactos requeridos por la factoría.

Es importante mencionar en este punto el concepto Tack Time. Este concepto define el tiempo necesario de cada operación de un proceso para cumplir con la demanda. De esta forma y considerando estos tiempo se podrá hacer una definición perfecta de las necesidades de la factoría (Ver figura 2.9).

## Lean Manufacturing



Figura 2.9: Tack Time  
Fuente: globbtv.com

La nivelación y sincronización del proceso (Heijunka) y la metodología de trabajo JIT consigue eliminar la variable de incertidumbre, conocer las necesidades exactas, permite una planificación óptima. Eliminado el aspecto de incertidumbre los procesos podrán trabajar sin necesidad de stock de seguridad. En la figura 2.10 puede verse un diagrama que explica perfectamente este planteamiento.

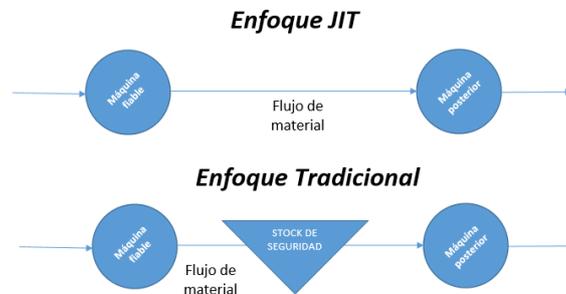


Figura 2.10: Enfoque JIT vs Tradicional

Eliminar el Stock permite aumentar en gran medida los beneficios, ya que desaparecen los costes de almacenamiento y las pérdidas por obsolescencia, sino que también se debe tener en cuenta que niveles de inventario muy altos esconden defectos en el propio proceso.

Disminuir este Stock permite también sacar a la luz estos problemas permitiendo a su vez la mejora de los procesos. En la figura 2.11 puede verse una de las imágenes más recurrentes para ejemplificar como el Stock evita la visibilidad de los problemas.

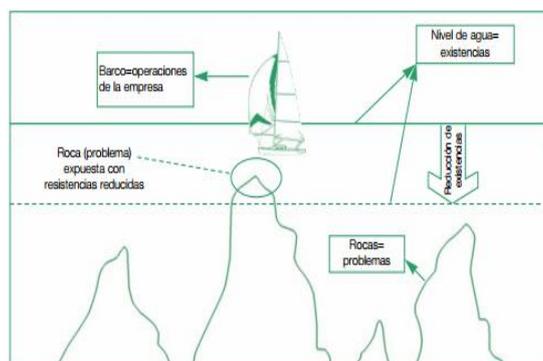


Figura 2.11: Representación del Stock  
Fuente: qualityinspection.org

## Lean Manufacturing

En esta figura puede verse un barco, que simularía el proceso, navegando sobre aguas tranquilas, que indicarían el nivel de inventario, si se reduce el nivel del agua las rocas del fondo (problemas ocultos) evitaran la navegación del barco.

La reducción del Stock de seguridad puede hacer aparecer por ejemplo incumplimientos en tiempos de suministro de un proveedor. Esta información solo aparecería al reducir los inventarios y hasta entonces no se habría podido atacar.

Es evidente que este sistema requiere procesos perfectamente definidos, es imposible comunicar cualquier tipo de necesidad a un proveedor si ni siquiera la propia empresa la tiene definida. Por este motivo es imprescindible cumplir con los escalones anteriores, para definir perfectamente los procesos y conocer todas sus variables.



La aplicación de esta filosofía permite alcanzar el objetivo mencionado de la calidad total, con unos costes mínimos, y reduciendo al mínimo los tiempos de espera.

Se debe hacer hincapié en que esa metodología no es una fórmula mágica, su implantación requiere de grandes inversiones, ya que como ha podido verse cambia por completo los conceptos establecidos hasta el momento, y requiere de periodos de tiempo muy largos para conseguir ver resultados.

Tradicionalmente este sistema se asocia únicamente con la industria automovilística, ya que fueron pioneros en su implantación y se cree que no es válido para ningún otro tipo de proceso, pero las tendencias actuales demuestran todo lo contrario.

Cada vez son más los ejemplos de aplicación de esta filosofía con excelentes resultados, no solo industria manufacturera, sino también de sistemas de gestión financiera, hospitales, farmacéuticas o industria alimentaria.

Existen una gran cantidad de herramientas y procedimientos que facilitan la implantación de todos los conceptos vistos hasta ahora. En el siguiente capítulo, pueden verse un gran número de ellas.

### 2.2. Herramientas lean manufacturing

---

Es imposible implantar todos los conceptos sin las herramientas adecuadas, a lo largo de los años se han diseñado o adaptado varios instrumentos, que facilitan la comprensión e implantación de estos sistemas. A continuación se pueden ver desglosadas las más representativas.

#### 2.2.1. BrainStorming

---

Lean manufacturing no solo diseña nuevas ideas que ayuden a implantar su filosofía, sino que también adopta herramientas clásicas de la calidad como la conocida tormenta de ideas o BrainStorming.

Esta herramienta es una técnica creativa basada en la aportación de ideas innovadoras de un grupo de personas, válida tanto para el diseño de un nuevo producto o proceso, o para su mejora.

La base de esta herramienta consiste en crear un grupo de trabajo con varios participantes que conozcan perfectamente el tema de discusión. Es importante que el tema o problema este perfectamente definido e imprescindible que todos los integrantes del grupo lo conozcan perfectamente.

En la variante clásica de esta metodología se les entrega a los integrantes del grupo una hoja donde uno de ellos anotará tres ideas que se le ocurran. Cuando este termine otro integrante diferente leerá estas ideas y añadirá otras tres. Este proceso se repite hasta que todos los integrantes hayan incluidos sus tres ideas.

De esta forma se consigue incentivar la creatividad de las personas, leyendo diferentes planteamientos de sus compañeros. Escribir sobre papel permite escucharse bajo la impersonalidad, evitando de esta forma los prejuicios o miedos de aportar una solución.

Esta técnica suele requerir una gran cantidad de tiempo, ya que se busca calidad en las ideas, y las ideas de los compañeros deben ser entendidas por el siguiente en aportar, por lo que existe una versión diferente. En este caso cada integrante del grupo escribe sus tres ideas sobre un papel en blanco y las deposita sobre un montón. A continuación estos se reparten a otro compañero que añade otras tres ideas. Este caso suele ser más rápido y el indicado para grupos de trabajo grandes, el inconveniente es que ninguno de los participantes leerá todas las ideas del resto de compañeros

Mediante esta técnica se consiguen soluciones de alta calidad y creatividad de forma simple y rápida.

Una de las variantes más conocidas y utilizadas, muy relacionada con la tormenta de ideas clásica, donde cada uno aporta su solución sin importar tanto la calidad de esta, es el BrainStorming 6-3-5.

Este método fue creado por el psicólogo alemán Bernd Rohrbach en 1986. Consiste en juntar a seis miembros en un equipo durante 30 minutos, y exigirles que aporten un mínimo de 3 ideas cada 5 minutos. De esta forma se obtienen un mínimo de 108 ideas. Como es evidente con este método se consiguen ideas de una calidad menor, ya que el corto tiempo impide un desarrollo complejo.

### 2.2.2 Diagrama de Ishikawa o Diagrama Causa efecto y las 5M

Aunque la planificación de los procesos sea exhaustiva, todos los procesos son susceptibles de fallo, no es posible diseñar un proceso perfecto, que se mantenga a lo largo del tiempo sin ningún tipo de problema. Las 5M son un método estructurado que permite analizar un proceso para detectar los problemas desde su raíz.

Una vez más los entornos Lean pretenden eliminar todos los desperdicios en los ambientes de trabajo. Toyota la madre de los métodos de mejora continua estableció un método capaz de analizar todo el proceso en busca de los posibles errores, detectándolos desde la raíz.

Determinaron que cuando los problemas aparecen se deben plantear varias preguntas y no buscar la solución más rápida que dé continuidad al proceso. ¿Por dónde se debe empezar? ¿En qué debo fijarme? ¿Cómo puedo afrontar el problema de una forma metódica y estructurada?

Las respuestas a estas preguntas son en muchos casos complicadas, pero van a conseguir localizar la raíz del problema. De esta forma se podrá tomar medidas que eliminen el problema por completo y eviten su posterior aparición, cumpliendo una vez más una de las bases de los entornos Lean, la mejora continua.

Los procesos que siguen la filosofía Lean cuentan con diferentes herramientas capaces de responder estas preguntas y por lo tanto de detectar estos problemas en su raíz, una de las más utilizadas son las "5M"

El método de las "5M" (Ver figura 2.16) es un sistema de análisis estructurado que fija cinco pilares fundamentales, sobre los que van a girar todos los problemas que puedan aparecer.

Estos cinco puntos engloban todo el proceso, por eso tras el análisis exhaustivo de cada uno de ellos podrá acotarse el área que produce el problema, de esta forma podrá detectarse la causa desde su raíz. Para llevar a cabo este análisis se ha de estudiar cada uno de los factores, observando una serie de aspectos detallados a continuación



Figura 2.12: 5M's

#### Máquina

Para llevar a cabo el análisis de la máquina, se ha de observar el flujo de material a través de ellas, es decir las entradas y salidas de cada máquina que interviene en el proceso, así como de su funcionamiento de principio a fin y los parámetros de

configuración. De esta forma se podrá saber si la causa raíz de un problema está en ellas.

A veces no es fácil, sobre todo cuando intervienen máquinas complejas y no se puede acceder fácilmente a su configuración interna o no se tiene un conocimiento profundo de sus mecanismos, pero siempre se puede tomar medidas, por ejemplo, aislar partes o componentes hasta localizar el foco del problema.

### Método

Se trata de cuestionarse la forma de hacer las cosas. Cuando se diseña un proceso, existen una serie de circunstancias y condicionantes (conocimiento, tecnología, materiales,...) que pueden variar a lo largo del tiempo y no ser válidos a partir de un momento dado. Un sistema que antes funcionaba, puede que ahora no sea válido.

### Mano de obra

El personal puede ser el origen de un fallo. Evidentemente en todo proceso existela posibilidad de que aparezca el fallo humano, bien sea por simple despiste o por falta de formación. Si cuando este se produce no se toman medidas, se va a producir la aparición de un problema que se prolongue a lo largo del tiempo. Cambios de turno en los que el personal saliente no informa al entrante de incidencias relevantes, es un claro ejemplo.

### Medio ambiente

Las condiciones ambientales pueden afectar al resultado obtenido y provocar problemas. Valorar las condiciones en las que se ha producido un fallo, es un punto muy importante, ya que puede que un trabajador no tendrá el mismo rendimiento con temperaturas extremas que en condiciones normales. O incluso no funcione igual una máquina con el frio de la primera hora de la mañana que con el calor del mediodía.

### Materia prima

Los materiales empleados como entrada son otro de los posibles focos en los que puede surgir la causa raíz de un problema. Contar con un buen sistema de trazabilidad a lo largo de toda la cadena de suministro y durante el proceso de almacenaje permitirá tirar del hilo e identificar materias primas que pudieran no cumplir ciertas especificaciones o ser defectuosas.

Seguir una metodología de análisis estructurado como la anterior, permite ir acotando áreas concretas para detectar la causa raíz de un problema y erradicarlo sin demasiado sufrimiento. Esta técnica se combina por ejemplo con el Diagrama de Ishikawa.

El diagrama causa-efecto es una herramienta de análisis que va a permitir obtener de forma clara todas las posibles causas que originan un determinado suceso. Estos diagramas se conocen también con el nombre de su creador, el profesor japonés Kaoru Ishikawa (diagrama de Ishikawa), o como el “diagrama de espina de pescado” debido a la su forma.

## Lean Manufacturing

Suele aplicarse a la investigación de las causas de un problema, a través del análisis de los factores de las 5M, mediante la incorporación de opiniones de un grupo de personas directa o indirectamente relacionadas con el mismo. Por ello, está considerada como una de las 7 herramientas básicas de la calidad, siendo una de las más utilizadas, sencillas y que ofrecen mejores resultados.

Debe quedar claro que esta herramienta no consigue solucionar el problema, únicamente lo explica, analizando las diferentes causas que pueden llegar a provocarlo, ni siquiera se tiene en cuenta, en el momento de su creación si estas causas son o no responsables de los efectos.

Por lo tanto no va a ser capaz de proporcionar una respuesta como otras herramientas, únicamente presenta teorías, sólo cuando estas teorías son contrastadas a través de otras herramientas, se podrán probar las causas de los fenómenos.

Un diagrama de causa-efecto no soluciona el problema pero es imprescindible para alcanzar la solución, es un vehículo para ayudar a los equipos a tener una concepción común de un problema complejo, con todos sus elementos y relaciones claramente visibles a cualquier nivel de detalle requerido.

La elaboración de diagramas visuales ayuda a los equipos de trabajo a procesar, organizar y priorizar nueva información, de manera que puedan integrarla significativamente a su base de conocimientos previos. Además, les permite identificar ideas erróneas y visualizar patrones e interrelaciones en la información, factores necesarios para la comprensión e interiorización profunda de los conceptos asociados.

Los pasos a seguir a la hora de analizar un problema mediante la técnica del diagrama causa-efecto son los siguientes:

En primer lugar se debe determinar de forma concreta el problema o situación que se quiere analizar (en la mayoría de los casos será una característica de calidad). Debe ser un problema concreto, aunque puedan intervenir diferentes causas que lo expliquen. Es importante que todo el personal esté de acuerdo con el planteamiento del problema.

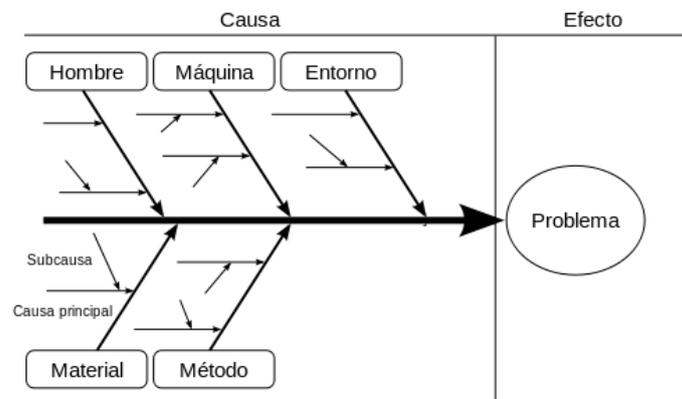
A continuación se debe determinar el grupo de personas que deben intervenir en el análisis. Normalmente serán personas relacionadas con el problema directa o indirectamente, de forma que todas ellas puedan aportar ideas.

Una vez definido el grupo de trabajo se realiza una reunión donde cada analista va dando sus opiniones sobre las posibles causas, que cada uno identifica para el problema estudiado (La metodología es la misma que en Brainstorming o tormenta de ideas). Todas y cada una de las posibles causas son anotadas una a una por el coordinador del grupo. Es importante que solamente causas, y no soluciones del problema sean identificadas.

Una vez agotadas las opiniones, se agrupan en diferentes categorías y se dibuja el diagrama base que plasma las diferentes causas del problema. No existen unas categorías únicas, si no que cada problema requerirá de diferentes categorías, aunque en la mayoría de los casos se aprovechan las ya mencionadas 5M para la agrupación de las diferentes causas.

## Lean Manufacturing

En la figura 2.17 puede observarse un diagrama causa-efecto básico. Puede verse como una causa puede ramificarse en diferentes sub-causas, de esta forma el análisis del problema es extremadamente exhaustivo.



2.13: Diagrama de Ishikawa

Es importante que la representación sea lo más clara posible, para permitir la rápida comprensión del problema y sus causas, por eso en la mayoría de los casos existen pautas para su representación, como por ejemplo el grosor de las líneas dependiendo de su situación en el diagrama, o el ángulo de inclinación, que será de  $0^\circ$  (líneas horizontales) o de  $60^\circ$  cuando se crean intersecciones.

Finalmente, se determina cuál es el orden de importancia de las causas identificadas. Para ello, puede someterse a votación entre los participantes el conjunto de causas identificadas.

Una vez hecha la votación, se rodean con un círculo las dos o tres causas más votadas. Estas serán las primeras contra las que se deberá actuar, en este punto entran en acción otras técnicas que consigan dar solución al problema.

Es aconsejable que estos diagramas no se queden guardados una vez es analizado el problema y se tomen las acciones correctoras, sino que deben ser expuestos entre los trabajadores para que los analicen, de esta forma se conseguirá obtener nuevas causas que pueden no haber sido estudiadas en las reuniones previas.

Como conclusión puede deducirse que el diagrama causa-efecto es útil para determinar las posibles causas de un problema y además consigue:

- Agrupar estas causas en diferentes categorías o factores.
- Orientar las posteriores acciones correctoras hacia las causas identificadas (Especialmente si se identifican las causas principales).
- Proporcionar un nivel común de comprensión. Al final de la reunión, el diagrama causa-efecto es el mismo para todos, con independencia de las causas que cada uno, individualmente, fuese capaz de identificar.
- Reflejar la dispersión del conocimiento del equipo. Cuanto más ramificado esté un diagrama causa-efecto, será señal de una mayor diversidad de causas identificadas.

### 2.1.3. Los 5 ¿Por qué?

Una vez más y al igual que todas las técnicas y herramientas utilizadas en Lean, se busca la erradicación completa del problema, no basta con soluciones paliativas que funcionen a medias, se debe buscar las causas que ocasionan el problema y eliminarlas desde su raíz evitando problemas derivados o apariciones sucesivas del problema.

Los 5 ¿Por qué? Es una técnica muy utilizada, que busca la identificación de la causa o causas raíz que originan un determinado problema.

Consiste en preguntar sucesivamente ¿Por qué? Hasta obtener la causa raíz del problema, es decir cuando un problema se presenta, y este está perfectamente definido se debe preguntar ¿por qué sucede? Cuando se obtenga la respuesta se debe preguntar una vez más ¿Por qué? a esta respuesta. Se repetirá el proceso hasta la causa raíz que origina la anomalía.

Normalmente se fija un número mínimo de preguntas, cinco, de ahí el nombre de la técnica, pero esto no es una norma a seguir a rajatabla, en muchos casos el número de preguntas que se han de hacer son mucho mayores.

Es muy importante que la definición del problema sea exhaustiva y que las personas encargadas de aplicar esta técnica conozcan el proceso completamente, ya que se corre el riesgo de dar por finalizado el proceso de preguntas sin haber alcanzado la causa raíz del problema. Por este motivo siempre se debe seguir preguntado hasta que sea imposible hallar una respuesta, lo que significara que esa es la causa raíz del problema.

La aplicación de este método no tiene por qué dar una única causa raíz ya que en muchos de los casos la pregunta puede tener varias respuestas, con lo que se detectan varios puntos sobre los que actuar.

A continuación se puede ver un ejemplo de aplicación de este método:

Problema:	Una máquina se ha averiado
<b>¿Por qué se ha parado la máquina?</b>	Saltó el fusible
<b>¿Por qué salto el fusible?</b>	Por una lubricación inadecuada de los cojinetes
<b>¿Por qué la lubricación era inadecuada?</b>	La bomba de lubricación no funciona correctamente
<b>¿Por qué no funciona bien la bomba de lubricación?</b>	El eje está desgastado
<b>¿Por qué el eje estaba desgastado?</b>	Porque había suciedad dentro de la bomba
<b>Causa Raíz</b>	<b>Suciedad en el interior de la bomba</b>

### 2.2.4. 5S's

Las 5S's es una de las herramientas básicas de la mejora continua o Kaizen, y por lo tanto forma parte de la filosofía Lean.

Esta herramienta es una metodología basada en 5 pasos, que pretende mantener limpio, ordenado y estandarizado el lugar de trabajo, consiguiendo una productividad mayor, un entorno de trabajo adecuado, limpio y seguro.

Esta metodología nace al igual que la mayoría de estas herramientas en Japón, asociada al método productivo de Toyota, y recibe su nombre de la inicial de cada uno de los 5 pasos a seguir para su aplicación

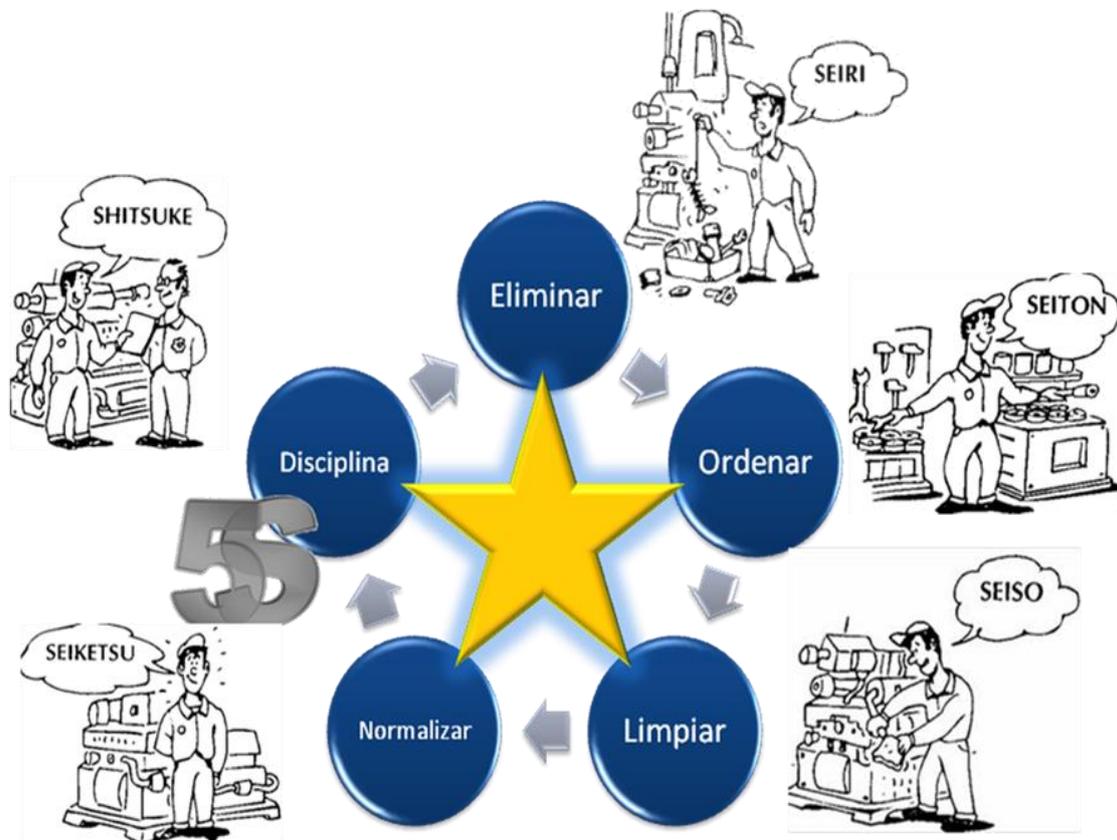


Figura 2.14: 5S's  
Fuente: incolmambiental.com

A continuación puede verse cada una de las fases de esta metodología y una descripción detallada de su forma de aplicación:

- Seiri Clasificación/Eliminar
- Seiton Organización
- Seiso Limpieza
- Seiketsu Higiene y Visualización (Normalización)
- Shitsuke Disciplina y Compromiso

### Seiri

Este es el primer paso a ejecutar, consiste en la clasificación de todos y cada uno de los elementos de la línea. Se debe analizar en primer lugar que elementos se usan y con qué frecuencia. Es decir definir que es útil, en qué medida lo es y qué elementos no se utilizan nunca.

Es normal que en cualquier puesto de trabajo se vayan acumulando elementos que no son para útiles, pero que con el paso del tiempo se les asigna un lugar “por si acaso”. Este es uno de los puntos que intenta eliminar esta metodología, en el puesto de trabajo debe de estar únicamente lo necesario, bien sea por optimizar los recursos, por limpieza o incluso por seguridad.

La aplicación de este paso se suele realizar en una jornada amplia, que permita la identificación de todos los elementos, para lo que normalmente se utilizan tres zonas identificadas con unos carteles que identifique los elementos que van a ser para guardar de nuevo, imprescindibles, los elementos que deberán ser revisados, prescindibles, y los elementos que son para tirar.

A continuación se debe realizar una clasificación de los elementos prescindibles, y determinar que se puede tirar, que debe ser guardado en el lugar de trabajo de trabajo, que debe ser guardado en otro sitio, o incluso que se puede vender.

Para esta segunda clasificación es común preguntarse con qué frecuencia se usan los elementos, si se usan semanalmente son imprescindibles, si su uso es mensual deben estar en el puesto de trabajo y si usan con una frecuencia mayor a un mes se les deberá buscar un lugar que no entorpezca la actividad laboral y que no reste espacio a la zona habitual de actuación.

Es imprescindible que todos los trabajadores del puesto colaboren en esta clasificación ya que puede haber elementos que no sean utilizados por todos pero que si son útiles para algunos. Para asegurarse que todos los trabajadores colaboran en la clasificación es habitual utilizar unas tarjetas o pegatinas que identifiquen cada uno de los elementos y con qué frecuencia se utilizan, o incluso escribir sobre la tarjeta el último día de uso. Esta debe de ser una tarea previa, de esta forma cuando se realice la clasificación se podrá tomar decisiones sin riesgo de equivocarse y eliminando esa variable del “por si acaso”.

### Seiton

Una vez se han identificado todos los elementos del puesto se debe decidir cuál es el lugar óptimo donde deben ser almacenados. En este punto es muy importante la clasificación previa donde se ha identificado la frecuencia de uso. Es evidente que elementos que tengan una frecuencia de uso diaria deberán ocupar los lugares más visibles y con un acceso rápido mientras que aquellos que tengan una frecuencia de uso semanal, podrán ocupar lugares más alejados o con un nivel de acceso más complejo.

Es importante que la definición del espacio que ocupa cada elemento sea precisa, incluso es aconsejable aplicar la gestión visual, marcando cada uno de los elementos, asegurándose que no se produzcan almacenamientos innecesarios, si algo no está delimitado no es necesario.

## Lean Manufacturing

Una de las frases identificativas de esta etapa es “Un lugar para cada cosa, y cada cosa en su lugar”.

### Seiso

Una vez identificados y ubicados todos los elementos las tareas de limpieza se simplifican. Esta etapa pretende dar un paso más allá, con todos los elementos identificados y ubicados es sencillo detectar los puntos donde se genera suciedad.

Tras la identificación de estos puntos se debe buscar la forma de eliminar esa fuente de suciedad, de esta forma llega el momento en el que no es necesario limpiar.

Es habitual identificar esta etapa con la frase “No es más limpio el que más limpia, sino el que menos ensucia”.

### Seiketsu

En la 4 etapa se pretende señalar todas las anomalías, es decir se debe asegurar que la limpieza y el orden se cumplen a lo largo del tiempo, por eso es muy importante la gestión visual, si todo esta correcta identificado, será sencillo identificar las anomalías.

Es habitual utilizar en este punto utilizar una serie de auditorías internas, denominadas auditorias 5S´s que no solo reflejan el estado del puesto, sino que también obligan a visualizar cada uno de los elementos y si su ubicación, mantenimiento y limpieza es correcto, estandarizando así el orden y la limpieza.

### Shitsuke

En japonés este término significa seguir mejorando. Una vez más y apoyándose en el ciclo PDCA, las mejoras realizadas sobre los puestos de trabajo. Las auditorias son una buena herramienta para cumplimentar este quinto paso. En estos documentos se refleja la situación del puesto de trabajo, de esta forma se puede llevar un seguimiento de la evolución de las medidas tomadas y adoptar nuevas acciones que eviten el incumplimiento de los estándares fijados.

Es muy importante que todo el organigrama de la empresa siga esta metodología, un directivo de la empresa que ve en su planta toda limpia y ordenada tendera a mantener el orden en su oficina, y de igual manera lo hará un operario. Si no es así la desmotivación del personal puede destrozar esta metodología, ya que una de sus bases de aplicación, como se ha comentado es la constancia

### 2.2.5. SMED

SMED, es una de las técnicas más conocidas y utilizadas de esta filosofía. Son las siglas de “Single-Minute Exchange of Die”. Esta técnica busca el cambio rápido en las configuraciones de las líneas o de la maquinaria.

La situación actual del mercado obliga a las empresas a realizar una gran cantidad de referencias en pequeños lotes, para sobrevivir. Esto presenta grandes inconvenientes, ya que obliga a cambiar las configuraciones de las líneas con gran frecuencia. Esta situación obliga a reducir los tiempos de cambio, ya que el tiempo que se emplea a la reconfiguración de los elementos de una línea es tiempo improductivo. Reduciendo este tiempo se consigue además una mayor flexibilidad, permitiendo adaptarse a la demanda del mercado con penalizaciones muy pequeñas.

La forma de aplicación de esta técnica, comienza en la mayoría de los casos con la grabación de los cambios, de esta forma se puede analizar detenidamente todo el proceso. A continuación se debe aislar cada una de las acciones que se realizan e identificar si es posibles realizarlas con la máquina en marcha, acciones externas, o si es imposible realizar mientras la máquina cumple con su funcionamiento normal. Es aconsejable realizar diagramas de GANNT que faciliten la interpretación y el aislamiento de las acciones.

Tener preparados todos los elementos necesarios para el cambio, herramientas, consumibles, etc. Junto al punto de uso es una de las acciones que suelen realizarse en la mayoría de casos con la máquina parada y podrían realizarse con ella en marcha. Una vez que el cambio no permite extraer más operaciones a externas, se debe estudiar si mediante la aplicación de alguna tecnología es posible eliminar o extraer alguna otra operación, como por ejemplo creación de pulmones de acumulación que permitan la marcha normal de la línea mientras alguna de las máquinas se ajusta.

Cuando es imposible extraer más acciones se debe estudiar como facilitar su ejecución. Una vez más una de las técnicas más utilizadas es la gestión visual, es muchos más sencillo realizar una tarea de apriete si las tuercas y el tornillo están pintados del mismo color que si se debe buscar la llave adecuada de forma tradicional. Otra técnica muy utilizada es la utilización de elementos de ajuste o apriete rápido, es más sencillo apretar una brida que enroscar un tornillo. Uno de los ejemplos más conocidos de esta técnica es el cambio de neumáticos de la fórmula 1. Donde todo está perfectamente estudiado como si de una coreografía se tratase para perder el menor tiempo posible en el cambio.

La aplicación de estas técnicas es imprescindible en industrias donde la gran cantidad de referencias a fabricar obliga a optimizar los cambios, pero no es una técnica que aporte grandes mejoras a corto plazo, si no que necesita de periodos de tiempo largo, para poder analizar todas y cada una de las variables para no dejar nada al azar.

En la mayoría de los casos cada equipo tiene sus pequeñas metodologías que agilizan el cambio, pero no trabajan de forma estándar ni contabilizan las mejoras, pudiendo así ajustar las producciones, contando los tiempos de cambio, si no que cada equipo utiliza sus pequeños “trucos” haciendo que los tiempos de cambio dependen de la persona que los realice. Esta técnica pretende eliminar este factor humano de la fórmula y para ello busca un estándar a seguir por todos los equipos.

### 2.2.6 TPM

TPM, son las siglas en inglés de “*Total Production Maintenance*” o mantenimiento productivo total. Una vez más esta técnica nace en Japón y pretende eliminar las pérdidas debidas a los paros, calidad y costes.

Como se viene hablando a lo largo del desarrollo de las herramientas lean, cada vez la industria pretende aumentar sus eficiencias con el mínimo número de recursos, esta metodología busca alcanzar tres ceros: Cero averías, cero defectos y cero accidentes, ayudando a alcanzar el objetivo.

Esta técnica pretende romper con la idea clásica de que el mantenimiento de los equipos sea una parte separada del proceso productivo, e intenta integrar el departamento de mantenimiento directamente con el de producción, intentando aumentar disponibilidades y rendimientos de los equipos.

Busca también la implicación de los operadores en el mantenimiento, intentando buscar así una autonomía completa de las líneas. El operario debe sentir el equipo como algo propio, ya no es una mera herramienta que utilizar, y que cuando se estropea alguien viene a repararlo, si no que el equipo es algo propio, que hay que cuidar y mimar. De esta forma se cuenta con una gran ventaja, los operarios conocen la maquinaria, de forma completa, pudiendo detectar, pequeñas irregularidades mucho antes de que conlleven grandes fallos.

Es evidente que en muchos casos las operaciones de mantenimiento no podrán ser realizadas por el personal de las líneas, debido a que no poseen los conocimientos necesarios. Por este motivo esta metodología diferencia entre tres tipos de mantenimiento.

- 1) Mantenimiento a nivel de operador. Pequeñas acciones que el propio equipo de la línea puede llevar a cabo. Limpiezas ajustes, vigilancias de parámetros y reparación de pequeñas averías.
- 2) Nivel técnico integrado. En este punto las acciones requieren de unos conocimientos técnicos mayores, que deberán de ser resueltos por un mecánico que pertenezca al propio equipo de la línea.
- 3) Grandes intervenciones. En este punto la reparación de las averías o las acciones de mantenimiento conllevan desmontaje de los equipos u operaciones complejas. En este caso el personal de mantenimiento no pertenece a la línea, no está integrado, y acudirá únicamente cuando se les necesite.

Para la implantación de estos sistemas es importante contar con metodologías de lean ya funcionando. La base del TPM son la mejora continua o Kaizen y las 5S's, sin estas herramientas la adecuación de los sistemas productivos será muchos más difícil.

Contar con estas herramientas ya implantadas facilita el mantenimiento ya que los equipos eran capaces de detectar por ejemplo puntos de generación de suciedad, que tras su estudio (5 ¿POR QUE?, DIAGRAMA CAUSA-EFECTO, etc.) pueden derivar en acciones de mantenimiento. De esta forma el mantenimiento puede llegar a planificarse, incluyéndose así en las disponibilidades de las líneas y ajustando al máximo las producciones. La única forma de detectar estas

## Lean Manufacturing

irregularidades, en ajustes parámetros o limpiezas, es únicamente posible si la línea está limpia ordenada y el personal forma parte del mantenimiento.

Para facilitar la implantación de esta metodología TPM establece 8 pilares

**MEJORAS ENFOCADAS.** Es importante crear grupos de trabajo interdisciplinarios donde sus integrantes conozcan técnicas para la mejora continua y la resolución de problemas que enfoquen todo su trabajo a la eliminación de las pérdidas y la mejora de la eficiencia.

**MANTENIMIENTO PLANIFICADO,** Consiste en llevar a cabo actividades de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo que busquen la prevención y eliminación de averías.

**MANTENIMIENTO AUTÓNOMO,** basado en operaciones de inspección y pequeñas actuaciones sencillas, realizadas por los operarios de las máquinas

**MANTENIMIENTO DE CALIDAD,** basado en actuaciones preventivas sobre las piezas de las máquinas que tienen una alta influencia en la calidad del producto.

**PREVENCIÓN DEL MANTENIMIENTO,** basado en la gestión temprana de las condiciones que deben reunir los equipos o las instalaciones, para facilitar su mantenibilidad en su etapa de uso.

**MANTENIMIENTO ÁREAS SOPORTE,** buscando el apoyo necesario para que las actividades de TPM, aseguren la eficiencia y la implicación global.

**MEJORA DE LA POLIVALENCIA Y HABILIDADES DE OPERACIÓN.** Formación continua del personal de producción y mantenimiento para mejorar sus habilidades y aumentar su polivalencia y especialización.

**SEGURIDAD Y ENTORNO,** la seguridad y prevención de efectos adversos sobre el entorno son temas importantes en las industrias responsables. La seguridad se promueve sistemáticamente en las actividades de TPM.



Figura 2.15:

Fuente: [mantenimientopetroquimica.com](http://mantenimientopetroquimica.com)

### 2.2.7 POKA-YOKE

Poka-Yoke es un término japonés que significa literalmente “a prueba de errores”. Esta herramienta busca que todas las partes de un proceso estén diseñadas de forma que sea imposible que se produzca una equivocación.

Es común que en muchos procesos una gran parte de las decisiones se tomen de forma intuitiva, apareciendo en este punto el error humano (Ver figura 2.16). Si todas las decisiones se han previsto en la fase de diseño y se han creado las herramientas necesarias para facilitar la decisión el error humano desaparece de los procesos, aumentando la fiabilidad del proceso.

En muchos casos será imposible eliminar por completo el riesgo de equivocación, por este motivo se habla de dos tipos de poka-yoke. Función de control, donde se diseñan sistemas que eviten que el fallo se produzca, y función de advertencia, donde se asume que el error puede llegar a producirse y se instala una señal que advierta de su presencia.

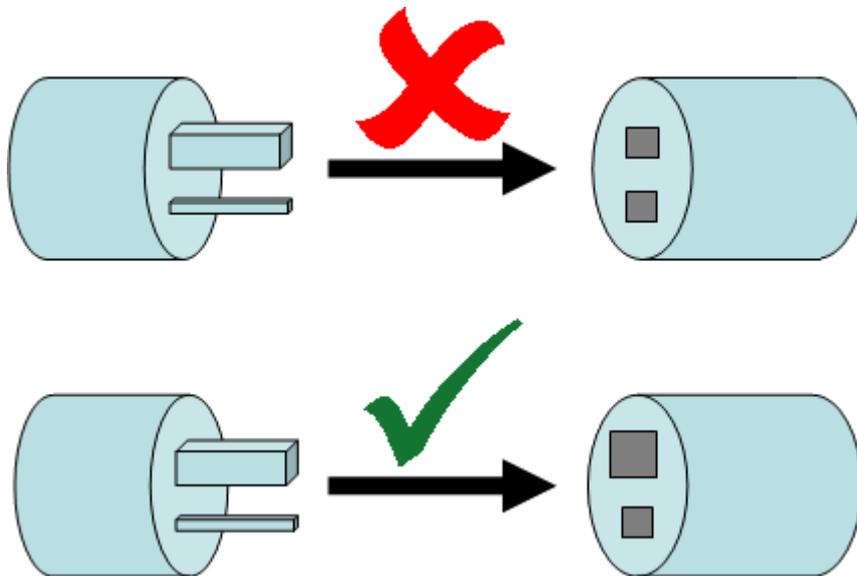


Figura 2.16:  
Fuente: pdcahome.com

En la industria existen gran cantidad de ejemplos de este tipo, pero uno de los más conocidos, son los conectores USB. El diseño de estos, está preparado a prueba de errores, ya que es imposible conectar un dispositivo de este tipo de cualquier forma que no sea la correcta.

### 2.2.8 KANBAN

Esta herramienta recibe su nombre, al igual que muchas de las anteriores, del japonés, donde “*kan*” significa visual y “*ban*” tarjeta o tablero. Esta herramienta controla de forma armónica la fabricación de los productos, tanto en cantidad como en tiempo.

Es una de las bases del mencionado sistema justo a tiempo o Just In Time, tan utilizado hoy en día.

Este sistema pretende regular de forma eficiente el abastecimiento de los puntos de consumo del material, para ello cuando un cliente retira los productos que necesita de un punto de almacenamiento, lo señala con una tarjeta, identificando que es necesario reabastecer ese punto, aparece en este punto la demanda del producto.

El sistema de reabastecimiento identifica esta demanda en forma de tarjeta, y comienza en este punto las tareas de abastecimiento del punto de consumo. Recoge esta tarjeta, proporciona de nuevo los materiales y devuelve la tarjeta al consumidor para posteriores demandas. De esta forma se consigue adaptar la fabricación a un sistema guiado por la demanda, fabricación PULL(Ver figura 2.17).

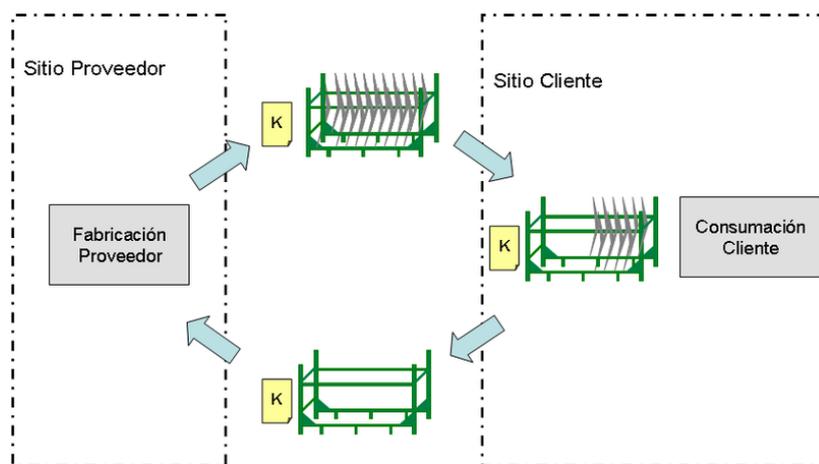


Figura 2.17:  
Fuente: wikipedia.org

Existen varios tipos de tarjetas para la implantación de este sistema, las dos más importantes son:

- Tarjetas de transporte: identifican la necesidad de material de una estación a la anterior. Es decir identifican que un determinado punto se ha quedado sin material, y que es necesario llevar un nuevo lote.
- Tarjetas de fabricación. Se utilizan en un mismo punto de fabricación e identifican la necesidad de fabricar un determinado elemento para que sea consumido en ese punto.

Es evidente que este sistema no cuenta con dos tipos de tarjetas únicas, si no que dependiendo del proceso se crearan o adaptaran para surtir de forma correcta la demanda, llegando incluso en los sistemas más avanzados a informatizar el proceso. Es común encontrar sistemas de este tipo donde el propio kanban o tarjeta es el embalaje de los materiales.

### 2.2.8 Ficha de operación estándar

Esta herramienta es muy utilizada en los sistemas Lean y como su propio nombre indica pretende estandarizar el proceso. Únicamente es una ficha que describe los pasos a seguir para la realización de una determinada tarea.

Existen varios sistemas para la creación de este tipos de fichas, y siempre serán diferentes para cada tarea ya que en cada caso definen una tarea diferente, pero es importante que todas sigan el mismo formato, de esta forma cualquier persona de la planta o de la empresa podrá entender que intenta definir la hoja aunque no conozca del todo el proceso.

Dependiendo de la complejidad de la tarea y de la precisión necesaria para su ejecución estas fichas, pueden ser más o menos detalladas, llegando incluso a definir micro-movimientos de por ejemplo las manos o simplemente haciendo indicaciones de los pasos a seguir.

### 2.2.9 Sistemas de retribución, Ideas de Mejora.

Esta metodología es en mi opinión una de las armas más importantes de Lean Manufacturing. Únicamente consiste en hacer partícipe de los procesos a todos y cada de los integrantes de la empresa.

Los trabajadores de las plantas de producción son los que mejor conocen la maquinaria y el proceso en el que trabajan, y por ese motivo son los más capacitados para la propuesta de mejora de las líneas.

Este sistema lo único que promueve es la motivación de los empleados para que propongan mejoras, independientemente de los costes de implantación o del nivel de mejora que se alcance. Estas propuestas deben ser estudiadas por los encargados de la línea o por la dirección y si la mejora es cuantitativa deben ser implantadas, reflejando públicamente que autor de la idea, e incluso premiando la iniciativa con una compensación económica o en días libres para el trabajador.

Es muy importante la correcta gestión de este sistema, debe seguirse e informar siempre de su funcionamiento, ya que si el empleado propone y nunca recibe contestación dejara de aportar.

Cuando las ideas supongan de un estudio complejo se suele crear pequeños grupos de trabajo, con los propios interesados, denominados "*small group activities*" o "SGA", como se comentó en el punto de TPM. Este sistema es una gran forma de motivación para el empleado y que reporta a la larga un beneficio económico para la empresa.

Estas son algunas de las herramientas Lean más utilizadas, aunque existen un gran número de ellas o de variantes de las comentadas. En el punto donde se habla del propio producto diseñado para la simulación de un proceso productivo en la escuela Lean, pueden verse ejemplos prácticos de estas herramientas y como ayudan la optimización de los flujos productivos y a la eficiencia de las líneas.

### 3. La industria alimentaria.

---

La industria escogida para el desarrollo del presente trabajo fin de máster es la industria de la alimentación, más particularmente la industria “caramelera”. Debido a la oportunidad de realizar mis prácticas del presente máster, en una empresa del sector, he decidido adaptar lo visto durante este periodo a un producto que se adapte a la metodología de la escuela Lean.

Como se ha comentado anteriormente, en la introducción del presente documento, los productos a tratar en la escuela son caramelos de diferentes naturalezas y gominolas, simulando un proceso donde los productos una vez fabricados en líneas externas, se preparan en la línea que se estudiará, envasándolos y preparándolos para su expedición.

A lo largo de este apartado se puede ver una pequeña historia de cómo ha evolucionado esta industria, pasando por una de las multinacionales más grandes del sector, Mondelez internacional, empresa donde he realizado las prácticas y de donde se ha obtenido la mayor parte de la información del presente trabajo y además de un desglose de las características de los productos escogidos para la simulación de un proceso productivo en la escuela Lean.

#### 3.1. Los caramelos. Industria y proceso productivo

---

La industria alimentaria es uno de los sectores más importantes en España y en Castilla y León en particular. Siempre que alguien se refiere a este sector se tiende a pensar en agricultura y ganadería, pero existe un gran desconocido dentro de este campo, la industria del dulce, incluida en términos económicos dentro de la industria de la alimentación y bebidas.

La industria del dulce concentra el 6% de toda la producción de la industria de la alimentación y bebidas que suponen el 7% del producto interior bruto de España, y a pesar de lo que se piense, es el principal sector económico de la economía española por delante del sector de la automoción.

En términos de producción es el 7º en importancia dentro de la unión europea y el 5º si únicamente incluimos el sector del dulce, convirtiéndonos en una de las principales potencias del sector a nivel mundial.

Se caracteriza por su dinamismo sabiéndose adaptar a la época de crisis actual, exportando el 25% de su producción a terceros países. Es también una industria innovadora, el sector debe el 43% de su crecimiento anual (Datos 2013) al lanzamiento de nuevos productos más consecuentes económicamente con la situación de caos reinante en los mercados.

Es también un sector generador de empleo, la industria de la alimentación y bebidas cuenta con 446.000 personas empleadas, de las cuales 115.000 pertenecen al sector del dulce.

Estos datos son incomprensibles sin la implantación de técnicas modernas que consigan aumentar los niveles de productividad y eficiencia de las líneas de producción. Es evidente que la industria se encuentra en constante crecimiento, e implantación de

## La industria alimentaria

estos sistemas, y está muy lejos de funcionar a los niveles de la automoción en cuanto a Lean se refiere, pero es un gran ejemplo de cómo implantar esta metodología.

Dentro de este amplio campo, de la alimentación existe una de las mayores multinacionales del mundo con una de sus plantas productivas en Valladolid, Mondelez Internacional, planta donde se fijan los conceptos del presente trabajo.

Mondelez internacional Inc. es un conglomerado multinacional estadounidense dedicado a la confitería, alimentación y bebidas, que cuenta con más de 100.000 empleados en todo el mundo.

Mondelez internacional es la primera empresa en el mundo del Snack y el caramelo con una cuota de mercado de aproximadamente el 15% del total (Año 2013). Sus productos estrella son por todos conocidos, las galletas oreo y los caramelos Halls.

Esta empresa sucedió en 2012 a la conocida Kraft Foods, que adquirió anteriormente a la empresa chocolatera Cadbury. Mondelez internacional recibe su nombre de la contracción de las palabras Monde (Mundo en francés) y Delez, como una alternativa a delicioso.

Esta empresa no solo comercializa los productos mencionados, si no que gestiona actualmente marcas de Snacks muy conocidas en todo el mundo incluyendo galletas dulces y saladas, caramelos o chocolates e incluso cafés. En la figura 3.1 pueden verse algunas de las marcas más conocidas:



Figura 3.1: Mondelez internacional  
Fuente: Mondelezinternational.com

El presente proyecto se basa en el envasado de caramelos y gominolas, sector al que se dedica la planta de Valladolid, entre otros muchos. En el caso de esta planta se vienen produciendo y envasado de productos de este tipo durante muchos años, anteriormente bajo el nombre de Dulciora, empresa que adquirió Cadbury y que actualmente pertenece a la mencionada multinacional

### 3.2. El producto. Caramelos y Gominolas

¿Quién no ha comido alguna vez un caramelo? En la actualidad es un dulce completamente instaurado, que se ha convertido en un pequeño aperitivo o simplemente en un capricho, sin olvidar aquellos que nos calman la sequedad bucal o la irritación de garganta. La industria ha avanzado mucho a lo largo de los años, pero el concepto de caramelo ha existido desde la antigüedad, aunque no en la forma y sabor que hoy conocemos.

En la actualidad se pueden diferenciar varios tipos de caramelos, los que se contemplan en este desarrollo, son los caramelos duros o macizos, que son aquellos que presentan un aspecto vítreo tras su conformación, y los caramelos de goma, que como su propio nombre indica son aquellos que tienen textura gomosa sin llegar a ser viscosos.

El nacimiento de los caramelos se sitúa en la antigüedad cuando llegaba el momento de preparar un viaje, era indispensable preparar los alimentos para largos periodos de tiempo, de forma que fueran fáciles de transportar, que aportaran gran cantidad de energía y sobre todo que facilitasen su conservación.

Es entonces cuando se puede hablar de la aparición del caramelo, antes de las grandes expediciones se preparaban pastas de frutas y cereales para conseguir los aportes calóricos necesarios de forma rápida. Estas pastas estaban hechas a partir de miel, jengibre, regaliz e incluso lactosa, aunque aún no se utilizaba el azúcar.

Los primeros datos que se conocen del refinamiento del azúcar datan del 200 antes de cristo, y es probable que el caramelo tal como lo conocemos hoy en día apareciese tras este momento. En un primer momento el azúcar no se considera un dulce, si no que en muchas culturas se utiliza como medicamento, debido a sus propiedades terapéuticas. Los primeros registros que se conocen, y que definen un proceso de elaboración del caramelo, datan de escritos árabes del siglo 9.

En 1820 aparece en Estados Unidos lo que se podría reconocer, como el caramelo que conocemos hoy en día. En esta época la compra de estos productos estaba destinada a personas de alto nivel adquisitivo, debido al coste de sus ingredientes. Como en todo producto el inicio de la producción industrial en 1950 en Estados Unidos, hace que estos pequeños dulces sean asequibles para todos los públicos.

La aparición de la gominola como tal es mucho más reciente, se fecha entorno a mediados del siglo XIX, cuando la industria caramelera ya en marcha, intenta buscar diferentes alternativas para volcar en el mercado, para lo que se empiezan a utilizar diferentes materias primas, como la goma arábica que modifica por completo la textura del caramelo, modificando incluso su naturaleza.

Como se verá en puntos sucesivos del presente trabajo, el proceso para la creación de la goma de caramelo es más complejo, debido en gran medida a la naturaleza de las materias primas, pero permite una mayor innovación en formas y tamaños.

Para comprender como ha evolucionado la historia es importante tener en cuenta que la mayoría de las materias primas que conforman estos productos, no se

## La industria alimentaria

encontraban en Europa, o se desconocían sus utilidades. Por este motivo la expansión de la sociedad europea a territorios americanos Esta estrechamente ligada a la invención del caramelo tal y como lo conocemos hoy en día.

A continuación puede verse un pequeño desglose de las materias primas más importantes que conforman estos productos.

### - Azúcar de Caña

La aparición del azúcar de caña, proveniente de Asia, modifica por completo la lista de ingredientes disponibles para la creación de dulces, marcando un hito, y probablemente el inicio de la confitería y la industria del dulce posteriormente.

Este producto (ver figura 3.2) se obtiene a partir de la caña de azúcar. El proceso de fabricación consiste en someter a la caña de azúcar a una molienda, obteniendo así un jugo con alto contenido en sacarosa, la base del azúcar. Este jugo contiene gran cantidad de impurezas por lo que es necesario clarificarlo. En un primer paso y mediante sedimentación y decantación se eliminan las impurezas sólidas de mayor tamaño. A continuación el azúcar pasa por unas finas telas metálicas, que filtran aquellas impurezas que aún estén presentes en el líquido.

En este punto se somete al jugo a un proceso de evaporación donde se consigue eliminar el 75% de la mezcla, obteniendo un jarabe con un alto contenido en Azúcar. Posteriormente se somete a la mezcla a un proceso de cristalización mediante ebullición, y a un posterior centrifugado que separa la miel, que contiene el 25% de agua aún no eliminada de los cristales de azúcar.

En tiempos en los que se descubre este ingrediente su escasez y el alto coste del proceso de refinamiento hacen de él un lujo solo alcanzable por parte de las economías más importantes, utilizándose únicamente como condimento o medicamento.



Figura 3.2: Azúcar de caña  
Fuente: ellahoy.es

### - Azúcar de Remolacha

A principios del siglo XIX, aparece las primeras producciones de azúcar de remolacha, que requieren de un proceso de refinado más económico, y presenta la ventaja de unas condiciones climatológicas para su cultivo más comunes en Europa (Ver figura 3.3). De esta forma se democratiza el precio del azúcar haciéndole asequible a todos los estratos sociales, y marcando el inicio de la industria caramelera.

En este caso el proceso para la extracción del azúcar de la remolacha es un proceso más químico. En primer lugar se corta la remolacha en tiras y pasa por un difusor que extrae el azúcar por medio de agua caliente.

A continuación se somete a la mezcla a un proceso de carbonatación, mediante una disolución de hidróxido de calcio se hace precipitar las impurezas y convierte los azúcares simples, como la glucosa y fructosa, en ácidos más estables.

El carbonato de calcio debe ser eliminado para que el producto sea apto para el consumo, lo que se consigue mediante dióxido de carbono, que burbujea en la mezcla haciendo precipitar el carbonato de calcio. A continuación se le modifica el pH y es sulfatado.

Por último el azúcar se concentra por evaporación obteniéndose un jarabe al 60% de sacarosa, que se hará cristalizar y se centrifugara formando el azúcar que conocemos.



Figura 3.3: Azúcar de remolacha  
Fuente: [www.mujeraldia.com](http://www.mujeraldia.com)

### - Goma arábica

La goma arábica (Ver figura 3.4) marca el inicio de los caramelos de goma, como se ha comentado la búsqueda de nuevas materias primas, para la innovación de la industria se topa con este aditivo que modifica por completo la naturaleza del caramelo.

La goma arábica es una sustancia que utilizan las acacias para cerrar sus heridas, evitando de esta forma la entrada de gérmenes. La forma de extracción de esta sustancia es igual a la obtención de cualquier resina, se producen cortes longitudinales en el árbol, poco profundos recogiendo el producto cuando es segregado por medio de deposición.

## La industria alimentaria

Una vez más este producto es extremadamente caro, e inasequible, por lo que la industria busca alternativas que produzcan texturas en el caramelo. Este producto proveniente de África llegó a producir la llamada Guerra de la Goma, de donde Francia salió victoriosa entorno al Siglo XVIII, monopolizando su comercialización.



Figura 3.4: Goma arábica  
Fuente: cocinista.es

La goma arábica sigue siendo un producto de lujo, muy codiciado por sectores como la cosmética o incluso utilizado para la clarificación del vino. Por este motivo en la mayoría de los casos se utilizan gelatinas o almidones para la creación de estos caramelos de goma. Haciendo así posible la adecuación de los precios a un nivel asequible.

Estos son los ingredientes básicos para la conformación de caramelos, ya sean los tradicionales caramelos duros o los omnipresentes caramelos de goma. Es evidente que en los procesos de creación de estos productos intervienen muchos más ingredientes.

Sería impensable una industria donde todas las marcas produjesen el mismo caramelo, con el mismo sabor y de formas similares, por este motivo la investigación a lo largo de los años hacen de esta industria una de las más variadas en cuanto a productos.

Para conseguir diferentes productos con gran variedad de sabores se añaden aditivos de diferente naturaleza en el proceso de formación del caramelo, son en la mayoría de los casos, sustancias que modifican o potencian los sabores o el color final del caramelo. También es común el recubrimiento del caramelo, sobre todo en el caso de la goma, con granos de azúcar o azúcares ácidos o "*pica pica*", que se consiguen con la adición al azúcar de ácidos málicos provenientes de la fruta.

Es común también el uso de aditivos con propiedades medicinales, para la creación de caramelos destinados a la mitigación de irritaciones de garganta, en estos casos las mezclas deben ser controladas y especificadas ya que algunos casos pueden provocar efectos adversos.

Cada vez más y para satisfacer la demanda de aquellas personas que por problemas de salud o simplemente por su tipo de nutrición no puede tomar azúcar, se elaboran caramelos sin azúcar. Es complicado como se verá más adelante en el proceso de fabricación del caramelo, conformar caramelos de goma sin azúcares, por lo que lo más frecuente es encontrar este tipo de caramelos en formato duro.

## La industria alimentaria

Los caramelos sin azúcar sustituyen los azúcares simples o monosacáridos, disacáridos, como la sacarosa, maltosa o lactosa. Estos disacáridos aportan el sabor dulce a los caramelos sin necesidad de utilizar azúcares simples, de esta forma todas aquellas personas que no puedan tomar este tipo de azúcares pueden disfrutar de estos dulces.

La conformación de caramelos con estos disacáridos es compleja, no responden igual que los azúcares tradicionales, por lo que requieren de mayores inversiones para adquirir la maquinaria necesaria para su producción.

El mayor problema que presentan estos elementos es que se encuentran en estado líquido, y como se verá más adelante la base para la creación de un caramelo estable es la eliminación de la humedad, por lo que la maquinaria necesaria para la creación del jarabe que se convierta en caramelo es más compleja.

A diferencia de lo que se cree estos caramelos sin azúcar son completamente saludables, si bien estos compuestos pueden llegar a producir por ejemplo diarreas agudas, la ingesta debería ser increíblemente grande para notar los efectos.

Es cierto que el abuso de azúcar en las dietas es un peligro para la salud, y en la actualidad se ha convertido en un problema grave, por eso este tipo de caramelos están teniendo un gran auge en los últimos años, pero el consumo de azúcar de forma responsable tiene también una gran cantidad de ventajas. Los azúcares en la dieta diaria no deben suponer más de un 10-15 % de las calorías totales ingeridas. Sin embargo un consumo mayor a este no solo conlleva el riesgo de balance energético positivo, produciendo aumentos de peso, si no que van más allá. Algunos de estos inconvenientes se pueden ver reflejados a continuación.

- Aumento del riesgo de carencia de vitamina del complejo B.

El metabolismo utiliza vitaminas del complejo B para metabolizar los hidratos en general. Un consumo masivo de azúcares puede llegar a provocar la carencia de vitaminas B1, B2 y B5.

- Incrementa los triglicéridos en sangre.

Un aporte grande de azúcares y grasas puede favorecer la síntesis y acumulación de triglicéridos, lo que se traduce en un mayor riesgo cardiovascular.

- Caries dentales

Es sabido que el azúcar es el sustento básico de las bacterias que producen las caries, por lo que un consumo alto puede llegar a producir enfermedades dentales.

Pero no todo del azúcar son inconvenientes, como se ha mencionado el azúcar es usado en su descubrimiento como herramienta medicinal, ya que calma los dolores bucales, además el azúcar potencia el sabor de nuestras comidas y bebidas, ayuda a la recuperación del cansancio, es una gran fuente de carbohidratos, regulariza el sistema nervioso, ayudando a la segregación de endorfinas e incluso es bueno para conciliar el sueño. Por estos motivos el azúcar ha de estar presente en todas nuestras dietas, pero siempre con un consumo responsable.

### 3.3. La producción del caramelo y su envasado

La producción del caramelo ha evolucionado hasta convertirse en un proceso complejo, con la intervención de máquinas complejas, en muchos de los casos automatizadas. Los procesos han sido definidos para eliminar la variabilidad en los sabores evolucionando desde el arte confitero y caramelero hasta una industria completamente definida y con un gran peso en la economía mundial.

Una de las complejidades más difíciles de salvar es la higiene de las plantas productivas, no se debe olvidar que se está hablando de un producto alimentario, con el que hay que ser extremadamente meticuloso para evitar crear problemas a los posibles consumidores.

Si bien, es cierto que el azúcar tiene una ventaja frente al resto de la industria alimentaria, ya que es tremendamente agresivo, y es prácticamente imposible que por ejemplo una bacteria sobreviva en sus entornos.

A continuación se intenta dar unas nociones de las pautas que se siguen para la conformación de caramelos, tanto en su forma dura, como en goma, además de cómo se lleva a cabo la envoltura y el envasado de estos productos, tema en el que se centrará el diseño del producto para la escuela Lean.

#### 3.3.1 Proceso de creación de caramelo

A continuación se describe el proceso de fabricación del caramelo duro, la definición de este proceso utiliza datos estándar, por motivos de confidencialidad se han obviado datos precisos del proceso productivo utilizado para la creación evitando así la aportación de datos que pudieran interferir con los intereses de la empresa.

Para la correcta comprensión del método se va a proceder a su explicación por fases, intentando simplificar la comprensión del método. Es importante destacar que el proceso para la creación de caramelo duro con y sin azúcar, y la goma no es el mismo, por lo que a continuación se verán tres procesos diferentes definidos.

##### 3.3.1.1 Fabricación de Caramelo Duro con azúcar

###### - FASE 1

En primer lugar y tras la recepción de las materias primas, se procede a crear la mezcla del caramelo base a partir de Sacarosa (Sacarosa), agua y jarabe de glucosa, creando un jarabe líquido que se convertirá en el caramelo.

Esta mezcla es el jarabe con el que empiezan el proceso de fabricación de todos y cada uno de los caramelos, independientemente de su sabor.

Es muy importante que esta mezcla se lleve a cabo en los porcentajes adecuados ya que una alta concentración de Sacarosa producirá altos contenidos de Dextrosa que modificaría el sabor del caramelo en el producto final, y un alto nivel de agua requerirá un alto gasto de energía para la evaporación posterior, ya el producto final como se verá a continuación debe tener un bajo nivel de humedad. Por el contrario niveles bajos de agua provocarán una cristalización temprana del caramelo, haciéndolo inservible o incluso mezclas no homogéneas de los elementos mencionados.

## La industria alimentaria

En la siguiente figura pueden verse las concentraciones más habituales la fórmula del caramelo:

Sacarosa (Azúcar común)	54%
Jarabe de glucosa	19%
Agua	27%

Al contenido de humedad del agua, evidentemente del 100%, se debe sumar el contenido de agua del jarabe de glucosa, lo que proporciona valores cercanos al 35% en la fórmula final, que deberá ser eliminado antes de conformar el caramelo final

Lo más habitual es que los caramelos duros o macizos una vez conformados contengan niveles de entre el 1% y el 3% de humedad, por este motivo esta fase es un paso crítico que marca por completo la calidad del caramelo.

La mezcla de estos elementos proporciona el jarabe base, y es evidente la necesidad de agua para la mezcla de los elementos, pero en la actualidad existe tecnología muy avanzada, capaz de mezclar los elementos reduciendo al mínimo la necesidad de agua, con el consiguiente ahorro de energía, ya que desaparece la necesidad de eliminar esta humedad.

### - FASE 2

Una vez se han mezclado los elementos se procede a la cocción de la mezcla, este paso además de eliminar una cantidad importante de humedad de la mezcla, ayuda a que los elementos se mezclen de forma homogénea.

La mezcla permanecerá en esta etapa alcanzado valores de entre 135°C y 160°C hasta que la cantidad de agua sea lo suficientemente baja para continuar en el proceso.

En este punto es habitual la adicción al proceso de caramelo reprocessado, es decir restos de producciones anteriores que por cualquier motivo no son útiles para envasado y venta. Es importante destacar que no es posible añadir cantidades grandes de caramelo, ya que esto modifica el sabor, llegando incluso a producirse aromas de caramelo quemado haciendo inservible la mezcla.

Una vez la mezcla ha perdido la mayor parte de su concentración de agua, está lista para pasar a la siguiente fase.

### - FASE 3

En este punto la mezcla tiene un bajo contenido en agua, pero aún lo es lo suficientemente bajo como para continuar con la producción. Como se ha dicho la humedad del caramelo debe ser cercana al 1%, esto se consigue a través de una serie de bombas de vacío que eliminan la humedad hasta conseguir los valores necesarios para continuar con el proceso.

### - FASE 4

En este punto se añaden los aditivos necesarios al caramelo para que tome diferentes sabores. Es imprescindible que la adicción de los colorantes o aromas se haga en este punto y no antes, ya que su incorporación al proceso en etapas anteriores haría la composición química de la mezcla inestable. Esto es debido a que la sacarosa y fructosa, componentes básicos de la mezcla, romperían sus enlaces, modificando la

naturaleza del jarabe, lo que produce incluso sabores amargos, o modificación de temperaturas de solidificación.

### - FASE 5

En este punto la mezcla está preparada para el consumo, pero aún no tiene la forma ni consistencia adecuada para la comercialización. Por este motivo esta mezcla, que se encuentra a altas temperaturas, se deposita sobre una cinta de enfriamiento.

Este paso es fundamental para que el caramelo adquiera la forma y textura adecuada. La masa en forma viscosa se deposita sobre una cinta metálica en movimiento de una longitud finita. La deposición de la mezcla, que se encuentra en forma viscosa debe hacerse a una temperatura adecuada, para que cristalice de forma correcta, adquiriendo ese aspecto vítreo tan característico.

La deposición de esta mezcla debe hacerse de forma uniforme creando una capa de caramelo sobre la cinta, consiguiendo así la cristalización correcta. Si la masa está a demasiada temperatura no tendrá tiempo para enfriarse en la cinta, y llegara en estado viscoso a la siguiente fase, por el contrario si se encuentra demasiado fría el proceso de cristalización habrá comenzado y será imposible crear una capa uniforme.

Por este motivo esta fase es una de las más complejas del proceso, la masa debe enfriarse de manera uniforme, en recorridos normalmente cortos, pero si alcanza temperaturas demasiado bajas, después será imposible manejarla para crear los caramelos.

Existen infinidad de técnicas para el enfriamiento, y cada industria suele utilizar modificaciones propias, por este motivo es difícil encontrar información fidedigna del proceso. Independientemente de la técnica utilizada, la masa mientras se enfría en la cinta se va enrollando hasta conseguir un cordón de caramelo, que está listo para la conformación del caramelo final.

### - FASE 6

En esta última fase el cordón de caramelo se introduce en una bastoneadora (Ver figura 3.5). Que manipula el caramelo, haciendo que adquiera las características óptimas en temperatura y viscosidad para el posterior troquelado que define la forma final del caramelo.



Figura 3.5: Bastoneadora de caramelo  
Fuente: delani.biz

## La industria alimentaria

A pesar del tratamiento de la bastoneadora, el cordón no es lo suficientemente uniforme como para proceder al troquelado, por este motivo se introduce a una calibradora que modificará el diámetro del cordón hasta contar con el diámetro óptimo para su troquelado.

Los troqueles son metálicos y cuentan con la forma final del caramelo, que ha sido diseñada previamente. Si la ejecución y diseño del troquel es la adecuada los elementos producidos serán iguales. Como se verá más adelante en el caso de las gomas, la conformación del producto final no es tan precisa.

Por último el cordón pasa por una estructura cilíndrica que actúa varias veces por segundo ejerciendo presión sobre el cordón y conformando el caramelo final. Es evidente que la temperatura del caramelo una vez más debe ser la correcta, si está demasiado caliente, la troqueladora no conseguirá conformar el caramelo, debido a la viscosidad de la mezcla, y si por el contrario es demasiado fría, la cristalización estará muy avanzada, convirtiendo en migas el caramelo.

### - FASE 7

En esta última etapa el caramelo ya conformado, con el aspecto al que le llegara al cliente, pasa por un túnel de enfriamiento, donde terminara de enfriarse y quedará listo para la envoltura y posterior envasado.

La incorrecta ejecución de estas fases, provoca la conformación de un caramelo bueno en aspecto pero que no tiene las características óptimas para su posterior envoltura y envasado.

Los problemas son innumerables pero a continuación pueden verse descritos algunos de ellos.

### - Caramelo agrietado

Los caramelos que has sido troquelados a temperaturas incorrectas, o que no han enfriado de forma correcta aparecen con pequeñas grietas. El caramelo es perfectamente consumible, pero cuando se pasa a envolver puede llegar a romperse en pedazos, obstruyendo la maquinaria de envoltura. Es probable también que el caramelo llegue a romperse durante sus transportes y llegue al consumidor de forma incorrecta.

### - Caramelo deformado o roto

Una vez más el transporte o el incorrecto troquelado produce caramelos deformados o caramelos que les faltan pequeñas partes debido a su fragilidad. Esto supone nuevamente un problema en la envoltura, además de una pérdida económica, ya que como se comentó no es posible reprocesar todo el caramelo que no se produzca en condiciones óptimas.

### - Caramelo con alta concentración de agua

Como ya se ha explicado el caramelo duro debe tener una concentración de agua de valores próximos al 1%, valores superiores proporcionan un caramelo pegajoso, que se quedara pegado en las cintas de transporte y que dificulta la tarea de envoltura. También influye la temperatura ambiente, difícilmente controlable en fábricas de este tipo, debido a la presencia de grandes calderas.

## La industria alimentaria

En la figura 3.6 puede verse un diagrama que simplifica este proceso, haciendo aún más claro el sistema que se sigue para la fabricación de estos productos.

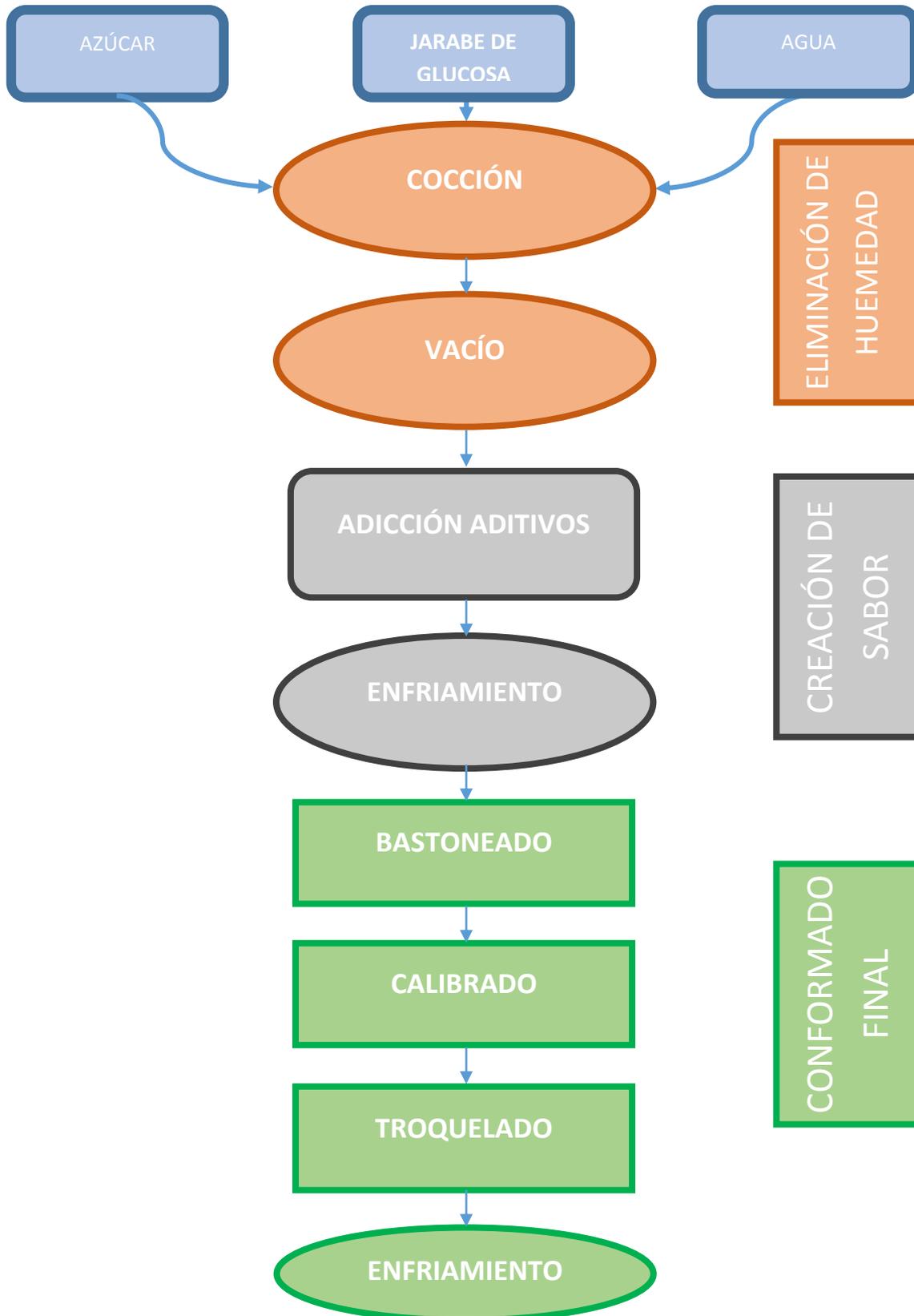


Figura 3.6: Proceso creación de caramelo duro con azúcar

### 3.3.1.2 Fabricación de Caramelo Duro sin azúcar

Los principios de la fabricación del caramelo duro sin azúcar son los mismos que el que se fabrica con azúcar, pero en este caso las materias primas son totalmente diferentes y aunque el proceso sea el mismo, su ejecución varía.

En este caso no es posible incluir azúcar a la mezcla inicial, por lo que se han buscado diferentes alternativas, para conseguir el dulzor deseado sin necesidad de utilizar este elemento.

Este proceso no cuenta con ninguna materia prima común al proceso anterior, en vez de jarabe de glucosa, los elementos que se añaden son disacáridos en sustitución del azúcar y jarabe con gran cantidad de sacarosa, (75% Brix\*).

En el caso del jarabe, que contenga un 75% de Brix, quiere decir que la humedad puede alcanzar valores del 25%. Si a esto le añadimos que la característica principal de los disacáridos es que se presentan en forma líquida, supone que la mezcla final tendrá una concentración de agua muy elevada, y no será necesario añadir más a la mezcla.

Es importante destacar que en este tipo de productos la mezcla del jarabe de sacarosa debe realizarse antes de añadir los disacáridos. Esto es debido a que durante la mezcla se producen pequeños cristales que deben ser eliminados. Para ello es necesario disponer de tanques adicionales donde la pre-mezcla reposa antes de ser añadido el disacárido.

Una de las ventajas que presenta la fabricación de productos de este tipo, es que los aditivos pueden ser añadidos en cualquier momento, pudiendo ayudar a disminuir la concentración de agua en la mezcla inicial.

Es muy importante también destacar que por normas sanitarias es imprescindible realizar limpiezas a fondo de la maquinaria cuando se cambia de caramelos con azúcar a sin, ya que es importante que estos últimos no contengan ningún tipo de taza de azúcares. Si bien en el caso opuesto esta tarea es importante, pero no es necesario realizar tareas minuciosas, en la limpieza.

Estas tareas de limpieza son también imprescindibles en la maquinaria encargada de la envoltura y el envasado, por este motivo aparece uno de los factores más importantes para la implantación de las técnicas Lean mencionadas durante el desarrollo.

La aplicación del SMED en este punto, conseguirá reducir los tiempos de cambio incluidas las limpiezas, en muchos casos cercanos a un turno de trabajo, permitiendo el cambio de producto de forma habitual.

Los problemas que aparecen a la hora de producir este caramelo, son los mismos que los mencionados en el caso anterior, aunque en este caso los niveles de humedad aceptables en el producto final son mayores, cercanos al 5%

En la figura 3.7 puede verse el diagrama de la producción de caramelo duro con azúcar modificado, adaptándole a los productos sin azúcar, plasmando de forma gráfica las diferencias entre los dos procesos.

*\*Brix: "Los grados Brix sirven para determinar el cociente total de sacarosa o sal disuelta en un líquido"*

## La industria alimentaria

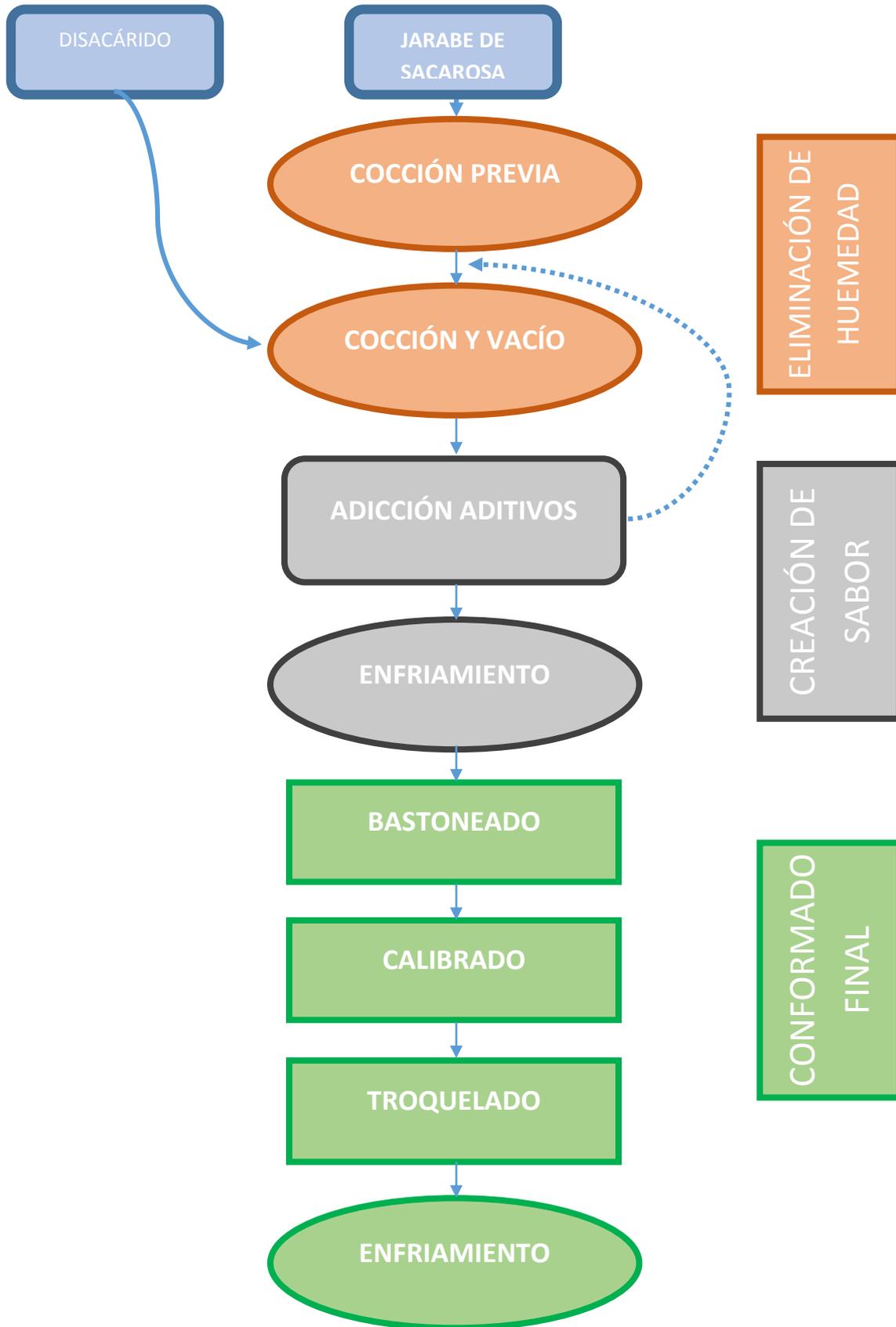


Figura 3.7: Proceso creación de caramelo duro sin azúcar

### 3.3.1.3 Envoltura de caramelo duro

Raro es el caso en el que este tipo de caramelos se venden sin una envoltura exterior, que proteja las características del producto. En gran parte a que los caramelos macizos tienden a pegarse entre ellos formando una masa sólida imposible de consumir.

Por este motivo, y por las evidentes razones higiénicas, lo normal es envolver de forma individual, este tipo de caramelos para su posterior envasado en envases más grandes, que faciliten su transporte y su venta.

Una vez los caramelos están conformados, y a temperatura ambiente, tras pasar por el túnel de enfriamiento, se suelen almacenar en grandes contenedores, que facilitan su almacenamiento para el posterior transporte hasta las zonas de envoltura. Esto supone un problema, ya que la estancia en estos contenedores puede llegar a dañar el caramelo, rompiéndolo o incluso creando grandes bloques de caramelo que se pegan entre ellos. Por este motivo el almacenaje de estos caramelos debe de hacerse en ambientes controlados, y durante periodos de tiempo cortos.

Es evidente que con esta operación se está incurriendo en varios de los 7 desperdicios propuestos por Lean. En primer lugar el caramelo se vuelca en contenedores para volver a vaciarlos en las zonas de envoltura, además de necesitar de un almacén especializado, con sus medios de manutención, con la consiguiente inversión económica.

Esta etapa es posible realizarla también en continuo, es decir en el mismo instante en el que el caramelo sale del túnel de enfriamiento, por medio de unas cintas transportadoras se lleva hasta las máquinas encargadas de realizar esta tarea. Este caso será el elegido para la simulación del proceso de envasado, que es posterior a este, que se podrá ver más adelante.

El proceso de envoltura se realiza por máquinas complejas, precisas y que requieren de ajustes complejos, pero el principio de su funcionamiento es sencillo. En primer lugar se cuenta con una gran bobina de papel, de donde se obtendrá el papel para la envoltura. En la mayoría de los casos son de plástico, aunque es común el uso de papeles con parafina que evita que el caramelo se pegue a la envoltura.

Estas bobinas se colocan junto a la máquina, en estructuras tubulares que facilitan el abastecimiento de papel. La máquina cuenta además con un plato circular, con hendiduras en sus extremos donde se deposita el caramelo. Estas hendiduras tienen la forma exacta del caramelo a envolver, por lo que realizando giros sobre cúmulos de caramelo consigue colocarlos siempre de la misma forma.

Una vez que el caramelo está correctamente situado en el plato, una pinza lo coge y lo coloca en una pequeña porción de papel de la bobina previamente cortado, realiza un doblez abrazando el caramelo con este papel y mediante otras dos pinzas realiza el rizado, lo que aporta al caramelo el aspecto final. En la figura 3.8 puede verse una representación del proceso

## La industria alimentaria

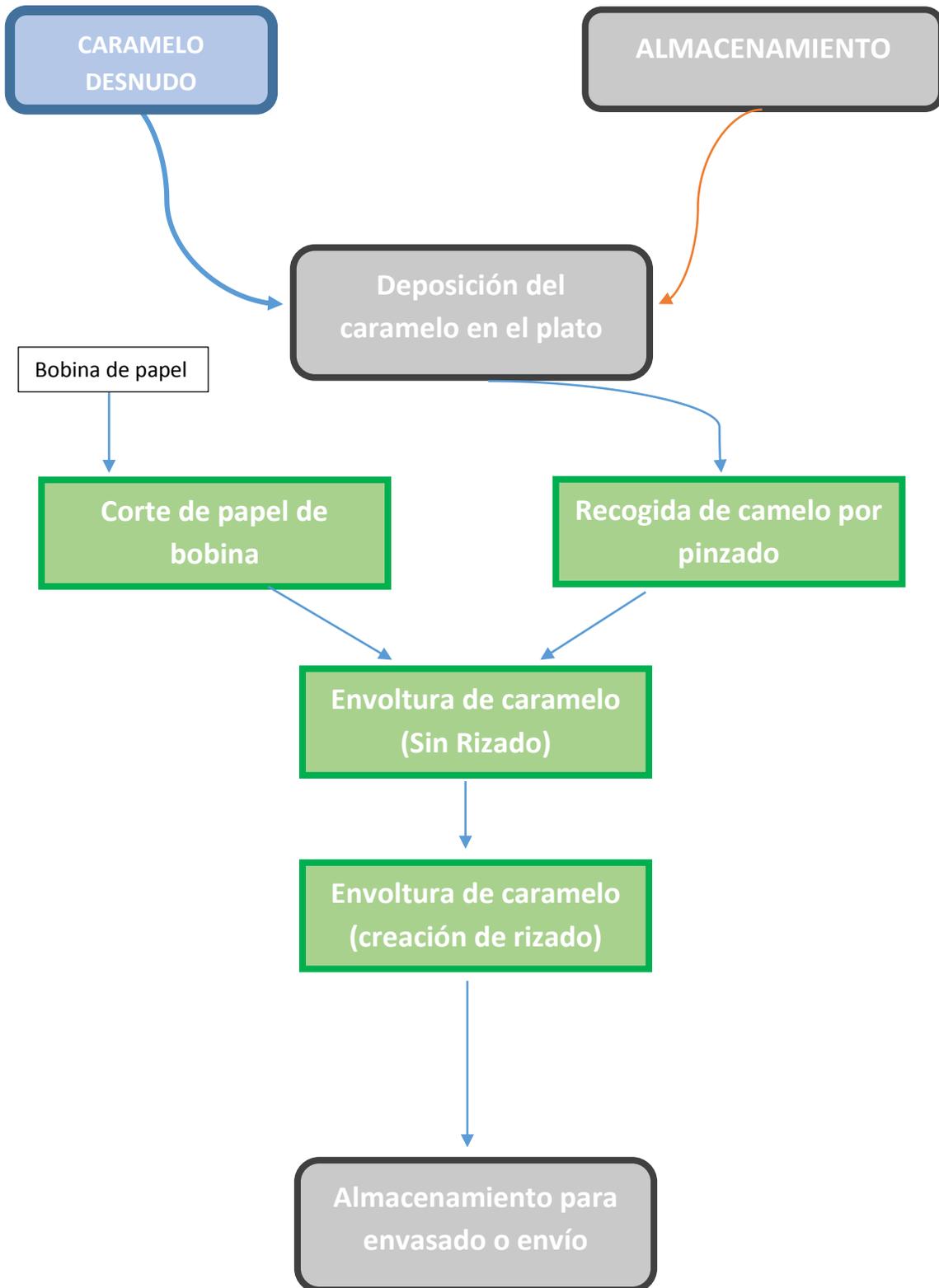


Figura 3.8: Envoltura de caramelo

### 3.2.3 Fabricación de Caramelo Goma

A continuación se puede ver desglosado una vez más por fases el proceso que se lleva a cabo para la realización de caramelos de goma (ver figura 3.10). Este proceso es similar a las comentadas hasta el momento, aunque incluye una serie de pasos, que le convierten en un proceso algo más complejo logísticamente, como se analizará en el punto del presente documento destinado al diseño del producto para la escuela Lean.

#### - FASE 1

En esta primera etapa al igual que en los casos anteriores se mezclan los productos necesarios para la conformación del caramelo base, que será común a todos los caramelos de este tipo.

En este caso las materias primas a mezclar son agua, azúcar, jarabe de glucosa y un cuarto elemento no utilizado hasta ahora el gelificante.

Para conseguir la textura gomosa del caramelo se añaden sustancias gelificantes de diferentes tipos dependiendo de la textura que se desee en el resultado final. Dos de las sustancias más utilizadas en la industria del caramelo son:

#### - Gelatinas

La gelatina es una mezcla semisólida a temperatura ambiente, incolora, translúcida quebradiza e insípida que consigue aportar esa textura gomosa a los caramelos. Se consigue a partir del colágeno procedente del tejido conectivo de animales hervido en agua. También existen gelatinas vegetales conseguidas a partir de algas marinas, llamadas agar-agar, aunque es rara su utilización en este tipo de industria.

#### - Pectinas

La pectina al igual que las gelatinas consigue aportar la textura gomosa a los caramelos. Es una fibra natural, que se encuentra en las paredes celulares de las plantas y alcanza una gran concentración en las pieles de las frutas. Es muy soluble en agua y se une con el azúcar de forma natural creando geles.

En este caso y a diferencia de los anteriores, no es tan importante el control de la humedad de las mezclas, ya que para la conformación de este tipo de caramelo es imprescindible una concentración de humedad en la mezcla superior al 5%, llegando a alcanzar valores del 20%.

#### - FASE 2

En esta segunda fase se añaden los aromas y colores a la mezcla y entra un concepto nuevo, el batido de la mezcla. En el caso del caramelo duro no es necesario realizar un batido, pero en este caso para conseguir texturas ligeras y apariencias en el producto final voluminosas es imprescindible batir las mezclas.

Este punto es clave en la conformación de este tipo de caramelo, ya que un batido excesivo puede destrozar la gelificación de la mezcla, echando a perder el producto, y un batido menor del requerido provocaría deformaciones en la forma del producto final.

## La industria alimentaria

Esta etapa está muy relacionada también con los niveles de humedad, ya que dependiendo de la humedad del producto será necesario un tiempo de batido diferente, dependiendo del resultado final deseado.

### - FASE 3

En esta tercera fase se lleva a cabo la cocción de la mezcla, hasta conseguir las humedades y texturas deseadas, y a continuación pasan a bombas de vacío si fuera necesario. En este caso el caramelo no será depositado sobre cinta alguna, una vez que la mezcla esté en condiciones óptimas pasará a unos tanques de dosificación donde se continua con el proceso.

### - FASE 4

En esta fase la mezcla, aún caliente, se deposita desde los tanques de dosificación sobre moldes con la forma del caramelo final. Estos moldes contienen almidón en polvo, donde se ha conformado por presión las formas en negativo de los caramelos, como puede verse en la figura 3.9.



Figura 3.9: Tableros proceso caramero de goma  
Fuente: homefoodfactory.wordpress.com

La creación de estos moldes es una tarea compleja, y que define por completo la eficiencia de líneas de este tipo. En primer lugar y en una fase previa se diseñan las formas de las gominolas que se desean comercializar, a continuación se realiza una figura de muestra, normalmente en silicona, del producto final.

Esta figura servirá como modelo para la creación de réplicas en escayola, que se fijan a un bastidor. Este bastidor ejerce presión sobre los tableros de almidón conformado los espacios para la mezcla, con el aspecto del producto final.

La cantidad de piezas que se pueden incluir en un tablero depende en gran parte de la forma de la pieza, pero también en gran medida del diseño del bastidor. Este número no puede ser demasiado grande, ya que un gran número de piezas en un tablero hace que las paredes de cada pieza sean demasiado finas, pudiendo llegar a provocar el derrumbe del almidón, y la pérdida de los caramelos, ya que no se debe olvidar que en este punto la mezcla creada aún está en estado líquido.

### - FASE 5

Una vez los tableros contienen la mezcla, se procede al estufado del producto. En este punto se produce la gelificación. Es un proceso complejo que requiere de una temperatura y humedad muy controlada en todo momento. Ya dependiendo del gelificante utilizado y el batido de la mezcla el proceso requiere de unos parámetros específicos.

Si estos parámetros no son controlados en todo momento el proceso se rompe, gelificando de forma no uniforme y provocando que las piezas se deformen o se peguen entre ellas en fases posteriores. Para el correcto control de este punto se utilizan salas aisladas donde se cuenta con grandes equipos de climatización donde es posible el control de los parámetros. En este tipo de industria el control de temperaturas es complejo, ya que se cuenta con zonas de altas temperaturas donde se encuentran los cocedores, que calientan todo el recinto.

### - FASE 6

Una vez ha terminado la etapa de estufado, las piezas son coladas, es decir se elimina el almidón de los moldes obteniendo la pieza final. En este punto el caramelo aún esta pegajoso, por lo que se aprovecha para aplicarle un recubrimiento.

Dentro de este tipo de caramelo existen tres subcategorías, las gomas con recubrimiento de azúcar, las gomas con recubrimiento de grano, y las que no tienen recubrimiento, las gomas de brillo. Estos acabados se consiguen metiendo las piezas en unos grandes bombos que contienen los materiales del recubrimiento. Estos bombos giran haciendo que el material se adhiera a la parte externa de las piezas, consiguiendo el acabado deseado.

### - FASE 7

Posteriormente es necesario depositar los caramelos en pequeñas cubetas, y dejarles reposar durante un periodo determinado, que varía dependiendo de la naturaleza del caramelo, de esta forma los caramelos adquiere la consistencia necesaria para su envasado y posterior venta.

Es complicado establecer tiempos exactos para esta etapa, ya que una vez más depende en gran medida de temperatura y humedad, sufriendo grandes variaciones en su naturaleza, a pequeños cambios en los parámetros.

Durante esta etapa, se consolida entre otros muchos factores la dureza y pegajosidad de las piezas. Esto no supone un problema para el consumo, pero sí que lo es para el envasado.

Periodos de tiempo cortos provocan que las gomas estén demasiado pegajosas, formando grandes cúmulos de producto que atascan las envasadoras. Además este producto se adhiere a las paredes de los elementos que lo transportan, suponiendo grandes pérdidas de eficiencia. Por el contrario largos periodos de tiempo en reposo hacen que las gomas estén demasiado duras evitando que se desplacen por la maquinaria de envasado como se verá más adelante. Es por eso que la aplicación de técnicas Lean para el control y la estandarización de estos procesos se hacen imprescindibles.

## La industria alimentaria

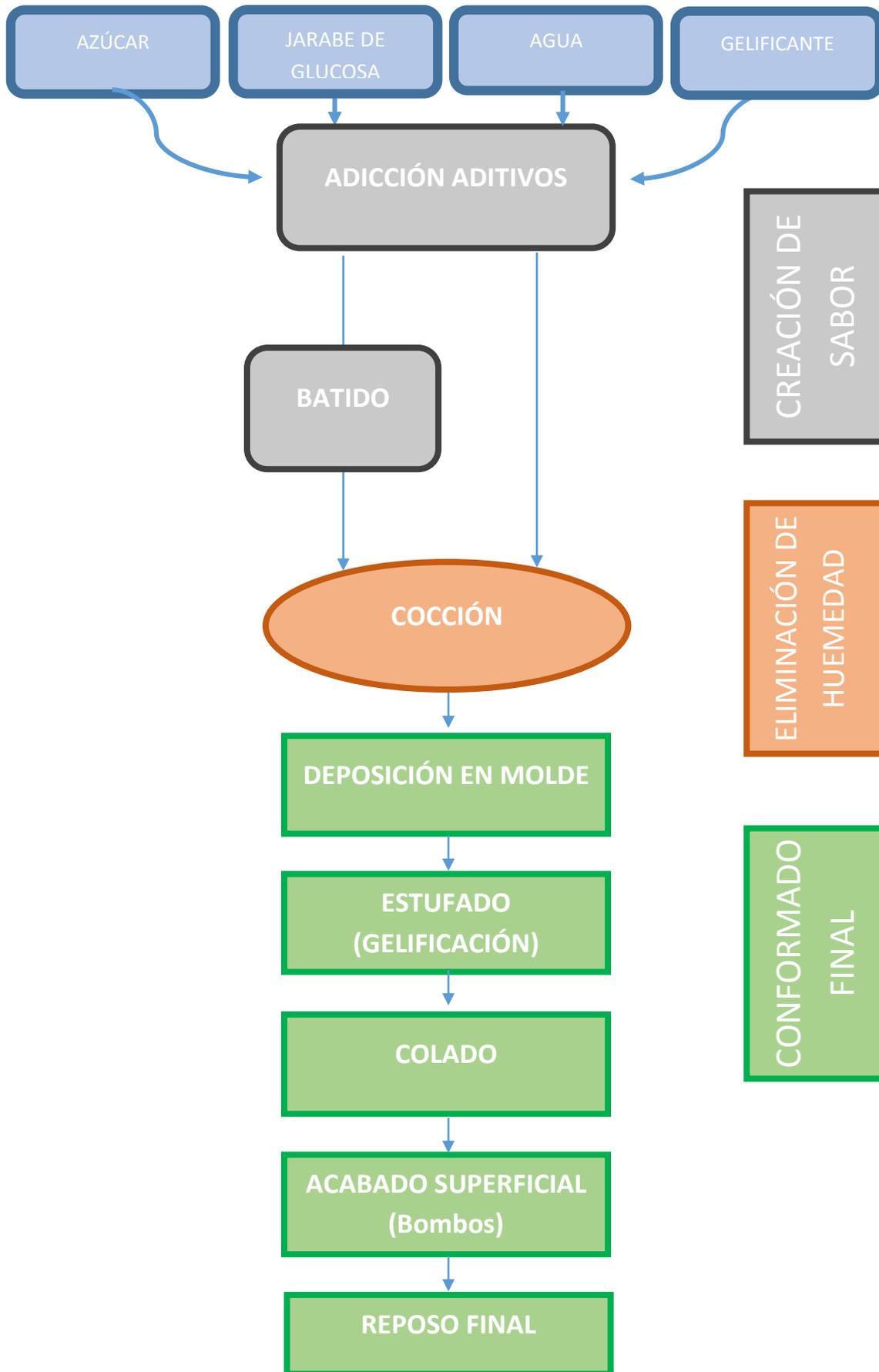


Figura 3.10: Proceso de creación de caramelos de goma

### 3.2.4 Envasado de producto

A continuación se puede ver desglosado, una vez más en fases, para facilitar la comprensión del proceso. En este caso y a pesar de ser a priori una tarea menos técnica se pretende realizar un análisis del proceso, detectando puntos donde la filosofía Lean pueda contribuir a su optimización, facilitando la adaptación al producto que se desarrollara para la escuela.

Únicamente se hablara del proceso en sí, sin entrar a las mejoras o problemas que suponen cada una de las operaciones. Esta parte es correspondiente a la fase de diseño de producto de la escuela, ya que se debe tener en cuenta que estos procesos son los más automatizados de la industria debido a la repetitividad de las operaciones, lo que puede modificar las decisiones a tomar.

#### - Fase 1:

La materia prima de este tipo de líneas es el caramelo, bien sea duro o de goma. A diferencia de lo que los planteamientos Lean proponen, lo habitual es no trabajar en continuo. Los caramelos se almacenan en contenedores tras su envoltura o producción, y cuando la cantidad es suficiente se transporta a las líneas donde se procese al envasado.

En este punto se rompe con uno de los principios de Lean, además de estar trabajando por lotes, lo que resta flexibilidad, se está acumulando gran cantidad de producto, con los riesgos y desembolso económico que esto conlleva. Al inicio del siguiente apartado se analizará con detalle esta situación, analizando sus causas, y como la filosofía Lean aporta soluciones.

Una vez que el caramelo, se encuentra en la línea se vuelca sobre una gran bañera que acumula producto para su envasado. En el caso de la industria actual esta labor se realiza de forma automática, los contenedores de aproximadamente 250 kg, se colocan sobre brazos hidráulicos que vuelcan el producto.

#### - Fase 2:

En esta segunda fase el producto se mueve mediante cintas transportadoras desde la bañera a la zona de pesado, donde se conforman grupos de caramelos que constituyan el peso necesario para llenar una bolsa.

Antiguamente esta tarea se realizaba mediante el contado de piezas, y estimando el peso por bolsa, es decir calculando cuantos caramelos son necesarios para llenar una bolsa, en la actualidad esta tarea se lleva a cabo por complejas máquina automáticas, mediante vibración, depositan producto en unos canjilones. A continuación seleccionan mediante suma los canjilones que deben abrir para conformar la bolsa con el peso correcto. Estos se abren conformando un lote de peso correcto.

Esto brinda la oportunidad de conformar bolsas de productos independientemente del tamaño del caramelo, incluso surtidos, ya que no es necesario saber el número de piezas por bolsa.

## La industria alimentaria

### - Fase 3:

En esta fase el producto se envasa, introduciéndolo en una bolsa y añadiendo los datos necesarios para su consumo, como fechas de caducidad, lotes o etiquetas identificativas.

La tecnología actual para la realización de este tipo de tareas, se basa en una bobina de papel, en la mayoría de los casos ya impresa, que suelda longitudinalmente y en sus extremos conformando una bolsa estanca. Para ello, crea una soldadura continua longitudinal, conformando un cilindro abierto por los dos extremos. A continuación suelda la parte inferior de la bolsa, deja caer el producto en el interior, y suelda y corta la parte superior conformando el producto final.

### - Fase 4:

En este punto se debe realizar por ley un control de seguridad. Controlando que la bolsa no contenga ningún tipo de elemento metálico, y que coincida en peso con lo anunciado para la venta, ajustándose a los estándares de error que fija una vez la ley.

Para ello el producto primero pasa por un arco, donde se le induce a un campo magnético, para comprobar la ausencia de metal. En el supuesto de que la bolsa diese positivo mediante un actuador hidráulico se expulsaría del proceso. Esta bolsa debe ser analizada y estudiado el punto donde se produjo la anomalía.

Es obligatorio por ley, realizar un control periódico, cada dos horas, cada cambio de producto y cada cambio de turno para comprobar que el sistema de detección funciona. Para ello se preparan bolsas con testigos metálicos en su interior y se hacen pasar por el detector comprobando así su funcionamiento.

En cuanto a los controles de peso, una vez la bolsa ha pasado el detector de metales, se pesa, y si su peso no es correcto, tanto por encima como por debajo del ofertado, la bolsa es expulsada automáticamente del flujo. Este producto debe abrirse y volcarse de nuevo en la bañera para su reprocesado.

### - Fase 5:

El producto está ya listo para su venta, pero para facilitar su transporte, se introduce en cajas de cartón. La caja es llega al proceso como una lámina plana pre-doblada, una maquina se encarga de realizar los doblados necesarios, y precintar la parte inferior, conformando así el embalaje.

Una vez la caja esta lista el producto se mete en ella y se comprueba de nuevo el peso, verificando que el número de bolsas que hay en la caja es el adecuado.

Esta tarea se realiza mediante brazos robóticos que por succión cogen las bolsas y las introducen en la caja, la perdida de succión puede suponer que alguna caja vaya con un número de bolsas erróneo, por lo que la tarea de pesado es importante.

### -Fase 6:

Por último caja se precinta por su parte superior, y se paletiza, quedando preparada así para su expedición. Esta tarea en la actualidad se realiza mediante precintadoras automáticas y brazos robóticos para el paletizado.

## La industria alimentaria

Estas líneas son características de cualquier línea de envasado, no solo para caramelos, si no que la disposición es la misma para cualquier producto. En la figura 3.11, 3.12 y 3.13 pueden verse una representación de una línea de este tipo, donde se desglosa cada una de las partes mencionadas anteriormente. En este no se distinguen ni la tecnología para el paletizado, ni la bañera, que suelen ser específicos para cada aplicación. En las imágenes posteriores se observan máquinas de este tipo.



Figura 3.11: Línea de envasado



Figura 3.12: Máquina destinada al conformado de cajas de cartón  
Fuente: construnario.com



Figura 3.13: Brazo robótico paletizador  
Fuente: logismarket.es

Por último puede verse en la figura 3.14 un diagrama de flujo que define el proceso y que servirá como base para su adaptación a la escuela Lean.

## La industria alimentaria

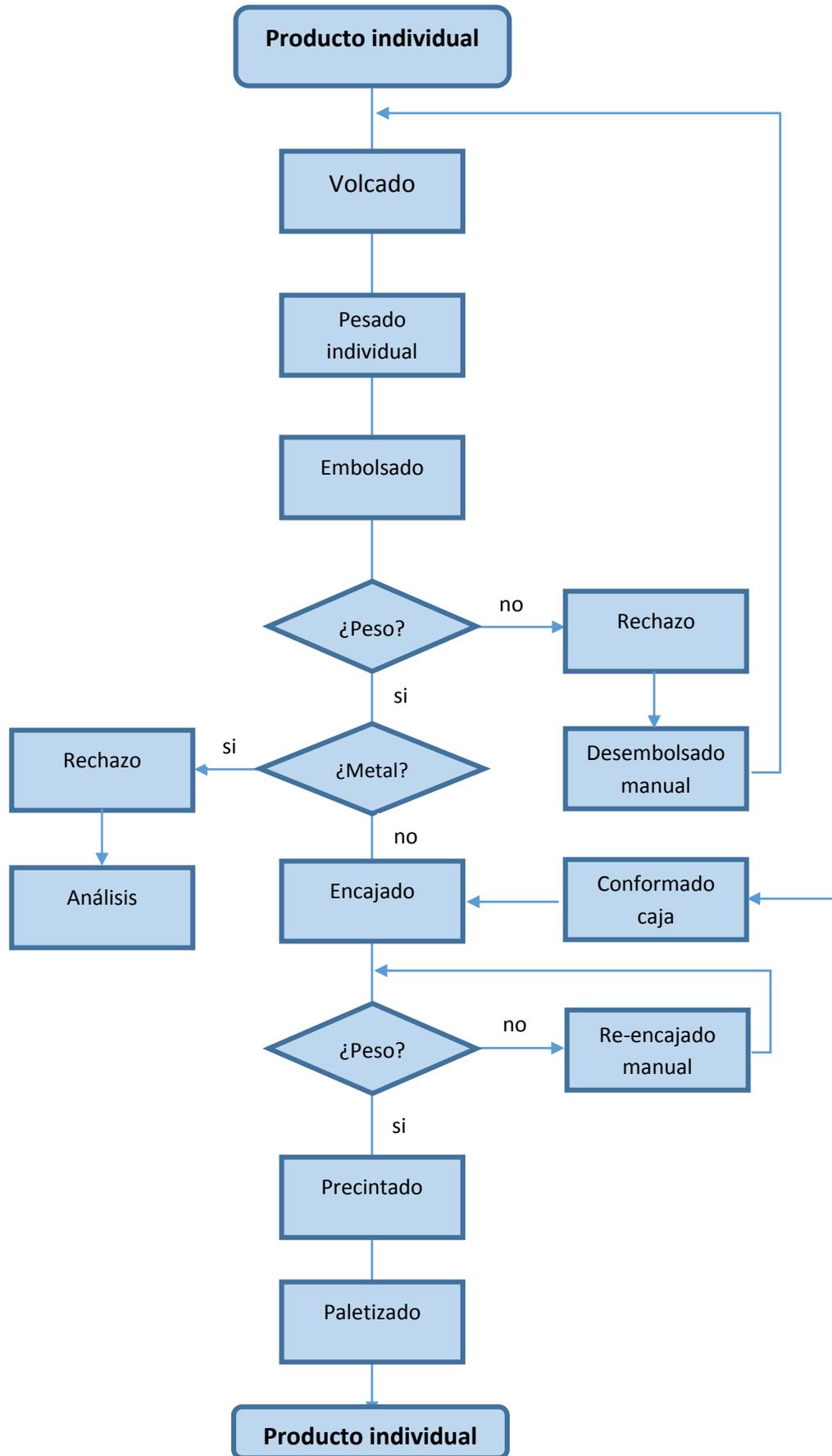


Figura 3.14: Proceso de envasado

## 4. Diseño y desarrollo del producto para la escuela Lean

A continuación, se analizan porque se ha escogido este tipo de producto, para su trabajo en la escuela Lean, sus peculiaridades, y como la simulación del envasado de productos, con sus restricciones, ayuda a comprender perfectamente el funcionamiento de este tipo de sistemas. Antes de continuar se debe entender qué y para que se creó la escuela Lean, cuáles son sus características y su funcionamiento.

### 4.1 La escuela Lean, Renault Consulting

La escuela Lean es un proyecto creado por la conocida empresa Renault Consulting. Esta empresa ha decidido compartir todos sus conocimientos, adquiridos a lo largo de los años en la industria, creando un programa formativo, donde se puede ver de forma práctica, como implantar las herramientas de este tipo de filosofía.

Como se ha venido comentado Lean busca ese proceso perfecto que no desperdicie ni una sola gota de los recursos de una empresa. La consecución de los objetivos fijados por Lean en la realidad es prácticamente imposible, ya que siempre habrá aspectos inesperados, o zonas donde la tecnología aun no haya llegado que hacen que el proceso no sea completamente óptimo. Por este motivo Lean se convierte en una herramienta de funcionamiento continuo que busque la mejora de los procesos en el tiempo.

Renault Consulting, conscientes de todo esto, decide crear formaciones que van mucho más allá de la teoría, convirtiendo el aprendizaje de estas técnicas en algo práctico. De esta forma se consigue incluir a la enseñanza, además de todos los conceptos teóricos, esos aspectos imposibles de incluir sobre el papel. Tanto que es así que establecen como lema de la escuela: *“Lean by doing, aprender Lean haciendo”*. La siguiente imagen refleja perfectamente la filosofía de su funcionamiento.

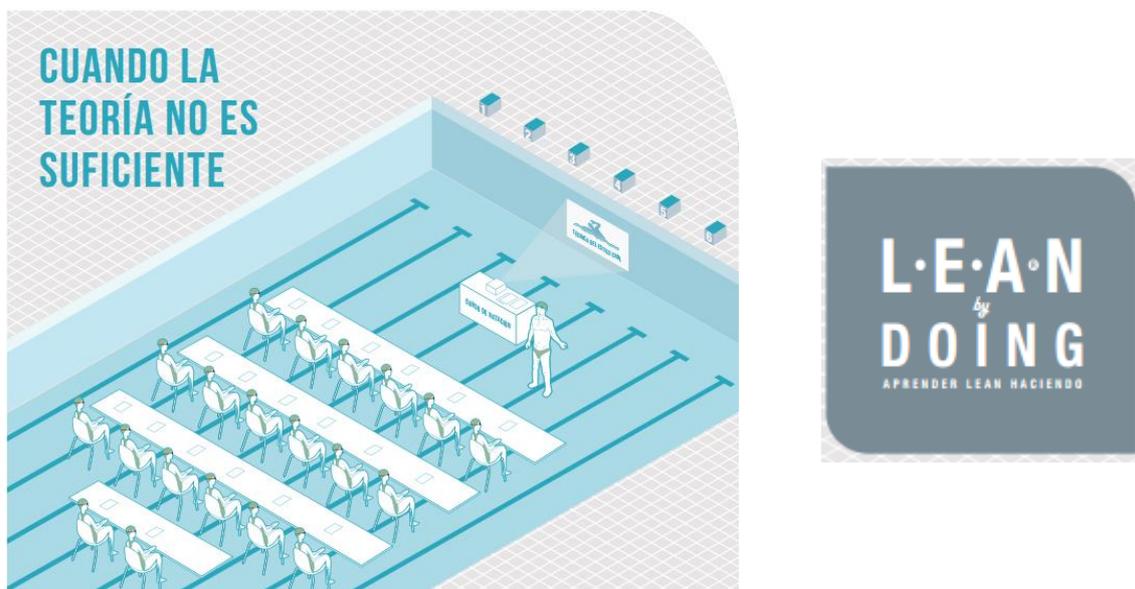


Figura 4.1: Lean by Doing  
Fuente: escuela-lean.es

## Producto Escuela Lean

Para conseguir todo esto, Renault Consulting ha preparado una zona en la Universidad de ingenierías industriales de Valladolid, de más de 300 m<sup>2</sup> donde los alumnos pueden encontrar los medios técnicos y pedagógicos necesarios que garanticen el aprendizaje.

Esta aula, presente en la universidad de Valladolid, cuenta con todo el material necesario para conseguir que un espacio lectivo se convierta en una auténtica línea de fabricación, como puede en la siguiente imagen. En la imagen se aprecia como la escuela cuenta con todo lo necesario para la simulación de un proceso productivo, pudiendo ver así sobre el terreno las mejoras que aporta, la aplicación de Lean Manufacturing a las empresas.

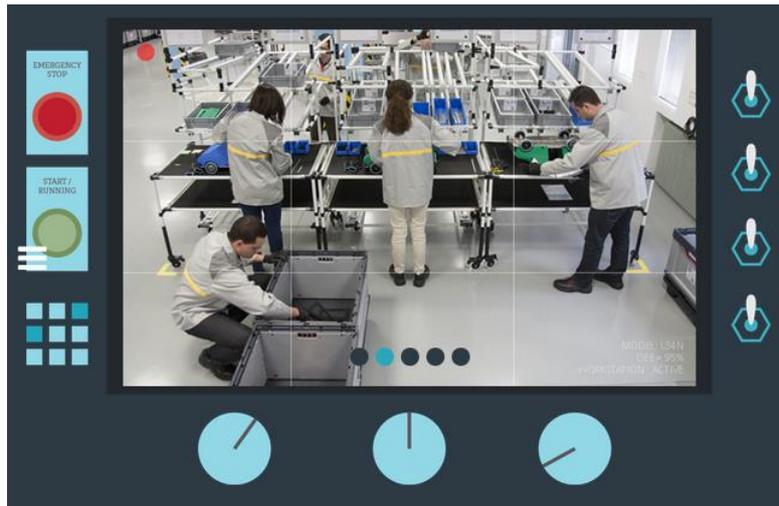


Figura 4.2: Escuela Lean Renault Consulting  
Fuente: escuela-lean.es

Actualmente, para el aprendizaje, se recrea la fabricación de un automóvil, con diferentes variantes, que hacen más complejo el proceso, introduciendo por ejemplo conceptos de cambios de utillaje. Los alumnos son ellos mismos los que con el material necesario relizan los montajes, pero también planificaciones abastecimientos y expedición de productos. Abarcando de esta forma toda la cadena de suministros.



Figura 4.3: Producto actual escuela Lean Renault Consulting  
Fuente: escuela-lean.es

## Producto Escuela Lean

La metodología que fija Renault Consulting para el aprendizaje comienza con un pequeño manual de las operaciones necesarias para el montaje del coche y un diseño previo de las líneas, con puestos de montaje separados. A continuación son los propios alumnos los que realizan la planificación, sin poder modificar el lay-out proporcionado.

Son ellos mismos los que deciden qué operación y de qué forma se realiza en cada puesto de trabajo, tendiendo siempre, y en gran medida por las condiciones fijadas a trabajar asemejándose a los métodos de producción clásicos.

En una segunda fase y tras el análisis de los resultados obtenidos en la primera fabricación, se planifica una segunda. En este caso y tras recibir formación en las herramientas Lean, los alumnos tendrán el poder de modificar toda la disposición de la línea, incluyendo abastecimientos internos.

En este caso y tras la primera experiencia el equilibrado de las líneas puede hacerse de manera algo más precisa y la redefinición del lay-out basándose en las herramientas Lean, permite optimizar el proceso.

Para facilitar esta tarea y evitar que la sala se quede pequeña o que las ideas de los alumnos sean irrealizables, todo en la sala tiene ruedas, permitiendo realizar tantos cambios como sea preciso.

Por último y tras esta segunda producción, se planifica una tercera donde se debe poner en marcha todo lo aprendido, tanto de la teoría como de las experiencias anteriores. De esta forma los alumnos son capaces de cuantificar las mejoras obtenidas tras la implantación de las herramientas Lean afianzando los conceptos sobre una base práctica.

En la siguiente imagen puede verse un esquema de esta escuela, ha sido obtenido del inferior, donde puede verse un video de la disposición inicial de la escuela Lean.

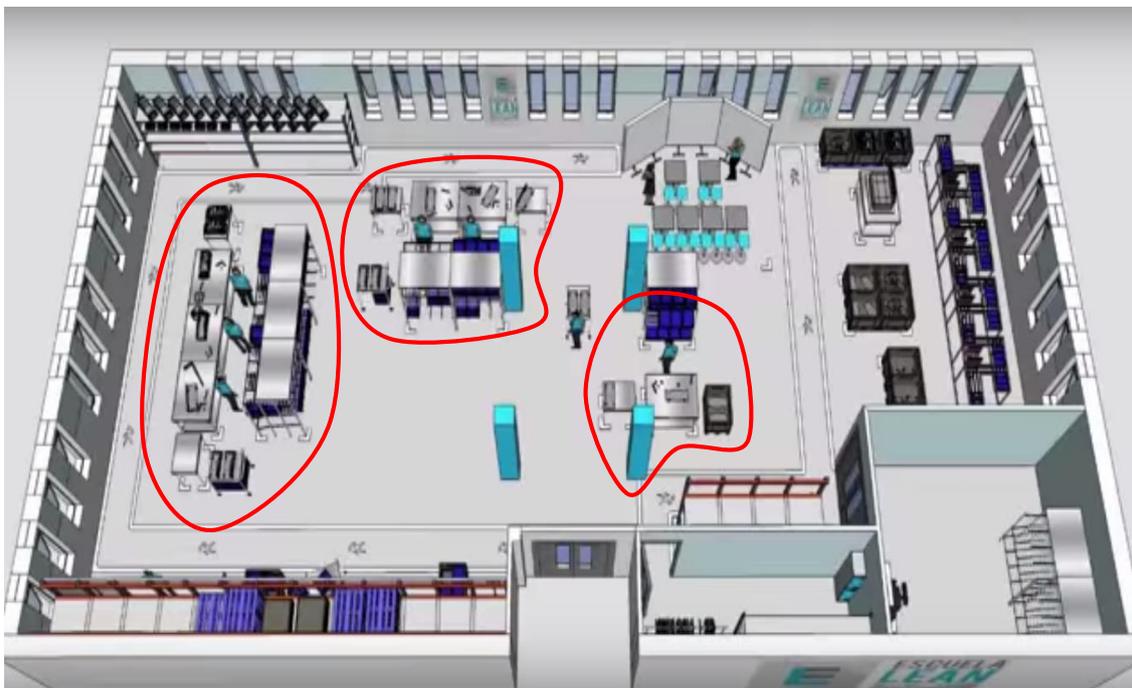


Figura 4.4: Producto actual escuela Lean Renault Consulting  
Fuente:escuela-lean.es

### 4.2 Razones para simular un proceso de envasado

Como se ha podido ver en los desarrollos anteriores, la escuela Lean, está perfectamente preparada para simular procesos productivos. El proceso escogido, para simular en la escuela ha sido la etapa de envasado, a continuación se desglosa esta decisión, y se intenta dar algunas pinceladas de lo que podrían ser futuros desarrollos.

El proceso de envasado, es el proceso técnicamente menos complejo de todo el proceso de la elaboración del caramelo. Se pueden ver además las etapas perfectamente desglosadas, y sus operaciones son realizables por cualquier persona.

A grandes rasgos el proceso de envasado se separa en cinco grandes operaciones, pesado del producto, embolsado, encajado, paletizado y calidad (detección de metales y confirmación de peso)

Estas operaciones son simples y se pueden simular fácilmente, facilitando la adaptación a la escuela Lean, siendo rigurosos con el proceso.

El caso de la creación de la pasta de caramelo es un proceso donde si se pretende ser riguroso se debería trabajar con sustancias calientes, que producen una gran cantidad de suciedad.

Una de las posibilidades para futuros desarrollos podía ser aprovechar la zona de punzado de los chasis de los vehículos que se encuentra actualmente en la parte derecha de la escuela Lean. Esta opción no se contempla en el presente desarrollo, para conseguir centrarse en la etapa de envasado simplificando el proyecto y alcanzando así un nivel de perfección mayor.

Una posible de simular el proceso de creación del caramelo podría ser contar con planchas pre-marcadas, que contuviesen los diferentes tipos de caramelos que se verán más adelante a modo de cartón de bingo. Los útiles ya presentes en el aula podrían utilizarse para extraer estos caramelos de las planchas, simulando así de alguna forma la etapa de troquelado del caramelo duro.

Es evidente que esta etapa se ajustaría poco a la realidad, pero sería una forma de ampliar el proceso, intentando incluir todos los pasos de creación y envasado.

En el caso del resto de etapas, no se ha sido capaz de encontrar soluciones que simulen de forma sencilla su funcionamiento y al igual que el producto actual no se contempla la creación de los paneles de las puertas de los vehículos tampoco se incluido esta parte.

Este proyecto queda abierto y será de dominio público para que en cualquier momento, si alguien lo desea implante el proceso y el producto diseñado y si es posible amplíe el proceso incluyendo todas las etapas.

La mayor ventaja de incluir únicamente el proceso de envasado es que todos somos capaces de entender sus etapas, al igual que ocurre con el producto actual, no es necesario tener grandes conocimientos sobre el producto para trabajar con él.

De esta forma se puede centrar la atención en la utilización de técnicas Lean, y estudiar como mejoran las operaciones del proceso.

### 4.3 Diseño del producto

En el siguiente apartado se trata de definir de la manera más precisa posible el producto que se ha escogido para la simulación del proceso de envasado.

Se ha decidido crear cinco subproductos, diferentes intentando simular uno de los inconvenientes de este tipo de líneas, la gran variedad de referencias que se deben fabricar en la misma línea.

Cada uno de los productos cuenta a continuación con una ficha técnica que lo define, intentando ser lo más realista posible.

Estas fichas intentan determinar todas las características de los productos, en ningún caso su modo de envasado, lo que se verá en el siguiente apartado.

Cada uno de los cinco tipos de caramelos cuenta con un diseño, en 3D, que definen perfectamente el producto, intentando una vez más ser lo más realista posible. Estos archivos se encuentran adjuntos al trabajo fin de máster para uso de cualquier aplicación futura.

Estos cinco tipos de caramelos, cuentan en apartado externo a su ficha técnica con una estimación del volumen que ocuparían una vez se fabriquen para su uso en la escuela Lean. De esta forma se puede también estimar el tamaño de las bolsas que se debe utilizar para el envasado de los productos.

Evidentemente las estimaciones no son estrictamente exactas, ya que se aproximan por ejemplo las densidades del material. Pero es un aspecto importante ya que dependiendo del tipo de caramelo una misma pieza puede tener diferente peso, por ejemplo un mismo caramelo con y sin azúcar del mismo tamaño no pesa lo mismo.

El presente proyecto, no se queda en este punto sino que propone tamaños de bolsa que utilizar para la contención del producto, diferentes etiquetas que identifiquen el producto final, y un modelo de caja que contenga a estos productos.

En el caso de las bolsas se ha contemplado dos pesos en los que se va a producir, 25 gramos y 50 gramos, que serán identificados con una etiqueta donde se debe incluir el peso en el momento del envasado. Dentro de las fichas técnicas de cada producto se realiza un breve estudio del volumen que cada referencia ocuparía para cumplir con el peso requerido, teniendo de esta forma datos fiables para el diseño de las bolsas.

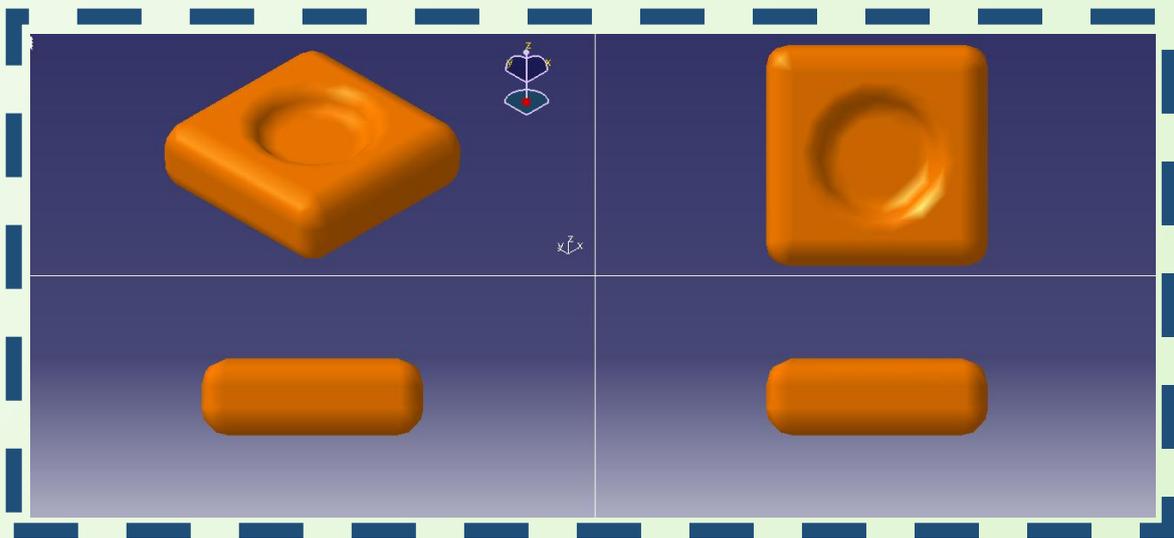
Las etiquetas además cuentan con un código QR personalizado, que contiene la información del producto. Los códigos contenidos en cada uno de las etiquetas son válidos, están listos para su lectura con cualquier terminal. El código informa del producto, su tipología, color y peso. Si en futuro se produce la implantación de este producto en la escuela estos datos se podrían adaptar a la información que se desease.

Dentro de los cinco productos se incluyen las diferentes tipologías de productos comentadas, tanto caramelo duro con azúcar, caramelo duro sin azúcar, goma recubierta de azúcar, goma recubierta de grano y goma brillo.

Las fichas técnicas cuentan también con el tipo de bolsa que se utilizará en su envasado adelantándose al estudio pormenorizado que se verá más adelante.

# Producto 1

→ DISEÑO

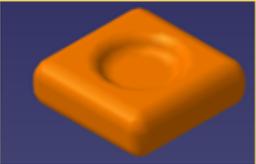


→ CARACTERÍSTICAS

PRODUCTO 1	
Tipo	Caramelo duro
Naturaleza	Con azúcar
Color	
Tiempo MÍNIMO necesario de reposo ANTES DE ENVASADO	NO NECESARIO

# Producto 1

→ ETIQUETA

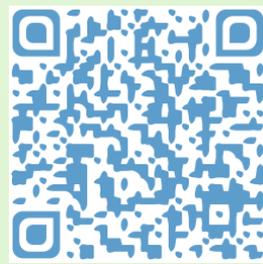
		
	<b>Peso</b>	<b>Bidi</b>
	<i>A rellenar en el momento del envasado</i>	<i>A rellenar en el momento del envasado</i>

→ CÓDIGOS QR

25 Gramos

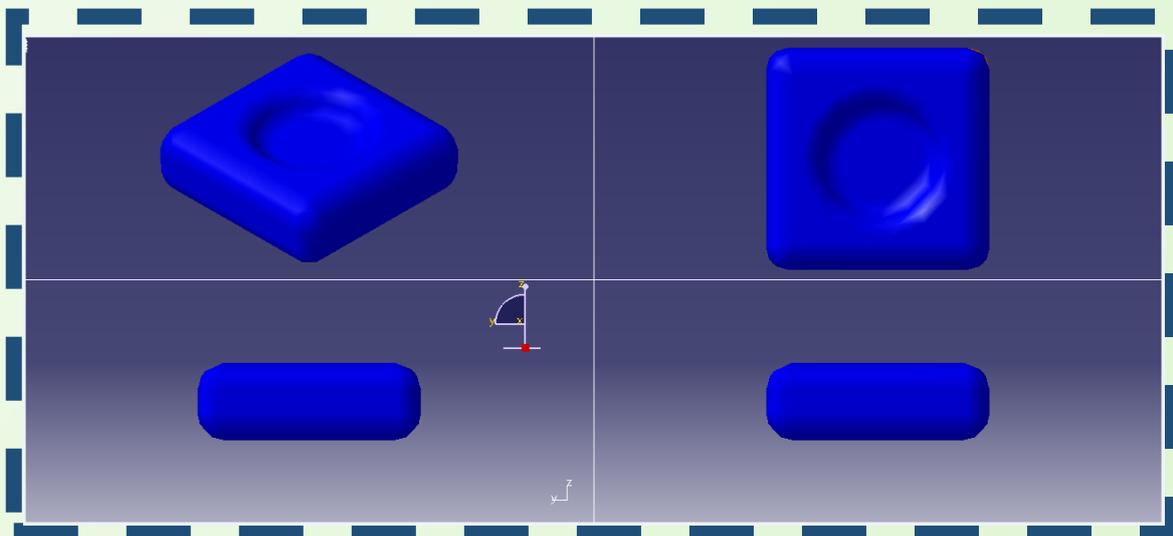


50 Gramos



# Producto 2

→ DISEÑO



→ CARACTERÍSTICAS

PRODUCTO 1	
Tipo	Caramelo duro
Naturaleza	Sin azúcar
Color	Azul
Tiempo MÍNIMO necesario de reposo ANTES DE ENVASADO	NO NECESARIO

# Producto 2

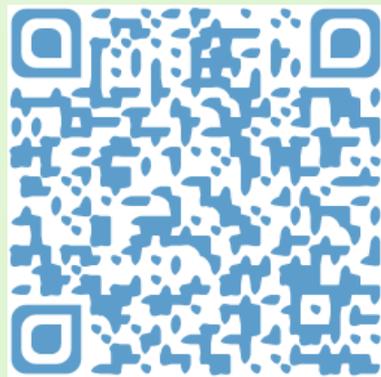
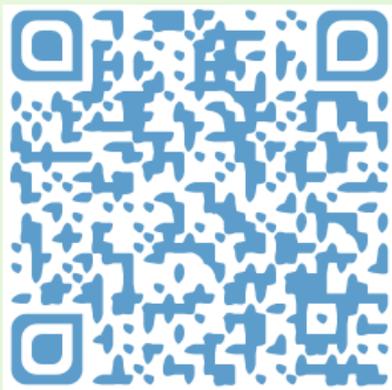
→ ETIQUETA



→ CÓDIGOS QR

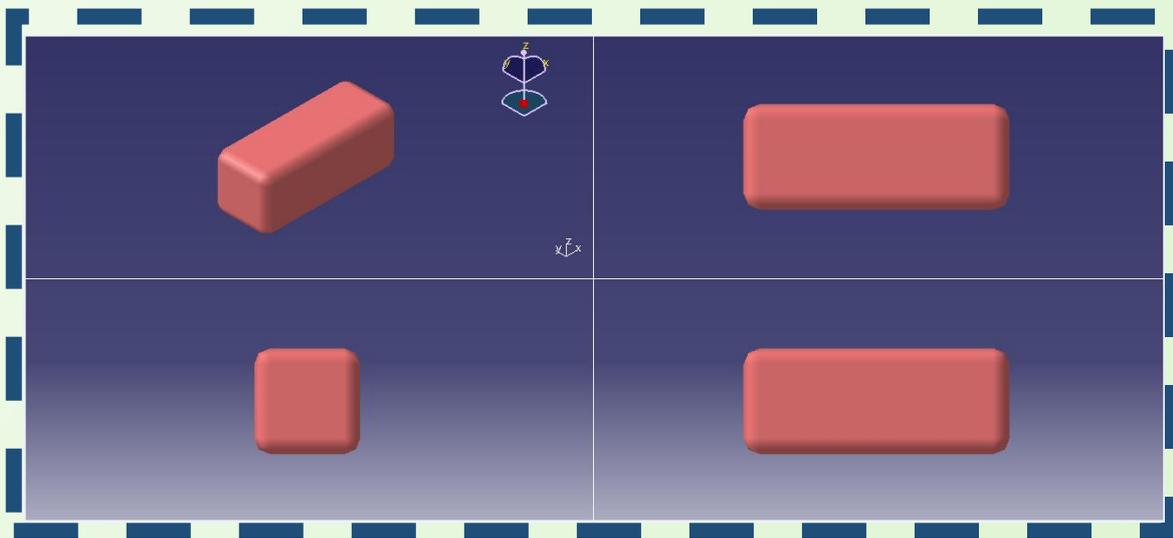
25 Gramos

50 Gramos



# Producto 3

→ DISEÑO



→ CARACTERÍSTICAS

PRODUCTO 3	
Tipo	Caramelo goma
Naturaleza	Brillo
Color	Rosa
Tiempo MÍNIMO necesario de reposo ANTES DE ENVASADO	5 minutos

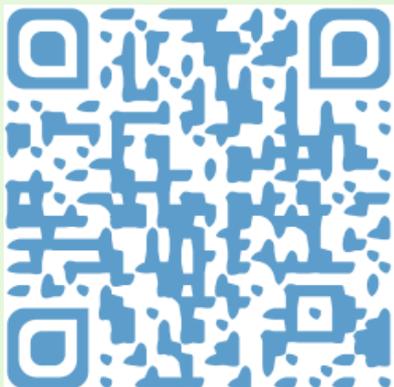
# Producto 3

→ ETIQUETA

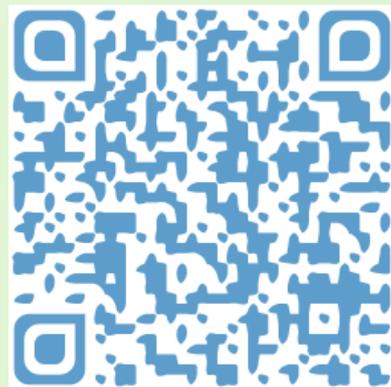


→ CÓDIGOS QR

25 Gramos

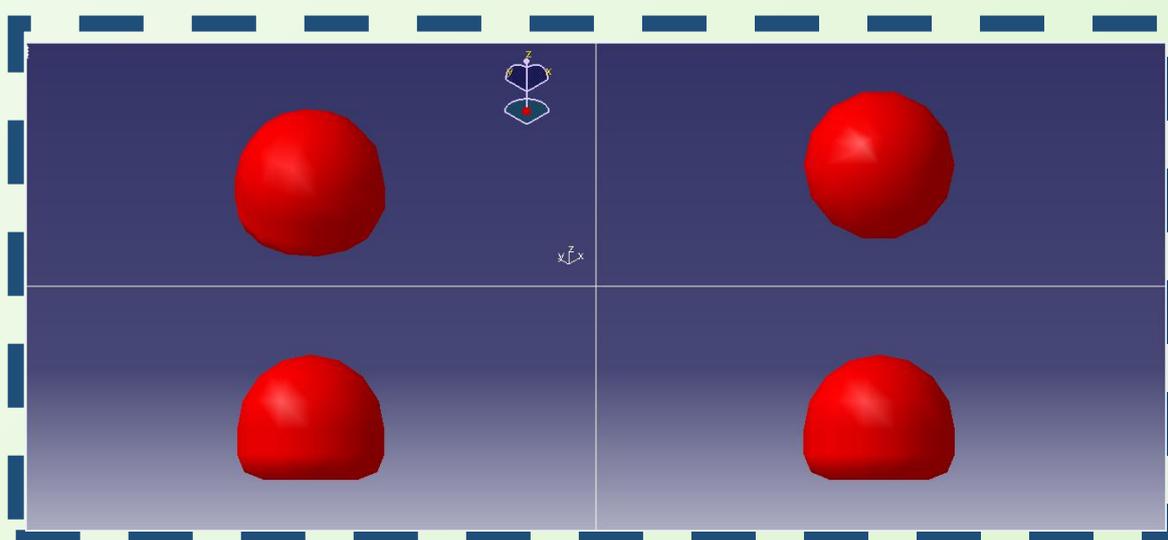


50 Gramos



# Producto 4

→ DISEÑO



→ CARACTERÍSTICAS

PRODUCTO 4	
Tipo	Caramelo goma
Naturaleza	Grano
Color	rojo
Tiempo MÍNIMO necesario de reposo ANTES DE ENVASADO	2 min

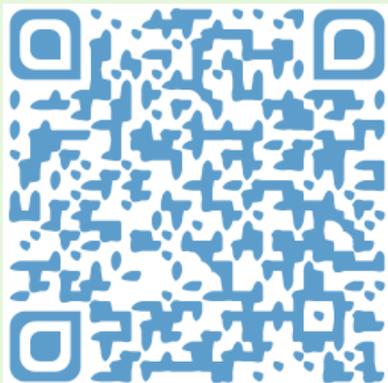
# Producto 4

→ ETIQUETA



→ CÓDIGOS QR

25 Gramos

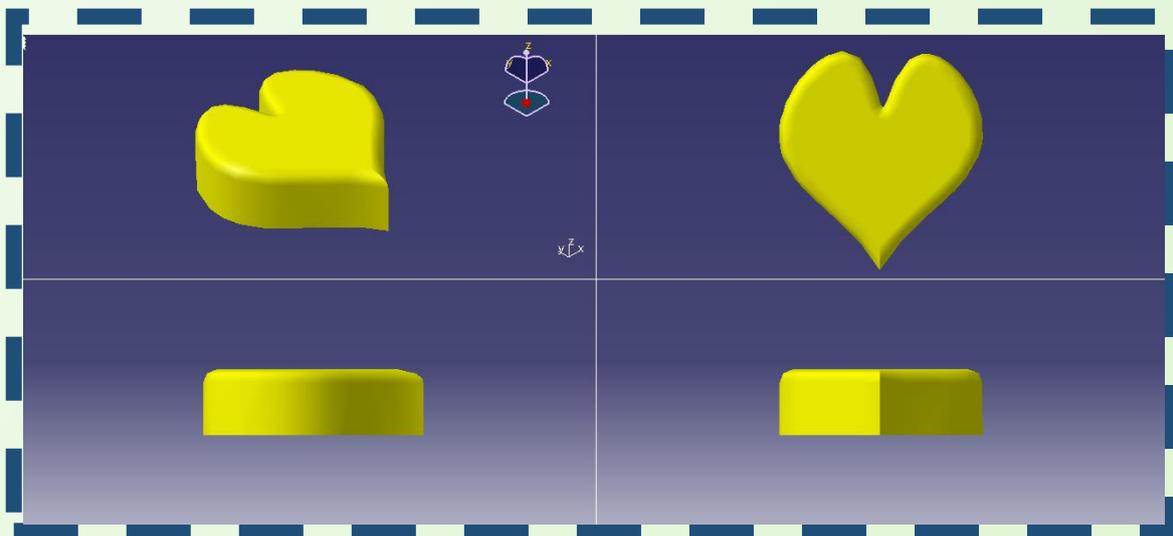


50 Gramos



# Producto 5

→ DISEÑO



→ CARACTERÍSTICAS

PRODUCTO 5	
Tipo	Caramelo goma
Naturaleza	azúcar
color	Amarillo
Tiempo MÍNIMO necesario de reposo ANTES DE ENVASADO	3 min

# Producto 5

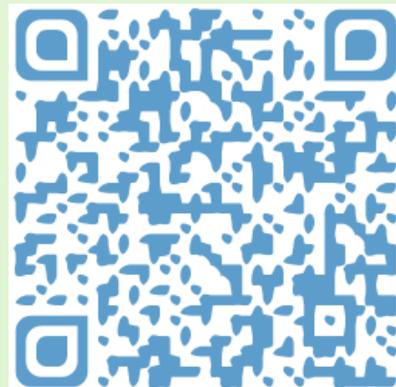
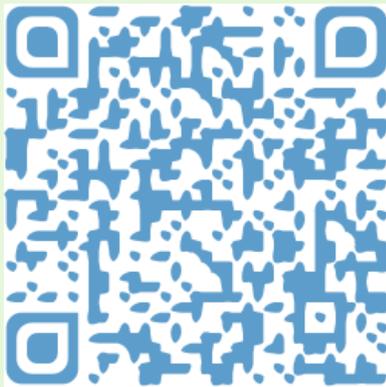
→ ETIQUETA



→ CÓDIGOS QR

25 Gramos

50 Gramos



## Producto Escuela Lean

Como se ha podido ver estas fichas técnicas incluyen los datos necesarios para la identificación de cada uno de los productos diseñados, además de su característica fundamental para el envasado, el tiempo necesario de reposo antes de poder empezar el proceso.

Para la correcta definición de cada uno de los prototipos se han diseñado además de los planos en 3D incluidos en la documentación del proyecto una serie de planos técnicos que definen por completo los tamaños del producto.

En la figura 4.5 puede verse el plano diseñado para la definición de las dimensiones de los productos con una serie de apuntes que clarifican la estructura de este.



ESCALA	TÍTULO	
DIBUJADO	FECHA	NOMBRE
		

Figura 4.5: Plano técnico estándar

Este plano ha sido creado para este proyecto y recoge la información necesaria para identificar cada uno de los prototipos diseñados en desarrollo, de forma que queden definidos de forma completa.

Estos planos incluidos en los anexos del trabajo, definen el prototipo, aunque una vez más y en busca de una definición completa se han creado diseños en 3D, para la definición del producto que se pueden consultar en los archivos adjuntos al presente documento.

A continuación en la figura 4.6, puede verse el plano técnico del producto 3, diseñado para la escuela.

## Producto Escuela Lean

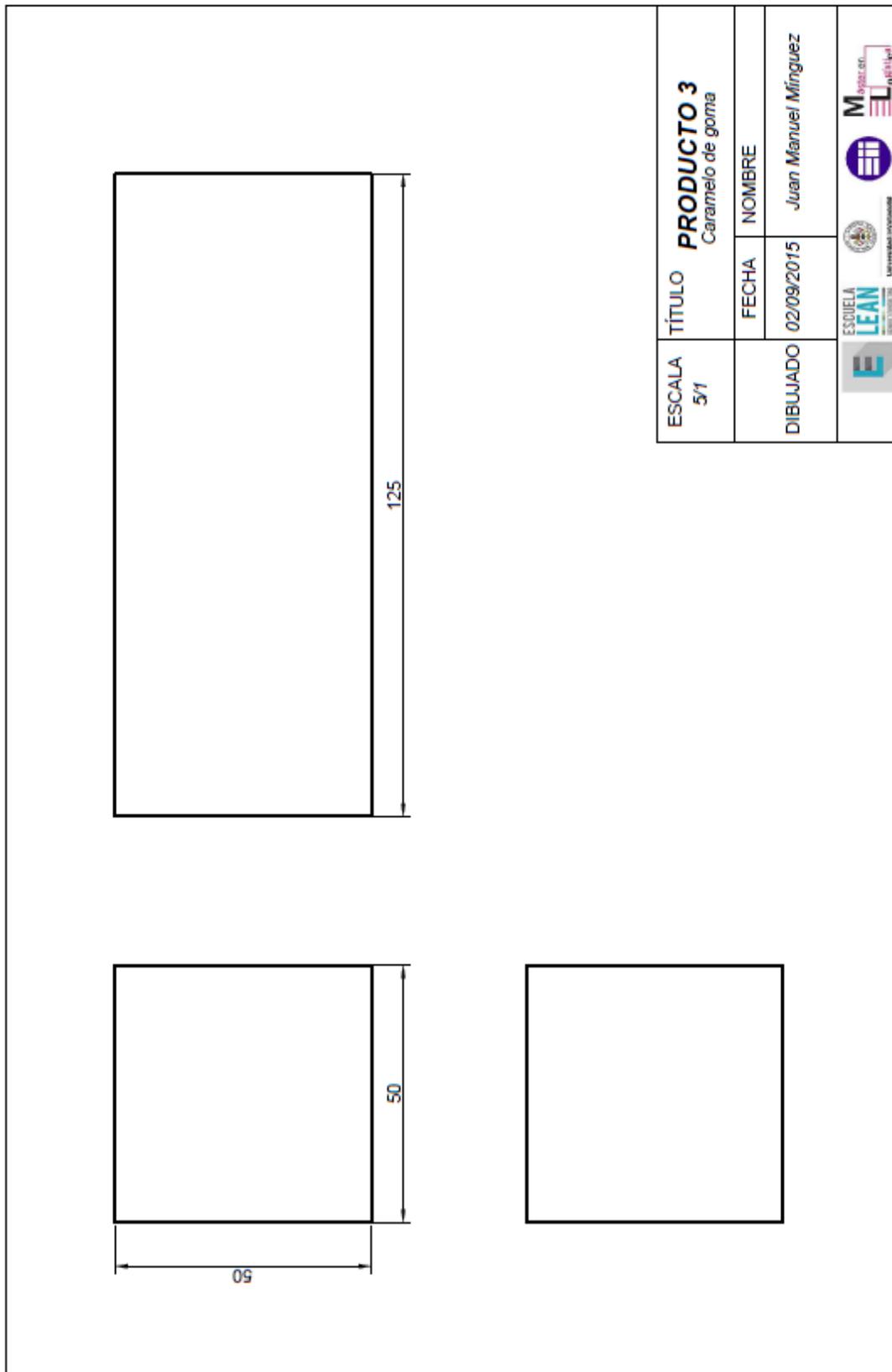


Figura 4.7: Plano técnico producto 3

## Producto Escuela Lean

El producto no quedaría correctamente definido si no se realiza un estudio del volumen que ocupan estos productos dependiendo de su densidad. Una vez más y en busca de una ejecución realista del diseño se han asignado diferentes volúmenes a los productos dependiendo de su naturaleza.

Es evidente que cada caramelo puede tener una composición química diferente, esto modifica por completo las densidades del producto, aunque no se aprecie a simple vista. En el caso de los caramelos duros, no pesa lo mismo un caramelo con azúcar que uno sin azúcar, o en el caso de las gomas uno que lleva recubrimiento de uno que no. Por lo tanto dependiendo de la densidad de cada pieza, la bolsa utilizada será de diferente tamaño.

Se han asignado unas densidades a los productos, que no responden a la realidad. Esto es debido a que no se ha definido el material con el que se constituirán las piezas para la escuela Lean. A pesar de esto los valores asignados son valores realistas en proporción.

El estudio realizado calcula el volumen que ocupan 25gramos y 50 gramos de cada producto, pudiendo así definir un envase correcto para cada producto.

La base de este estudio que puede verse reflejado, a través de una tabla, en la siguiente página, calcula a partir del siguiente desarrollo cuantas piezas son necesarias para llegar a 25 gramos o a 50 gramos, y que volumen ocuparían siguiendo el siguiente desarrollo.

- 1) Cálculo del volumen de cada pieza a partir de sus dimensiones
- 2) Asignación de densidad dependiendo de la naturaleza de la pieza
- 3) Cálculo de volumen para un peso de 25 gramos

$$Volumen = \frac{Peso\ bolsa}{densidad\ producto}$$

- 4) Cálculo del número de piezas necesario para 25 gramos

$$Número\ de\ piezas = \frac{Peso\ bolsa}{peso\ pieza} = \frac{Peso\ bolsa}{volumen * densidad}$$

- 5) Cálculo de volumen para un peso de 50 gramos
- 6) Cálculo del número de piezas necesario para 50 gramos

## Producto Escuela Lean

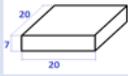
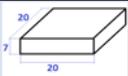
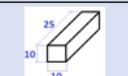
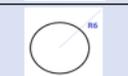
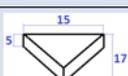
Producto	Esquema	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Peso pieza (gramos)	Volumen en bolsa de 25 g (cm <sup>3</sup> )		Piezas en bolsa de 25 g	Volumen en bolsa de 50 g (cm <sup>3</sup> )		Piezas en bolsa de 50 g
					Exacto	Aprox		Exacto	Aprox	
<b>Producto 1</b> 		2,8	1,2	3,36	20,83	20	7,44	41,67	41	14,88
<b>Producto 2</b> 		2,8	1,1	3,08	22,73	22	8,12	45,45	45	16,23
<b>Producto 3</b> 		2,50	1,5	3,75	16,67	16	6,67	33,33	33	13,33
<b>Producto 4</b> 		1,51	1,6	2,413	15,63	15	10,36	31,25	31	20,72
<b>Producto 5</b> 		6,38	1	6,375	25,00	25	3,92	50,00	50	7,84

Figura 4.8: Análisis del volumen de los productos

Como se puede observar en el estudio, cada una de las piezas ocupa un volumen diferente, dependiendo de su naturaleza. Según esto deberíamos de utilizar 10 bolsas diferentes una para cada producto, lo que logísticamente supondría una dificultad añadida.

Se ha decido utilizar únicamente 4 tipos de bolsas, para simplificar la tarea, de esta forma es más sencillo la producción del producto en la escuela Lean:

- Bolsa A: Será la bolsa destinada al envasado de los productos que ocupen un volumen menor a 20 cm<sup>3</sup>
- Bolsa B: Será la bolsa destinada al envasado de los productos que ocupen un volumen menor a 30 cm<sup>3</sup>
- Bolsa C: Será la bolsa destinada al envasado de los productos que ocupen un volumen menor a 40 cm<sup>3</sup>
- Bolsa D: Será la bolsa destinada al envasado de los productos que ocupen un volumen menor o igual a 50 cm<sup>3</sup>

En la figura 4.9 puede observarse que referencias irían envasadas en cada una de las cuatro bolsas definidas, dependiendo de su volumen.

Producto	Piezas en bolsa de 25 g	Tipo bolsa	Piezas en bolsa de 50 g	Tipo bolsa
<b>Producto 1</b> 	8	B	15	D
<b>Producto 2</b> 	9	B	17	D
<b>Producto 3</b> 	7	A	14	C
<b>Producto 4</b> 	11	A	21	C
<b>Producto 5</b> 	4	B	8	D

Figura 4.9: Análisis del volumen a envasar

## Producto Escuela Lean

En cuanto al formato de las bolsas, es evidente que contar con envases de igual volumen, que el que ocupan los caramelos, dificultaría en gran medida la labor de envasado. Para facilitar esta tarea se ha decidido diseñar una serie de envases de tamaño superior al volumen que tienen que albergar. Se debe tener en cuenta que esto no es un producto para producción en serie y venta si no que se trata de una simulación para el aprendizaje de las técnicas Lean, por lo que se ha obviado el inconveniente económico que suponen envasas que contienen parte de su volumen vacío.

Las bolsas diseñadas serán de papel, y serán conformadas a partir de un pliego de papel pre-marcado. Estas bolsas son las denominadas bolsas Kraft. Para su envasado y como se verá, más adelante el proceso a seguir será: conformar la bolsa, introducir el producto, doblar la parte superior y colocar un clip para cerrarla.

A continuación se puede ver la figura 4.10 de una bolsa de este tipo, y un esquema con las medidas de los 4 diseños de papel marcado, indicado los puntos por donde se debe doblar la bolsa, que facilitaran el conformado de la bolsa. Como se puede ver para facilitar el diseño e introducir un elemento de dificultad a la hora de la producción el diseño de la bolsa es el mismo para los cuatro tipos únicamente varía su altura, de esta forma cuando se conforme la bolsa el operario debe saber que producto se va a envasar.

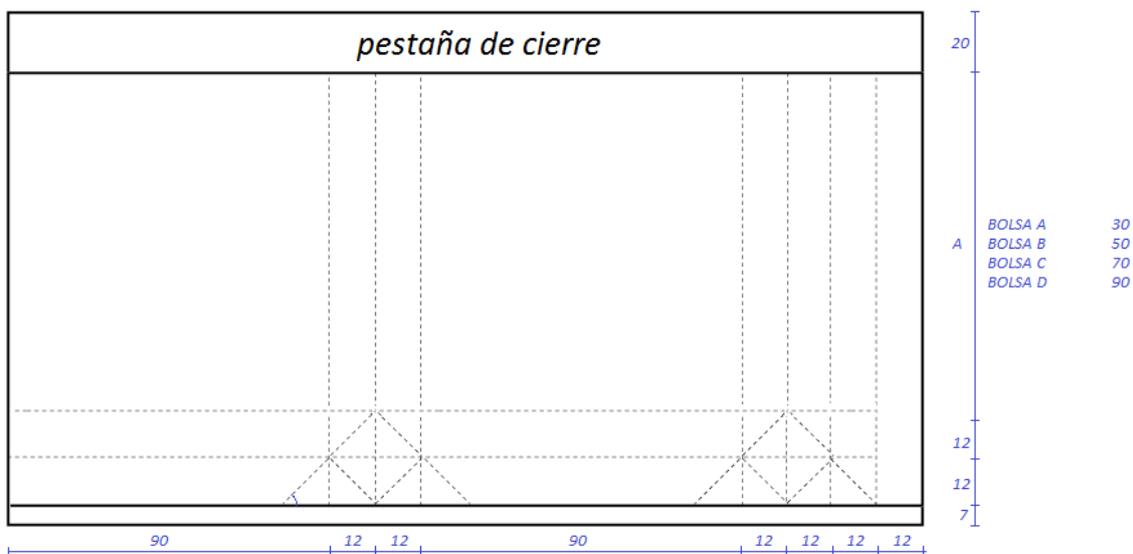


Figura 4.10: Bolsa papel Kraft

## Producto Escuela Lean

Por último se ha diseñado un embalaje donde las bolsas han de ser introducidas para su expedición. En este caso el embalaje es único y está diseñado para albergar 20 bolsas de cada uno de los productos por lo que cada caja contendrá una cantidad de producto diferente y pero un peso similar, ya que las bolsas han sido diseñadas para contener 25g o 50g. Por lo tanto el embalaje contendrá 500g o 1000g dependiendo de

Como embalaje final se propone un cajetín no cerrado por su parte superior, que facilite la manipulación, haciendo así sencilla la tarea del desembalaje para quedar la escuela Lean en perfecto estado tras la simulación de la producción.

El cajetín elegido debe ajustarse a las medidas especificadas en el boceto plasmado en la figura 4.11.

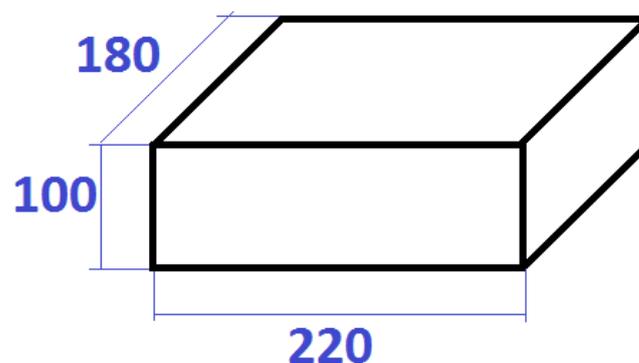


Figura 4.11: Boceto cálculo de volumen

Es evidente que en ninguno de los casos las bolsas contendrán el peso exacto de 25 o 50 gramos por lo que existe un sobrepeso en el embalaje final que va a ser expedido. Esto puede suponer un factor a tener en cuenta si la demanda a la hora de simular el proceso se define en KG en vez de en bolsas de producto. En la tabla siguiente se puede ver el error que se cometería en cada uno de los casos.

Producto	Esquema	Peso pieza (gramos)	Piezas en bolsa de 25 g	Tipo bolsa	Cantidad en embalaje (20 bolsas)	Sobrepeso	Piezas en bolsa de 50 g	Tipo bolsa	Cantidad en embalaje (20 bolsas)	Sobrepeso
Producto 1		4,48	6	A	537,60	37,60	12	C	1075,20	75,20
Producto 2		4,2	6	A	504,00	4,00	12	C	1008,00	8,00
Producto 3		3	9	B	540,00	40,00	17	D	1020,00	20,00
Producto 4		1,96	13	A	509,69	9,69	26	C	1019,39	19,39
Producto 5		6,375	4	B	510,00	10,00	8	D	1020,00	20,00

Figura 4.12: Análisis final volúmenes

## Producto Escuela Lean

Con esta información el producto quedaría definido de forma teórica. El presente documento pretende dar un paso más y para ello se han incluido algunos prototipos de cada uno de los elementos que componen el producto final, dando así una visión real de lo que llegaría a ser este producto si se decidiese implantar en la escuela Lean. En las figura 13 a figura 16 pueden verse las imágenes de algunos de estos productos y su aspecto para una futura implantación, tanto de las piezas de caramelos como de bolsa y etiqueta.



Figura 4.13: Prototipo Productos



Figura 4.14: Prototipo Etiquetas y códigos QR

## Producto Escuela Lean

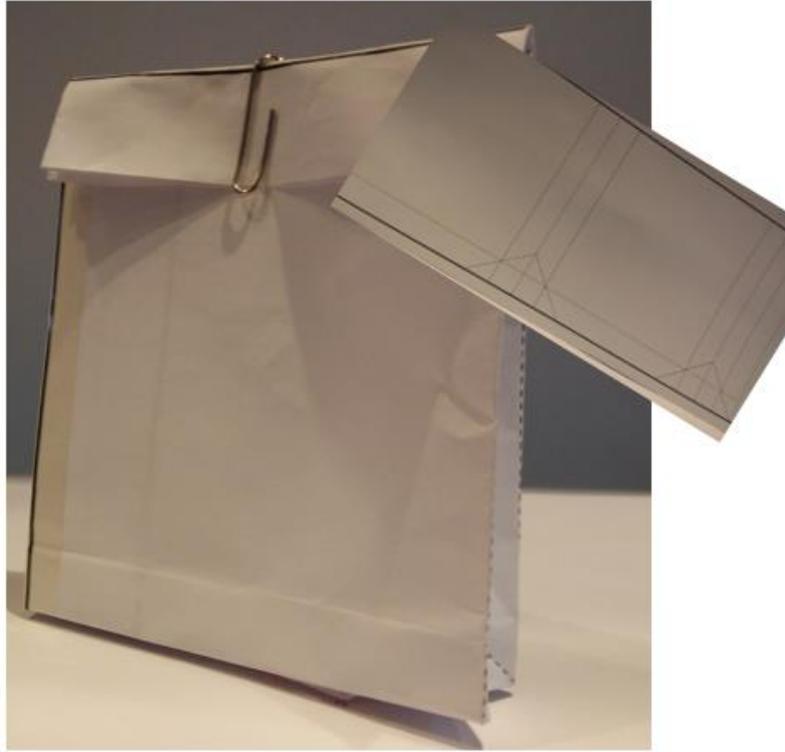


Figura 4.15: Prototipo bolsas



Figura 4.16: Prototipo herramientas verificación calidad

Cada uno de estos prototipos ha sido utilizado en la simulación de un primer proceso de envasado, que puede verse desglosado en el final del presente apartado.

### 4.4 Diseño del proceso

Una vez ha quedado definido por completo el producto se debe definir como se adapta el proceso envasado a la escuela Lean. En el siguiente apartado pueden verse desglosadas una serie de pautas a seguir para la simulación de este proceso en la escuela Lean.

Como ya se ha comentado el proceso relativamente simple aunque se deben de cumplir una serie de pautas de seguridad muy rigurosas que obligan a instaurar puestos de calidad en el proceso.

El proceso se ha dividido en 8 pasos a cumplimentar para la conformación del producto final. En este caso el producto final no es un caramelo o una bolsa de caramelos, sino que se ha decidido que el producto que se debe obtener al final de la línea es un conjunto de cajas de productos que conformen un pedido.

De esta forma el alumno podrá jugar a la creación de palets con un solo producto, siguiendo el sistema tradicional de fabricación por lotes, o con un conglomerado de productos que satisfagan una determinada demanda, siguiendo técnicas lean.

A continuación se pueden ver desglosados las distintas operaciones a completar para la creación del producto final:

- Operación A: Conformado de la bolsa.

En este primer paso el operario debe conformar la bolsa a partir de un papel siguiendo las indicaciones que se verán más adelante. Esta operación es probablemente la más compleja del proceso ya que requiere de cierta destreza en el proceso.

- Operación B: Conteo de piezas.

En esta operación se debe separar la cantidad de caramelo necesario para el llenado de las bolsas.

Se cuenta con un lote de caramelos, que contiene la cantidad necesaria requerida por la demanda, pero en un solo lote. El operario debe separar, contando pieza a pieza la cantidad necesaria para una bolsa.

Como se verá en el cuaderno preparado con las condiciones a tener en cuenta para el envasado, es importante que se cumpla con la obligación de reposar el producto según su ficha técnica. De esta forma cuando se planifique la producción se debe comenzar por los productos que no requieren reposo.

- Operación C: Envasado.

En esta operación se debe introducir los caramelos en la bolsa previamente formada y cerrarla. Es evidente que esta operación requiere que la bolsa se encuentre conformada y que los caramelos ya estén contados, por lo que aparece la primera

## Producto Escuela Lean

- Operación D: Etiquetado.

En esta operación se debe colocar la etiqueta en la bolsa y cumplimentar la información que debe figurar en ella. La etiqueta será adhesiva y cuenta como se ha podido ver con dos espacios vacíos, donde se debe pegar un código QR y rellenar el peso de forma manual.

- Operación E: Pesado de bolsa.

Como se ha comentado es obligatorio realizar un pesado de las bolsas para garantizar que la cantidad del interior concuerda con el peso anunciado en la etiqueta.

- Operación F: Detección de metales.

Es necesario también realizar una detección de metales. Para lo cual se paran las bolsas por un imán verificando que no contienen ningún tipo de metal. Para la correcta simulación se contará con piezas en apariencia iguales que las normales con pequeños fragmentos metálicos en su interior, buscado una vez más el realismo en la simulación.

- Operación G: Encajado.

Las bolsas se deben introducir en este punto en cajas para su posterior expedición. Como se ha comentado cada caja contendrá 20 bolsas.

- Operación H: Paletizado.

La tarea de paletizado se simulará a través de un carro que contenga 6 cajas. Las cajas deben ser depositadas en el carro y llevadas a una zona definida de la escuela Lean donde se supone que serán expedidas.

Estas ocho operaciones conforman el producto final, existe la posibilidad de realizarlas en orden no consecutivo al indicado anteriormente, aunque es importante no mencionar este punto a la hora de simular el proceso para evitar orientar la producción hacia un punto determinado, sino que deben ser los alumnos quienes decidan el orden.

Se debe tener en cuenta una novena operación la limpieza. Es importante recalcar que en este tipo de industria existe un gran riesgo de contaminación cruzada, por lo que cada vez que se decida cambiar de producto se debe realizar una limpieza tanto de los útiles como de los puestos de trabajo.

Para simular esta limpieza se ha decidido que sea obligatorio detener la línea durante un tiempo determinado dependiendo del producto que se esté produciendo en ese momento. De esta forma se simula el proceso de limpieza.

En las siguientes páginas puede verse una ficha de operación que define una de las operaciones del proceso (ver figura 4.17) definido como ejemplo del estándar establecido para la realización de cada una de las operaciones a seguir. En los anexos del presente documento se incluyen cada una de las fichas que definen las diferentes operaciones mencionadas.

# OPERACIÓN A: Conformado de la bolsa

- **Materiales necesarios**
  1. Pliego de papel marcado
  2. Pegamento
- **Operaciones**
  1. Realizar doblez por marca 1 (Ver fig.1)
  2. Pegar solapa utilizando zona pegado (4)
  3. Realizar doblez por marca 2(Ver fig.2)
  4. Realizar dobleces líneas parte inferior (ver figuras 4 y 5)
  5. Realizar doblez para conformar la base (Ver figura 6)
  6. Realizar dobleces horizontales de la base (Ver figuras 7 y 8)
  7. Pegar solapas inferiores (Ver fig. 9)
  8. Desdoblar para conformar bolsa completamente.

ESCUELA LEAN  
FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE VALPARAISO

M+L  
MATERIALES

Figura 4.17: FOP Operación A

## Producto Escuela Lean

En las páginas anteriores ha podido verse que las operaciones están definidas con detalle. La simulación de este tipo de proceso presenta una serie de complicaciones a la hora de la producción además de una serie de través que se colocaran para obligar al alumno a encontrar soluciones que le dirijan hacia soluciones Lean.

A continuación pueden verse desglosados estos inconvenientes y alguna solución que evite su aparición en la simulación:

- **Equilibrado de las líneas.**

Tras una pequeña simulación del proceso se ha podido comprobar que el cuello de botella de esta producción es el conformado de las bolsas.

Existe una gran diferencia entre el Tack Time de esta operación y las sucesivas. El conformado de la bolsa además de ser la operación más lenta y compleja es el punto crítico ya que un incorrecto conformado supondrá un no conforme en el producto. Existe el inconveniente además de que para conformar un producto final se necesitan un gran número de bolsas, por lo que se aumenta aún más el tiempo.

En contrapunto las tareas de paletizado y encajado son operaciones rápidas y con una complejidad baja, lo que hace que tengan el menor tack time.

Inconscientemente se va a tender a colocar las operaciones en línea con un operario por puesto de trabajo, de esta forma se consigue una línea de producción muy desequilibrada.

Una posible solución hacia la que se debería encaminar al alumno es desdoblar la línea y colocar varias personas en este puesto, es decir colocar el conformado de bolsas paralelo a la línea con dos o tres operarios.

A priori puede parecer una decisión sin sentido pero si se analiza detalladamente se puede ver que a esta operación no le influye para nada la limpieza, ya que nunca está en contacto directo con el caramelo.

De esta forma se consiguen ganar varios minutos al proceso, reduciendo la penalización de esta operación.

Una vez se haya tomado esta decisión el cuello de botella desaparecerá de este punto y se trasladara al conteo de las piezas.

Este punto es más complejo ya que ahora si se debe someter a los tiempos muertos debidos a la limpieza. Para agilizar esta tarea se propone utilizar utensilios de medida simples, como un recipiente metálico en el que únicamente entre el volumen de caramelo necesario para llenar una bolsa como el que puede verse en la imagen.



Figura 4.18: Utensilio conteo piezas  
Fuente: [http://www.sanhigia.com/images/71575\\_4037.jpg](http://www.sanhigia.com/images/71575_4037.jpg)

## Producto Escuela Lean

Otro posible utensilio a utilizar en este punto puede ser una plantilla para el doblado del papel que conforma la bolsa. Consistiría en un cartón con hendiduras en los puntos de doblez del papel. El alumno colocaría el papel sobre el utensilio lo fijaría y pasaría una varilla de punta roma sobre el papel, creando los dobleces de forma mucho más rápida y precisa que de forma manual.

Se le debería proponer al alumno el uso de este utensilio, fijándole un precio, para que determinase si su uso es o no rentable. Esto debería proponerse también para el vaso mencionado anteriormente.

### - Limpiezas

La limpieza es uno de las mayores trabas de este proceso, no solo en la simulación sino también en este tipo de industria.

Como ha podido verse no se requiere el mismo tiempo de limpieza para todos los productos, por lo que se debe evitar empezar las producciones por lo elementos que supongan un mayor tiempo de limpieza tras su envasado. Es decir debe empezarse por el caramelo sin azúcar y terminar por los caramelos con recubrimiento de azúcar.

Es evidente que esto no va a ser del todo posible ya que la demanda se diseñará de forma que esto sea imposible, por lo que deben tender a la creación de diagramas de producción como el que se ven en la figura siguiente de forma que en todo momento sepan cuanto les penaliza el cambio de producto. Buscando así el cambio más favorable



Figura 4.19: Cambio de producto

Disponer de este tipo de diagramas facilita las decisiones a la hora de planificar la producción. Como puede verse penaliza menos escoger la primera opción que la segunda.

### - **Contenedores finitos**

Para complicar la tarea se ha decidido que los contenedores, tanto para el encajado de las bolsas como para transportar el producto después de ser contado al siguiente puesto sean finitos. Es decir al igual que en la industria no se dispone de material infinito si no que se debe calcular perfectamente la producción.

Las primeras simulaciones tenderán a encajar cada producto en cajas diferentes, siguiendo la producción por lotes tradicional. De esta forma en muchos casos las cajas irán a medio llenar. Las condiciones establecidas en la definición de las etapas no dicen nada al respecto, por lo que hay libertad para llenar las cajas con el producto que se desee para cumplir con la demanda del cliente. Como se verá más adelante el número de cajas estará acotado en la definición de la demanda.

### - **Reposado del producto**

Como se ha comentado durante todo el desarrollo en el caso de los elementos de goma el producto debe reposar antes de ser envasado. Esto se hace para ser fieles a la realidad, donde la gelificación del producto termina en el reposado en cubetas previo al envasado.

Se debe controlar que estos tiempos se cumplan. Será normal que en las primeras producciones esto no se tenga en cuenta y se pretenda similar el envasado sin haber pasado el tiempo mínimo, lo que va a suponer un producto no conforme.

Lo más normal sería comenzar por la producción de los caramelos duros, que no requieren de reposado y comenzar por los siguientes, pero una vez más se debe preparar la demanda para que esto no sea posible, y se deba esperar para envasar.

Estos serían los aspectos más importantes a tener en cuenta a la hora de simular la producción, aunque es evidente que durante las simulaciones aparecerán muchos más, como por ejemplo que sistema de abastecimiento de las líneas utilizar, o la gran cantidad de WIP que se genera antes de los puntos de encajado y paletizado.

En el siguiente desarrollo puede verse además del árbol de producto (ver figura xx) para una variante de las comentadas, la simulación del envasado de uno de los productos definidos anteriormente intentando crear un punto de vista realista de todos los aspectos comentados hasta el momento.

El árbol de producto de la figura 20, está diseñado para la el producto 1 de 25 gramos. En el caso del resto de productos la única variable que cambia es el número de caramelos presentes en una bolsa.

**PALET (1)**



**CAJA (4)**



**BOLSA (20)**

**Código QR (1)**



**Etiqueta (1)**



**Caramelo (6)**



Figura 4. 20: árbol de producto



Figura 4.21: Simulación proceso de envasado I

En la figura 4.21 pueden verse todos los elementos necesarios para el simulado de un primer proceso de envasado, tanto el producto como los elementos para la verificación de la calidad.

Siguiendo el árbol de producto descrito con anterioridad se han seguido los pasos necesarios para la creación del producto final siguiendo el esquema que puede verse en la figura 4.22, para conformar un producto final de 25 gramos de producto 1.

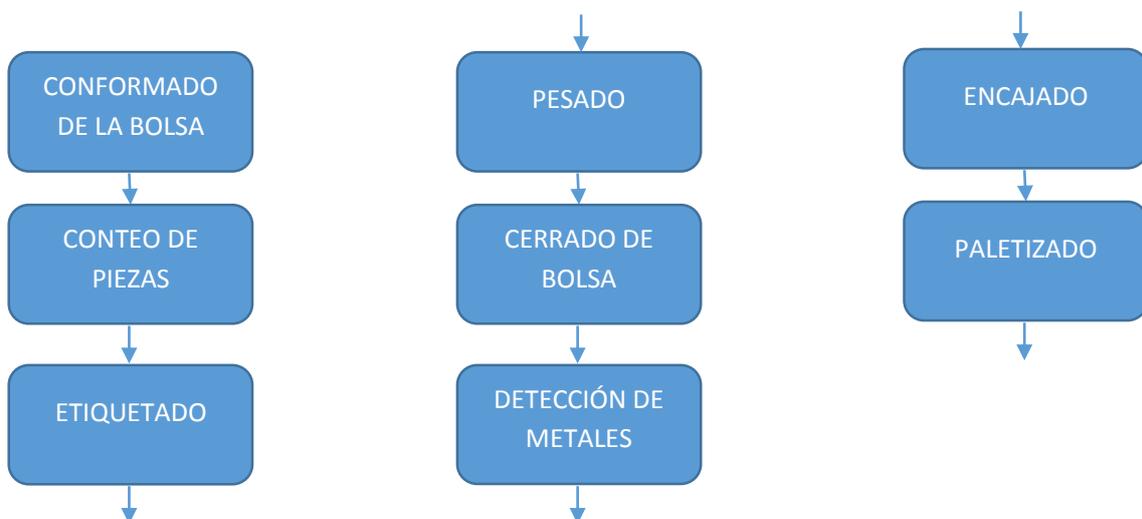


Figura 4.22: Simulación proceso de envasado II

## Producto Escuela Lean

### - Conformado de la bolsa

Se puede seguir el proceso según figura xx, de arriba abajo y de izquierda a derecha. Ver figura 4.23



Figura 4.23: Conformado de bolsa

## Producto Escuela Lean

### - Conteo de piezas

Como se ha visto en desarrollos previos el conteo de piezas depende del producto en este caso el numero para cumplir con 25g es de 8 piezas. Ver figura 4.24



Figura 4.24: Conteo de piezas

### - Etiquetado

En este punto se ha colocado el código QR oportuno y se ha incluido el peso de forma manual. Incluyendo además la etiqueta en la bolsa. Ver figura 4.25



Figura 4.25: Etiquetado

## Producto Escuela Lean

### - Llenado

En este punto se introducen los caramelos previamente contados en la bolsa. Ver figura 4.26



Figura 4.26: Llenado

### - Pesado

En este punto se debe pesar la bolsa verificando que el peso es el indicado en la etiqueta. Ver figura 4.27



Figura 4.27: Pesado

## Producto Escuela Lean

### - Cerrado de bolsa

En este punto la bolsa se cierra. Se ha decidido utilizar clips a modo de prototipo para este primer ensayo. Ver figura 4.28



Figura 4.28: Cerrado de bolsa

### - Detección de metales

En este punto la bolsa se pasa la bolsa por un imán para verificar la no presencia de metal. Para esta primera simulación se utilizó un prototipo no funcional que detectaría por medio de una luz verde o roja si hay presencia de metal. Ver figura 4.29



Figura 4.29: Detección de metales

### - Encajado y paletizado

En este punto se introduce 20 bolsas en la caja y se preparan para ser paletizadas. Ver figura 4.30



Figura 4.30: Encajado

### 5. Estudio Económico

---

En el siguiente apartado se puede observar la estimación del coste económico que supondría el desarrollo de este proyecto. En las siguientes hojas se desglosa tanto las personas necesarias para la consecución como los costes de materiales equipos, consumibles o software.

Es evidente que este desarrollo ha sido realizado por una única persona que ha debido adquirir el rol de cada una de las personas participantes del proyecto, dependiendo de la tarea a desarrollar.

Para desglosar cada uno de los costes del presente proyecto se desglosará, en las diferentes etapas de desarrollo, viendo que rol ha adquirido el desarrollador en cada casa y que costes supone todo esto.

#### 5.1. Etapas de desarrollo del proyecto.

---

Este proyecto cuenta con seis etapas claramente definidas para la consecución de su objetivo, el desarrollo de un producto para la escuela Lean de la escuela de ingenierías industriales de la universidad de Valladolid.

- Etapa 1: Recopilación de información.

En esta primera fase se ha recopilado la información necesaria para el desarrollo del producto para la escuela Lean. Tanto para comprender las técnicas Lean como la industria receptora del producto final, la industria de la alimentación.

La persona encargada de recopilar y gestionar toda esta información debe ser una persona que cuente con conocimientos técnicos de la industria para la correcta asimilación de la información. Por lo tanto la persona encargada de esta etapa debería ser un ingeniero Industrial.

El tiempo necesario para la consecución de esta etapa debe ser de aproximadamente 4 semanas.

- Etapa 2: Diseño del producto.

En esta etapa se recopila la información buscada y se procesa para crear una serie de prototipos que se asemejen de la forma más realista a la naturaleza de la industria alimentaria. El producto debe quedar definido a través de una serie de planos técnicos por lo que se necesita un ingeniero industrial especializado en diseño industrial para la creación de estos prototipos.

Esta operación requiere de tres semanas y puede ser contemporánea con la etapa 1 desde que esta haya cumplido con la recopilación de la información relativa al producto.

- Etapa 3: Diseño del proceso

En esta etapa, con el diseño del producto ya empezado se debe definir un proceso que reúna las condiciones presentes en la industria y que permita la implantación de técnicas Lean. Por este motivo la persona encargada de esta fase debe ser un ingeniero industrial, que empleará aproximadamente tres semanas en la consecución de este objetivo.

## Estudio económico

- Etapa 4: Construcción del prototipo.

En esta etapa se debe construir el prototipo que ha quedado definido en la etapa 2. Este prototipo debe cumplir con los requerimientos definidos en la etapa de diseño, que además deberá contener las indicaciones a través de planos técnicos para su consecución.

En este caso los prototipos se han adquirido directamente a externos, no implicando de esta forma contar con personal cualificado.

Esta tarea requiere de 1 semana y será realizada por el secretario.

- Etapa 5: Simulación del proceso productivo.

En esta etapa, una vez adquiridos los prototipos se debe simular un proceso de envasado, objeto final del proyecto estudiando su viabilidad. En esta etapa se emplea una semana, tanto para la simulación como para la documentación de las operaciones.

Es necesaria la intervención de dos operarios, uno que simule el proceso y otro que documente gráficamente las operaciones.

- Etapa 6: Redacción del tomo y difusión

Por último se debe redactar un tomo que recoja toda esta información. Esta tarea ocupa cuatro semanas y debe ser realizada por un ingeniero industrial capaz de comprender lo descrito a lo largo de todo el proyecto. Además en esta etapa se contemplan también las acciones necesarias para la difusión del proyecto

En la figura 5.1 puede verse un diagrama de Gantt que describe este proceso a demás que desglosa el tiempo necesario de cada uno de los interviniente en el proyecto incluyendo un director que coordine todo el desarrollo.

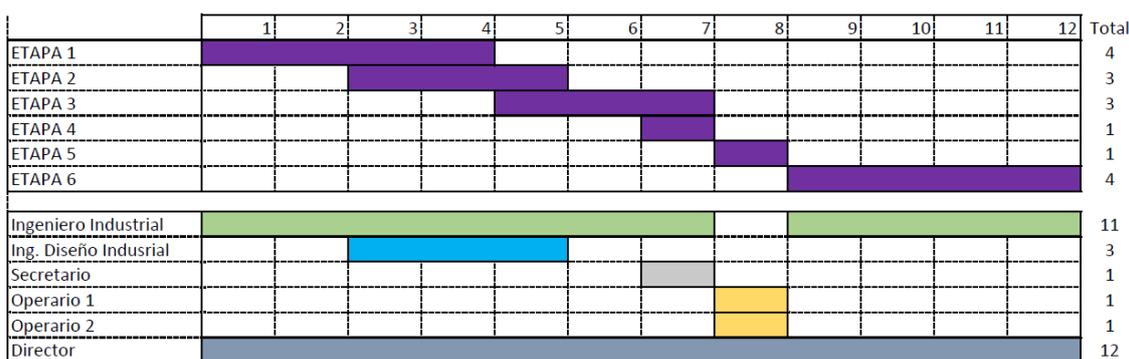


Figura 5.1. Diagrama de Gantt

Como se deduce de este Gantt, la ocupación en el tiempo del proyecto tendrá una extensión de 12 semanas, con seis trabajadores.

Para el cálculo de los sueldos de cada uno de estos trabajadores se ha obtenido el tiempo en semanas que cada uno de ellos ocupara a lo largo del proyecto. Como puede verse también en la figura 5.1.

## 5.2. Costes económicos.

En los siguientes desarrollos se desglosan los costes salariales, costes de consumibles, coste del prototipo, coste de material y equipo y costes indirectos, además de un apunte final con los costes totales del proyecto.

### 5.2.1 Costes salariales

A continuación en la figura 5.2 y figura 5.3 se desglosan los costes económicos debidos al personal necesario para la consecución del proyecto.

Personal	Salario mensual	Salario Semanal
Director	2120 €	530€
Ingeniero Industrial	1523€	381€
Ing. Diseño Industrial	1523€	381€
Operario 1	1085€	271€
Operario 2	1085€	271€
Secretario	1123€	281€

Figura 5.2. Salarios

Personal	Salario sem.	Cantidad	Coste total
Director	530€	12	6360€
Ingeniero Industrial	381€	11	4191€
Ing. Diseño Industrial	381€	3	1143€
Operario 1	271€	1	271€
Operario 2	271€	1	271€
Secretario	281€	1	281€
		<b>Total</b>	<b>12.517€</b>

Figura 5.3. Costes salariales

### 5.2.2 Costes de material

Como se ha comentado el prototipo y el material necesario para la simulación del proceso, ha sido adquirido a un externo, a continuación en la figura 5.3, puede verse el coste de cada una de las partes.

Estos costes reflejan la inversión requerida tanto para la adquisición de un prototipo como para la simulación de la primera producción con el prototipo.

<i>Material</i>	<i>Coste</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Coste total</i>
Prototipo de caramelo	0.20 €	160	32 €
Prototipo etiqueta	0.05€	20	1€
Prototipo bolsa	0.05€	20	1€
Prototipo caja	1.50€	1	1€
Báscula	15.60€	1	15.60€
Útil detec. de metales	3.20€	1	3.20€
		<b>Total</b>	<b>53.80€</b>

Figura 5.4. Costes del material

### 5.2.3 Costes del equipo

A continuación en la figura 5.5 se desglosan los costes de del software y los equipos necesarios para la realización el proyecto.

Para el correcto diseño del producto ha sido necesaria la utilización de software de diseño avanzado que requiere de inversiones altas, pero imprescindibles para la correcta definición de los elementos.

<i>Concepto</i>	<i>Coste</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Coste total</i>
Portatil HP Pavilion Dv6	1085€	1	1085€
Catia V5R18 Licencia estudiante	790€	1	790€
AutoCAD 2015 Licencia anual	360€	1	360€
Microsoft Excel 2013 Versión no comercial	79€	1	79€
Microsoft Word 2015 Versión no comercial	79€	1	79€
Microsoft Windows 8 Versión no comercial	95.95€	1	95.95€
		<b>Total</b>	<b>2488.95€</b>

Figura 5.5. Costes del equipo

El coste total del equipo es de 2488.95€, cantidad económica que se supone se amortizará en un periodo lineal de 12 semanas, el tiempo asignado para la ejecución del proyecto. En la figura 5.6 pueden verse el desglose de la amortización durante la realización de este proyecto

## Estudio económico

<i>Concepto</i>	<i>Coste</i>	<i>Semanas Año</i>	<i>Amortización semanal</i>
Portatil HP Pavilion Dv6	1085€	12	90.42€
Catia V5R18 Licencia estudiante	790€	12	65.83€
AutoCAD 2015 Licencia anual	360€	12	30€
Microsoft Excel 2013 Versión no comercial	79€	12	6.58€
Microsoft Word 2015 Versión no comercial	79€	12	6.58€
Microsoft Windows 8 Versión no comercial	95.95€	12	7.99€
<b>Total</b>			<b>207.40€</b>

Figura 5.6. Amortización

### 5.2.4 Costes de los consumibles

A continuación en la figura 5.7 se puede ver desglosado el coste de los consumibles necesarios para el desarrollo del proyecto.

<i>Concepto</i>	<i>Coste total</i>
Papel	20€
Costes de impresión	18€
CD's y memorias USB	8€
Otros	15€
<b>Total</b>	<b>61€</b>

Figura 5.7. Costes consumibles

### 5.2.5 Costes indirectos

A continuación en la figura 5.8 se puede ver desglosado el coste indirectos asociados al desarrollo del proyecto

Concepto	Coste total
Teléfono	40€
Conexión a internet	90€
Electricidad	30€
Otros	15€
<b>Total</b>	<b>175€</b>

Figura 5.8. Costes indirectos

### 5.2.6 Costes por etapas

Por último en la figura 5.9 se puede el coste económico total del en cada una de las seis etapas de desarrollo, desglosando las actividades realizadas en cada caso.

**ETAPA 1: Recopilación de información** (Ver figura 5.9)

Concepto	semanas	Coste	Total	
<b>Personal</b>	Director	3	530 €	1590 €
	Ingeniero industrial	4	381 €	1524 €
	Ingeniero de diseño industrial	0	381 €	0 €
	Operario 1	0	271 €	0 €
	Operario 2	0	271 €	0 €
	Secretario	0	281 €	0 €
<b>Amortización</b>	3	207.40 €	622.2€	
<b>Costes de Material</b>	0	53.80 €	0 €	
<b>Costes de Consumibles</b>	3	5.08 €	15.24 €	
<b>Costes indirectos</b>	3	14.58 €	43.74 €	
<b>TOTAL</b>			<b>3795.18€</b>	

Figura 5.9. Costes etapa 1

## Estudio económico

### **ETAPA 2: Diseño del producto** (Ver figura 5.10)

Concepto		semanas	Coste	Total
<b>Personal</b>	Director	2	530 €	1060€
	Ingeniero industrial	0	381 €	0 €
	Ingeniero de diseño industrial	3	381 €	1143€
	Operario 1	0	271 €	0 €
	Operario 2	0	271 €	0 €
	Secretario	0	281 €	0 €
<b>Amortización</b>		2	207.40 €	414.80€
<b>Costes de Material</b>		0	53.80 €	0 €
<b>Costes de Consumibles</b>		2	5.08 €	10.16 €
<b>Costes indirectos</b>		2	14.58 €	29.16 €
			<b>TOTAL</b>	2657.12€

Figura 5.10. Costes etapa 2

### **ETAPA 3: Diseño del proceso** (Ver figura 5.11)

Concepto		semanas	Coste	Total
<b>Personal</b>	Director	2	530 €	1060€
	Ingeniero industrial	3	381 €	1143€
	Ingeniero de diseño industrial	0	381 €	0 €
	Operario 1	0	271 €	0 €
	Operario 2	0	271 €	0 €
	Secretario	0	281 €	0 €
<b>Amortización</b>		2	207.40 €	414.8€
<b>Costes de Material</b>		0	53.80 €	0 €
<b>Costes de Consumibles</b>		2	5.08 €	10.16€
<b>Costes indirectos</b>		2	14.58 €	29.16€
			<b>TOTAL</b>	2657.12 €

Figura 5.11. Costes etapa 3

## Estudio económico

### **ETAPA 4: Construcción del prototipo** (Ver figura 5.12)

Concepto		semanas	Coste	Total
Personal	Director	0	530 €	0 €
	Ingeniero industrial	0	381 €	0 €
	Ingeniero de diseño industrial	0	381 €	0 €
	Operario 1	0	271 €	0 €
	Operario 2	0	271 €	0 €
	Secretario	1	281 €	281€
Amortización		0	207.40 €	0 €
Costes de Material		1	53.80 €	53.80€
Costes de Consumibles		0	5.08 €	0 €
Costes indirectos		0	14.58 €	0 €
			<b>TOTAL</b>	334.80€

Figura 5.12. Costes etapa 4

### **ETAPA 5: Simulación del proceso** (Ver figura 5.13)

Concepto		semanas	Coste	Total
Personal	Director	1	530 €	530€
	Ingeniero industrial	0	381 €	0 €
	Ingeniero de diseño industrial	0	381 €	0 €
	Operario 1	1	271 €	271€
	Operario 2	1	271 €	271€
	Secretario	0	281 €	0€
Amortización		1	207.40 €	207.40 €
Costes de Material		0	53.80 €	0 €
Costes de Consumibles		1	5.08 €	5.08€
Costes indirectos		1	14.58 €	14.58€
			<b>TOTAL</b>	1299.06€

Figura 5.13. Costes etapa 5

## Estudio económico

### ETAPA 6: Simulación del proceso (Ver figura 5.14)

Concepto		semanas	Coste	Total
<b>Personal</b>	Director	4	530 €	2120 €
	Ingeniero industrial	4	381 €	1524 €
	Ingeniero de diseño industrial	0	381 €	0 €
	Operario 1	0	271 €	0 €
	Operario 2	0	271 €	0 €
	Secretario	0	281 €	0 €
<b>Amortización</b>		4	207.40 €	829.60€
<b>Costes de Material</b>		0	53.80 €	0 €
<b>Costes de Consumibles</b>		4	5.08 €	20.32€
<b>Costes indirectos</b>		4	14.58 €	62.32€
			<b>TOTAL</b>	4556.24€

Figura 5.14. Costes etapa 6

### 5.2.7 Costes totales

Por último en la figura 5.15 se puede el coste económico total del proyecto suponiendo que hubiese sido desarrollado por un equipo de seis personas.

Concepto	Coste total
Costes salariales	12.527€
Costes del material	53,80€
Costes del equipo	2488,95€
Costes de los consumibles	61€
Costes indirectos	175€
<b>Total</b>	<b>15.305,75€</b>

Figura 5.15. Costes totales

### 6. Conclusiones y futuros desarrollos

---

En este último apartado y como cierre del presente trabajo fin de máster se presentan una serie de conclusiones obtenidas durante su realización y se plantean futuros caminos para la continuación del desarrollo de este proyecto.

En primer lugar se debe analizar en qué grado, este trabajo, satisface los objetivos planteados en el inicio del desarrollo, y si el alcance del presente documento es el planteado.

Este trabajo fin de máster se proponía desarrollar una serie de prototipos válidos para la escuela Lean de la escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Valladolid. A lo largo del desarrollo se ha podido ver como este trabajo presenta una alternativa al proceso de montaje que se desarrolla actualmente en la escuela.

En el caso del producto diseñado, no es un tema cerrado, ya que la variedad de caramelos es infinita, y su simplicidad de diseño, hacen que sea posible ampliar la gama de productos hasta conseguir un nivel que satisfaga la dificultad con la que se quieran simular los procesos en la escuela Lean.

Este proyecto presenta cinco variedades de caramelos, dos del tipo duro y tres de tipo goma, con distintos recubrimientos cada uno de ellos. Se han escogido esta gama de productos, ya que como se ha mencionado anteriormente, se centra únicamente en el proceso de envasado.

Las posibilidades futuras son incontables, la incursión de caramelos, que por ejemplo estén envueltos, presenta modificaciones grandes en el propio proceso, o la incursión de grageas, como son los chicles, plantean nuevos desarrollos futuros.

A pesar de existir la posibilidad de ampliar la gama de productos el presente documento define un producto y un proceso con la suficiente complejidad como para ser simulado en la escuela Lean.

Por este motivo se considera que uno de los desarrollos futuros más importantes que debe ser mencionado es la industrialización de este proceso. Para ello se deberían crear grandes lotes de caramelos que fuesen almacenados en la escuela, y optimizar toda la distribución en planta para que fuese posible su producción

Se debería además establecer una serie de condiciones iniciales que estableciesen demandas realistas, y simular varias producciones, realizando tomas de tiempos para poder optimizar las operaciones.

Este planteamiento no es incompatible con la ampliación de las referencias sino que deberían de ser contemporáneos en su desarrollo. Conocer el proceso que se va a simular y contar con datos reales, va a permitir conocer la flexibilidad del proceso y estimar la posibilidad de incluir nuevos productos, o nuevas tareas como serian la de envoltura.

Otro punto en el que debe continuar el desarrollo de este producto es la simulación de las etapas anteriores al envasado del producto. Como se ha mencionado a lo largo del desarrollo la producción del caramelo es un proceso complejo, difícil de simular en un laboratorio Lean.

## Conclusiones y futuros desarrollos

A pesar de ello existen diferentes posibilidades para la simulación de este proceso. Una de ellas se comenta brevemente en las páginas anteriores, que sería utilizar el material ya presente en la escuela Lean, para el punzonado de paragolpes de modo que simulase la etapa de troquelado de la creación de caramelo. Es evidente que se pierde realismo pero se completaría aún más el proceso. Aun así esto no describiría por completo el proceso, y esa debería ser la tarea de un proyecto futuro.

Por último se debe hacer una pequeña reseña sobre lo que supondría la implantación de un producto de este tipo en la escuela Lean.

Es evidente que la automoción está técnicamente muy por delante del resto de la industria, los pequeños márgenes de error les han hecho evolucionar hasta convertirse en la élite de la manufactura. En el caso de la alimentación, la diferencia tecnológica es aún más acuciada. Este es un sector en el que hasta hace relativamente pocos años no se planteaba instaurar técnicas de manufactura siguiendo estándares de automoción, siempre ha existido esa idea equivocada de que no hay ni un solo aspecto en común entre un coche y la comida.

La situación económica actual, donde las empresas necesitan reducir los costes para ajustar los precios y conseguir competitividad en el mercado, ha hecho que por fin se mire al resto de industrias. Esto ha provocado que la industria de la alimentación sea una de las que más crece en los últimos años, en gran medida gracias a implantación de técnicas Lean.

Por este motivo la implantación de un producto de este tipo en la escuela hace que los alumnos conozcan los procesos de este tipo de industria, abriéndoles así un gran camino de futuro para convertirse en colaboradores de estas plantas productivas en la implantación de técnicas Lean Manufacturing.

### 7. Bibliografía

---

- Graban, M. (2013). Eiji Toyoda, Credited with Developing TPS and Expanding Toyota into North America, Passes Away at 100. Recuperado en Abril 2015 de: <http://www.leanblog.org/2013/09/eiji-toyoda-credited-with-expanding-toyota-and-tps-into-north-america-passes-away-at-100/>

- Fernandez, G. (2014). Los 7 mudas: ¿Sabes cuáles son los 7 desperdicios de las empresas? Recuperado en Marzo de 2015 de: <http://prevenblog.com/las-7-mudas/>

-Wikipedia.org. Círculo de Deming. Recuperado en Abril 2015 de: [https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%ADrculo\\_de\\_Deming](https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%ADrculo_de_Deming)

- Zapata Vargas, F. (2013). Administración de la producción – Jidoka. Recuperado en Abril 2015 de: <http://administracion-produccion-unalmed.blogspot.com.es/>

-Solánlly Rodríguez, D. (2015). Las 5's. Recuperado en Mayo 2015 de: <http://dianarytatianagydeisyg.blogspot.com.es/p/historia-de-las-5s.html>

- Garcia Garrido, S. TPM- Total productive maintenance. Recuperado en Mayo 2015 de: <http://www.mantenimientopetroquimica.com/tpm.html>

- PdcaHome.com. POKA YOKE – Diseño a prueba de errores. Recueperado en Mayo 2015 de: <http://www.pdcahome.com/poka-yoke/>

-Wikipedia.org. Kanban. Recuperado en Mayo 2015 de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Kanban>

-Ellahoy.es. Caña de azúcar, ¿es mala?: Propiedades y contraindicaciones. Recuperado en Junio 2015 de: <http://www.ellahoy.es/salud/articulo/cana-de-azucar-es-mala-propiedades-y-contraindicaciones/185925/>

## Bibliografía

-Cocinista.es. Goma arábica. Recuperado en Junio de 2015 de: <http://www.cocinista.es/web/es/enciclopedia-cocinista/ingredientes-modernos/goma-arabica.html>

-Delani.biz. Bastoneadoras y Egalizadoras. Recuperado en Julio 2015 de: <http://delani.biz/productos.php?grupo=29>

- Villora Ruíz, J. ¿GOLOSINAS? SÍ, PERO AHORA EN CASA. Recuperado en Julio 2015 de: <https://homefoodfactory.wordpress.com/2014/03/17/golosinas-si-pero-ahora-en-casa/>

- Escuela-lena.es. Escuela Lean. Recuperado en Agosto 2015 de <http://escuela-lean.es/>

## Bibliografía