

# **USO DIDÁCTICO DE HERRAMIENTAS SEIS SIGMA. CASOS PRÁCTICOS**

DANIEL LIGORRED LOBE  
PROYECTO FIN DE CARRERA  
INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL MECÁNICA  
CURSO 2011-12

**ÍNDICE**

<b>1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS</b>	<b>2</b>
<b>2. ANTECEDENTES</b>	<b>3</b>
<b>3. METODOLOGÍA</b>	<b>7</b>
<b>4. DESARROLLO</b>	<b>40</b>
<b>5. CONCLUSIONES</b>	<b>44</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>45</b>

## **1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS**

Desde principios de la era industrial el ser humano ha intentado mejorar los procesos productivos buscando un aumento de la productividad en un principio y la mejora de la calidad más tarde.

Durante el siglo pasado es cuando se empieza a desarrollar el concepto de calidad, se comienza a utilizar la estadística para el control de los procesos industriales (Walter Shewhart), y se crean nuevas teorías sobre la gestión de la calidad (W. Edwards Deming, Joseph M. Juran, Feigenbaum), siendo Japón el primer país que empezó a implantar estos métodos en su industria, lo que le convirtió en líder mundial en calidad, y le ha hecho tener una posición privilegiada sobre el resto de países durante años.

Esta carrera por la consecución de los procesos productivos más eficientes en cuanto a productividad y calidad, ha llevado a la creación de estas teorías y herramientas de gestión de la calidad, como la *Gestión de la calidad total (TQM)*, o el *Control estadístico de procesos (SPC)*, ambas se consideran precursoras de *Seis Sigma*.

La estrategia *Seis sigma* busca reducir la variación, los defectos y los errores en todos los procesos a través de una organización, para así lograr la cuota de mercado, minimizar los costos e incrementar los márgenes de ganancia. Se pone énfasis a la explicación de una estrategia sobresaliente y de los elementos para implementar la metodología (definir el proceso, medirlo, analizar sus datos, mejorarlo y controlarlo) para la reducción de la variabilidad y el logro de *Seis Sigma* (3 defectos por millón de oportunidades).

Mediante la metodología *Seis Sigma* y las distintas herramientas en ella usada, en el presente proyecto se van a desarrollar 5 casos teóricos y su solución, con el objeto de crear unas prácticas para la asignatura Ingeniería de la calidad y Seguridad del Producto.

Todos los casos van a llevarse a cabo en la empresa BEALUC (empresa ficticia dedicada a la fabricación de piezas plásticas), la cual ya se está usando en otras prácticas de la asignatura, de esta manera se pretende llevar una continuidad con el resto de las prácticas ya existentes en la asignatura.

## **2. ANTECEDENTES**

A continuación se va a describir la empresa BEALUC y su situación

### **2.1. Información básica**

2.1.1. La empresa BEALUC S.A. es una empresa dedicada al sector de fabricación de piezas de plástico por soplado e inyección de alta precisión y en grandes series.

2.1.2. La empresa tiene un tamaño medio, con una plantilla aproximada de 500 personas distribuidas en varios centros de trabajo de la siguiente forma:

Planta 1 (a)	150 personas	Producción destinada a Exportación (sector automoción)
Planta 1 (b)	100 personas	I + D + i
Planta 2	100 personas	Producción destinada al Mercado Nacional (sector automoción)
Planta 3	50 personas	Producción destinada al Mercado Nacional (sector juguetero)
Planta 4	50 personas	Producción de pequeñas series
Oficinas	50 personas	Tareas comerciales
Total	500 personas	

2.1.3. El mercado donde van destinados estos productos son empresas fabricantes de automóviles del mercado nacional e internacional y empresas jugueteras del sector nacional. Aproximadamente un tercio de su producción se destina a mercados de fuera de España.

2.1.4. El capital de la empresa es 100% nacional, de tipo privado, sin intervención de entidades bancarias o similares.

2.1.5. Las plantas trabajan con procesos con un flujo de materiales bastante continuo y la gran mayoría del personal de producción trabaja a tres turnos.

2.1.6. La Dirección de la Empresa está formada por un Comité Directivo, que consta de seis personas:

- Director General
- Director de Administración-Finanzas
- Director Comercial
- Director Industrial
- Director de Producción
- Director de Personal

2.1.7. Este Comité Directivo da cuenta de su gestión al Consejo de Administración (representado por su Presidente y por su Vice-Presidente), con carácter trimestral o incluso con una frecuencia menor si se presenta alguna situación cuya envergadura así lo aconseje.

### **2.2. Problemática que se plantea**

2.2.1. Ha de aumentar la calidad de los productos que fabrica para poder dar respuesta adecuada a las exigencias cada vez mayores que plantean los mercados a los que suministra la empresa.

2.2.2. Ha de conseguirse una reducción importante de los costes de fabricación, a fin de poder ofrecer unos mejores precios de venta y de esta manera poder afrontar los retos que plantea la competencia internacional y poder aumentar los actuales coeficientes de penetración en el mercado.

2.2.3. Ha de mejorarse el actual ambiente laboral, especialmente en la Planta 1(a), que es ciertamente conflictivo por dos razones principales:

- Sindicalismo más activo que en las demás plantas
- Comunicación poco fluida

2.2.4. En general el personal no está motivado hacia la Calidad y muestra muy poco interés por la Formación que se imparte en la empresa, pues se dice que es muy teórica y poco útil.

### **2.3. Cuadro de Datos Cuantificables**

#### **Datos Históricos:**

	A-3	A-2	A-1	A
Productividad (Unidades/hora)	105	103	116	120
% Desperdicios	6,7	6,5	6,9	6,3
% Reprocesos	8,1	7,3	7,3	7,5
% Devoluciones Clientes	1,7	1,3	1,6	2,1
% Absentismo total	6,9	6,1	5,9	6,5
% Absentismo (conflictos)	0,2	0,8	0	0,6
Formación (horas x asistentes)	4750	3800	4250	3750
Formación (h. x asist./persona)	10,1	7,9	8,7	7,5

A = resultados del año actual

A-1 = resultados del año anterior

A-2 = resultados de hace 2 años

A-3 = resultados de hace 3 años

#### **Objetivos Previstos:**

	A	A+1	A+2	A+3
Productividad (Unidades/hora)	120	126	140	160
% Desperdicios	6,3	6	5	4
% Reprocesos	7,5	7	6	4,5
% Devoluciones Clientes	2,1	1,5	1	0,5
% Absentismo total	6,5	5,5	5	4,5
% Absentismo (conflictos)	0	0	0	0
Formación (horas x asistentes)	3750	6000	10000	7500
Formación (h. x asist./persona)	7,5	12	20	15

A = resultados del año actual

A+1 = previsión de resultados para el año siguiente

A+2 = previsión de resultados para dentro de 2 años

A+3 = previsión de resultados para dentro de 3 años

#### **2.4. Información complementaria**

2.4.1. Los datos expuestos hacen referencia a toda la empresa, o sea la producción de todas las plantas y a la totalidad de las personas de la plantilla.

2.4.2. Si hiciéramos comparaciones entre las plantas, los datos correspondientes a la Planta 1 (a) son "peores" que los datos de las demás Plantas, aunque no de una forma muy significativa.

Hay que considerar que los datos no son totalmente comparables, ya que en la Planta 1 (a) se hace una producción destinada al sector de automoción y por tanto más "difícil"

2.4.3. Los balances económicos de los últimos años presentan beneficios, si bien la tendencia es descendente.

2.4.4. Las carteras de pedidos de las Plantas pueden considerarse normales, con una cierta tendencia a la baja en el último año.

2.4.5. En la Planta 1 se acaba de firmar un convenio con el Comité de Empresa por dos años.

En las Plantas 2, 3 y 4 nunca ha habido conflictos laborales. No existe convenio particular de empresa y los convenios provinciales que les afecten vencen dentro de 1 año aprox.

2.4.6. En todas las plantas hay establecido desde hace mucho tiempo un Sistema de Sugerencias, a fin de estimular las pequeñas mejoras a nivel individual. Los Premios previstos no son muy importantes y la participación del personal es muy escasa, prácticamente nula.

2.4.7. El personal no cualificado de las secciones de producción tiene establecido un sistema de prima directa por productividad.

2.4.8. Solo se practica auto-control en las secciones de producción de la planta 3.

#### **2.5. Implementación de un Sistema de la Calidad**

2.5.1. Uno de los principales objetivos del Consejo de administración de la empresa es la implantación de un Sistema de Gestión de la Calidad capaz de cumplir con los requisitos de la ISO 9001:2008 (se aborda en la primera práctica de la asignatura Ingeniería de la calidad y Seguridad del Producto). Por lo que todos los ejercicios que se van desarrollar en este proyecto van a ser teniendo en cuenta que la empresa Bealuc es trabaja bajo los requisitos de la ISO 9001:2008.

## 2.6. Organigrama de la planta de producción A



### **3. METODOLOGÍA**

Las prácticas diseñadas siguen un mismo patrón. En primer lugar se crea un problema de calidad el cual tendrá que ser resuelto por los alumnos con la utilización de diferentes herramientas estadísticas, de resolución de problemas y de toma de decisiones. Además de crear el problema, también se va a proponer una posible solución.

Las herramientas propuestas van a basarse en la metodología Seis Sigma. Seis Sigma es una metodología sistemática de reducir costes de forma proactiva, concentrándose en la mejora de los procesos más que reaccionando corrigiendo fallos una vez ocurridos. Seis Sigma se basa en mediciones más que en experiencias pasadas, por ello es una metodología aplicable a un amplio campo de actividades empresariales. Conceptualmente Seis Sigma exige que cada problema se resuelva a partir de una relación de la forma:

$Y=f(x,y,\dots,z)$ ; donde  $Y$  es la variable dependiente ;  $x,y,\dots,z$ : variables independientes.

Seis Sigma aporta las enseñanzas para encontrar dicha ecuación.

Cualquier trabajo de mejora de calidad requiere actuaciones sistemáticas y la ayuda de la estadística, sean a largo o a corto plazo.

A continuación se va a describir las distintas herramientas usadas para la resolución de los distintos ejercicios propuestos.

#### **3.1 HERRAMIENTAS DE RESOLUCIÓN Y ANÁLISIS DE PROBLEMAS.**

##### **3.1.1. Diagrama de causa y efecto (también Ishikawa, espina de pez o 6 m)**

###### **Descripción:**

Herramienta utilizada para relacionar causas y efectos. Se puede utilizar para estructurar el resultado de una sesión de tormenta de ideas. De una forma inmediata, ordena ideas de acuerdo a unas categorías predefinidas.

###### **Para que utilizarla:**

- - Para identificar características y parámetros claves.
- - Para identificar las distintas causas que afectan a un problema
- - Para lograr entender un problema por parte de un grupo

###### **Cuando utilizarla:**

- En el despliegue de características claves.
- En la búsqueda de las causas posibles de un problema.
- Para la organización de los resultados de una sesión de tormenta de ideas.

- En la identificación de las fuentes de variación de un proceso.
- En la realización de un diseño de experimentos.

**Cómo utilizarla:**

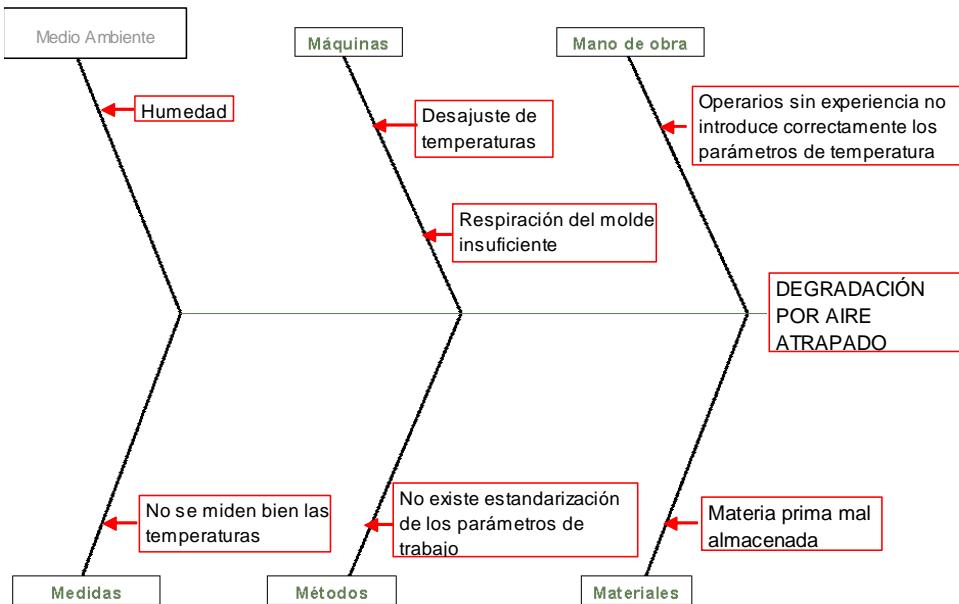
- Establecer y acordar con el grupo de trabajo la definición del problema objeto de la discusión. Esta definición constituirá el “efecto”.
- Determinar las categorías más importantes de causas del problema. Se suelen seleccionar las siguientes: Mano de obra, máquinas, materiales, métodos, medidas y medioambiente (6 m)
- Escribir el “efecto”, dentro de un recuadro, a la derecha de una pizarra u otra superficie de presentación. Trazar una línea horizontal que ocupe toda la pizarra y que termine en la caja donde se encuentre representado el efecto.
- Escribir las causas principales determinadas en el paso anterior al final de las líneas oblicuas que parten de la línea horizontal mencionado antes.

Cuando se examina cada causa, se hace buscando posibles desviaciones o pautas sospechosas.

- Mediante una tormenta de ideas, se puede determinar todas las posibles causas del problema. Conforme vayan apareciendo ideas a la pregunta ¿por qué sucede esto?, se recopilarán como subcausas relacionadas con las distintas causas principales. En el caso de que exista más de una relación, cada subcausa puede escribirse en más de una posición.
- Para cada una de las subcausas se debe preguntar de nuevo, ¿porqué sucede esto? Y se irán recopilando las sub- subcausas obtenidas relacionándolas con las subcausas. Y así sucesivamente.
- Se puede decir que esta herramienta emplea la tormenta de ideas y los 5 porques con una metodología más compleja que permite una exposición más clara de las ideas obtenidas.

**Análisis:**

- Asegurarse de que la cadena causa/efecto tiene sentido lógico.
- Comprobar si existe alguna causa principal que tenga menos de tres subcausas. En caso afirmativo, revisar el proceso.
- Comprobar si existe alguna causa principal que tenga, de una forma apreciable, menos subcausas que las otras causas principales. En caso afirmativo, revisar el proceso.
- Buscar aquellas causas que aparecen repetidamente.



### 3.1.2. Diagrama de dispersión

#### Descripción de la herramienta:

El diagrama de dispersión es una herramienta gráfica que representa una variable en función de otra ayudando a identificar la posible relación existente entre ambas.

#### Para qué utilizarla:

Para estudiar la relación posible entre dos variables.

#### Cuándo utilizarla:

- A la hora de identificar causas raíces potenciales de problemas.
- Después de una sesión de tormenta de ideas estructurada con un diagrama de causa y efecto con el objeto de determinar objetivamente si una causa y un efecto determinados se encuentran relacionados.
- Cuando sea necesario determinar si dos efectos que parecen estar relacionados entre sí tienen la misma causa.

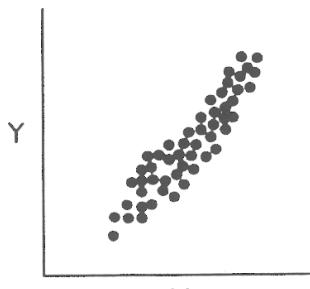
#### Cómo utilizarla:

- Recoger parejas de datos correspondientes a las dos variables entre las que sospecha exista relación.
- Trazar los ejes horizontal y vertical del diagrama de dispersión.
- Etiquetar los ejes. La variable que está siendo investigada como posible causa sitúela en el eje horizontal y la variable “efecto” en el eje vertical.
- Representar gráficamente todas las parejas de datos en el diagrama.

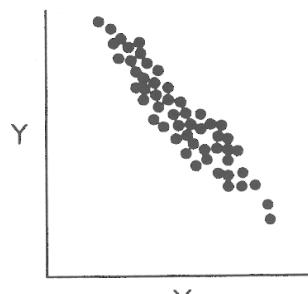
**Interpretación:**

Los puntos representados forman una pauta que es necesario interpretar. La agrupación de los puntos y la dirección de esta agrupación proporciona información relativa al tipo de relación existente entre ambas variables y a la fuerza de dicha relación. Cuanto más fuerte se agrupen los puntos alrededor de una línea, más fuerte será la correlación existente entre ambas variables.

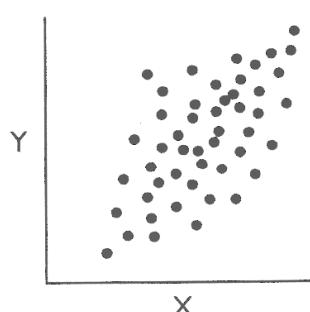
Podemos encontrar correlación positiva cuando un aumento en x produce un incremento en y, correlación negativa cuando un incremento en x produce un incremento negativo en y, la no existencia de correlación. Ver ejemplos:



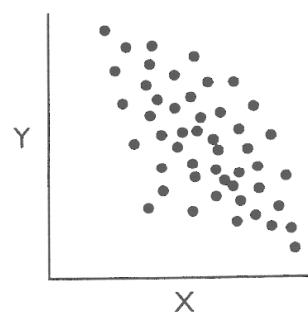
Fuerte, Positiva



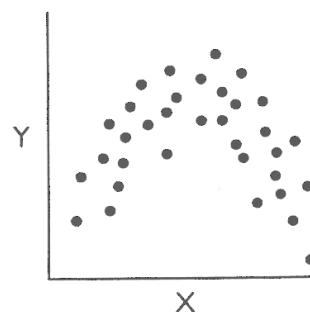
Fuerte, Negativa



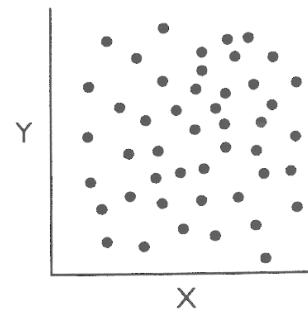
Débil, Positiva



Débil, Negativa



Compleja



Ninguna

### **3.1.3. Diagrama de flujo**

#### **Descripción de la herramienta:**

Representación gráfica de las distintas etapas de un proceso, en orden secuencial. Puede mostrar una secuencia de acciones, materiales o servicios, entradas o salidas de procesos, decisiones a tomar y personas implicadas. Puede describirse cualquier proceso, de fabricación o de gestión, administrativo o de servicios.

#### **Para qué utilizarla:**

- Para mejorar el entendimiento común de un proceso.
- Para estandarizar y documentar los procesos.
- Para identificar los puntos de medición de los procesos.
- Para identificar fuentes de variación de los procesos.
- Para generar ideas respecto a la mejora de los procesos.
- Para identificar actividades sin valor añadido.

#### **Cuándo utilizarla:**

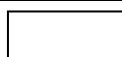
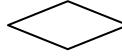
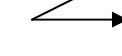
- Al iniciar el estudio de un proceso en particular, como el primer y más importante paso a dar a la hora de conocerlo, entenderlo y encontrar mejoras potenciales: ¿Cómo es realidad el proceso?
- Cuando se diseña un proceso mejorado: ¿Cómo queremos que sea el proceso?
- En la planificación de un proyecto
- Cuando sea necesario mejorar la comunicación entre personas involucradas en un mismo proceso.

#### **Cómo utilizarla:**

- Definir el proceso que se desea representar. Reflejarlo por escrito en una tarjeta y posicionarla en la parte superior de trabajo (mesa, pizarra,...).
- Discutir y acordar cuáles son las fronteras del proceso:
  - o Dónde empieza el proceso
  - o Qué incluye el proceso
  - o Dónde acaba el proceso

Y también el nivel de detalle al que se va a construir el diagrama.

- Realizar una sesión de tormenta de ideas para determinar las etapas del proceso. Escribir cada una de esas etapas en una tarjeta. En ese momento la secuencia no es importante.
- Ordenar las tarjetas en la secuencia apropiada.
- ¿Se han incluido etapas correspondientes a aquellos casos en los que se detecta que algo ha ido mal o correspondientes a la toma de acción correctora? ¿se han incluido aquellas decisiones que se deben tomar y las distintas alternativas existentes en función de la decisión tomada? Si no se ha hecho, éste es el momento.
- Listar las entradas y salidas del proceso. Escribirlas de una en una en tarjetas y situar éstas en el punto apropiado del flujo del proceso.
- Cuando se encuentren incluidas todas las etapas del proceso y exista unanimidad del grupo respecto a que el diagrama es correcto, trazar las líneas que muestren dicho flujo.
- Con objeto de tener una mayor “visibilidad” del proceso, las distintas actividades se suelen enmarcar en unos símbolos especiales. Los símbolos más generalmente usados son los siguientes:

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	EJEMPLOS
	Operación	- Taladrar - Rellenar formato
	Decisión	- ¿Fabricar o comprar? - ¿Aceptar o rechazar?
	Inspección	- Inspeccionar por GC - Auditar
	Retraso	- Pendiente de firma - Pendiente de contestar
	Almacenamiento	- Archivo de documento - Piezas de almacén
	Dirección de flujo	- Mover pieza a próxima situación - Entradas del proceso
	Transmisión	- Transmisión de datos

#### **Análisis:**

- Comprobaciones: Cuando un símbolo de decisión implique una comprobación, deberá analizarse si esta comprobación es necesaria, puesto que, en el caso de que no lo sea, debe eliminarse. En caso de ser necesaria, se debe comprobar que es completa.
- Bucles de reproceso: se debe estudiar cada bucle de reproceso analizando su longitud (número de operaciones repetidas) y cada operación en particular.

- Operaciones: se debe estudiar cada símbolo de operación analizando su necesidad, así como la relación coste/valor añadido al producto asociada a la actividad que representa. Se estudiarán actividades redundantes con el fin de eliminarlas.
- Bases de datos: se analizarán su contenido en lo que respecta a la utilidad y fiabilidad de la información que contienen. Se tendrá muy en cuenta el proceso de mantenimiento y puesta al día de tal información.

### **3.1.4. El histograma**

#### **Descripción de la herramienta**

Gráfico de barras que muestra la distribución de una serie de mediciones individuales tomadas del resultado de un proceso. También se le denomina “distribución de frecuencias” debido a que la altura de las barras del histograma representa la frecuencia de ocurrencia de los valores.

#### **Para qué utilizarla:**

- Permite visualizar de forma rápida la tendencia central, variación y forma de la distribución de las mediciones representadas.
- Permite observar pautas distintas de la aleatoriedad de las mediciones representadas.
- Proporciona información para reducir la variación y eliminar la causa de los problemas.
- Permite observar la repetibilidad en la producción de una característica de calidad.
- Muestra gráficamente la relación existente entre la capacidad de un proceso y las especificaciones de ingeniería.
- Permite evaluar de forma visual si un conjunto de mediciones se distribuye de forma normal.

#### **Cuando utilizarla:**

- En la recogida de mediciones de una característica resultado de un proceso.
- En la realización de análisis de capacidad de procesos.
- En el análisis de la calidad de un producto en su recepción.
- En el análisis de la calidad de un producto previamente a su expedición.
- En el análisis de la variación.

**Como utilizarlo:**

- Recoger mediciones (datos de tipo variable). Es preferible recoger al menos 30 datos. Si no se dispone de tantos valores, el histograma posiblemente no sea la herramienta más eficaz a la hora de extraer la información que necesita.
- Construir una hoja de recogida de datos.
- Determinar el rango de los datos restando la medición más pequeña de la mayor
  - o  $R = \text{medición mayor} - \text{medición menor}$
- Utilizando la siguiente tabla como guía, seleccionar el número más adecuado de intervalos de clase (barras), "N", en los que se agruparán las mediciones:

Nº de datos	Nº de barras
25 a 50	5 a 8
51 a 100	6 a 11
101 a 250	9 a 13
Más de 250	11 a 15

- Determinar la anchura y los límites de los intervalos de clase. La anchura de las clases "A" se calcula dividiendo el rango por el nº de clases:  $A = R/N$ . Después de calcular el valor de "A", hay que utilizar la experiencia, si es necesario, para ajustar el valor obtenido a un valor más adecuado que facilite el cálculo y representación gráfica.
- Seleccionar un valor adecuado para el límite inferior de la primera barra,  $L_1$ . Este valor no tiene que coincidir con el valor menor del conjunto de datos, pudiendo ser inferior. El límite inferior de la segunda barra  $L_2$  se calcula como  $L_1+A$ . Se continúa añadiendo  $A$  a cada límite inferior de una barra para conseguir el límite inferior de la siguiente.
- Trazar unos ejes X e Y en un papel cuadriculado. Marcar y etiquetar el eje Y como frecuencia. Marcar y etiquetar el eje X con los valores límites de clase. Los espacios que queden entre estos valores  $L$  conformarán la anchura de las distintas barras del gráfico.
- Cuando el número de datos del conjunto a representar que "pertenecen" a cada barra (los valores comprendidos entre  $L_1$  y  $L_2$ , pertenecen a la primera barra, los comprendidos entre  $L_2$  y  $L_3$ , pertenecen a la segunda, etc). Dibujar las distintas barras con la anchura marcada en el eje X y la altura igual al número de datos obtenido pertenecientes a cada una. Aquellos valores que coincidan con uno de los límites entre dos barras considerarlos pertenecientes a la barra de la derecha.

**Análisis:**

Los histogramas proporcionan información respecto a la distribución seguida por los datos representados. Esta información está relacionada con los siguientes aspectos:

1. Tendencia central. Observar alrededor de qué valor muestran estar los datos agrupados. En distribuciones simétricas, este valor central será aproximadamente el valor medio de dichos datos.
2. Variabilidad. Observar la “dispersión” de los datos alrededor del valor central de agrupamiento.
3. Forma. Observar la “forma” del histograma en lo que respecta a: simetría, uno o más “picos”, característica de las colas del histograma, sesgos positivos (derecha) o sesgos negativos (izquierda).

A continuación se muestran distintas “formas” y sus posibles causas:

- Forma de campana: Es la distribución normal, natural en los datos del proceso. Desviaciones respecto de esta forma podrían indicar la presencia de factores complicados o influencias externas.
- Bimodal: Combinación de dos distribuciones en forma de campana pudiendo significar que se está mezclando los resultados de dos procesos diferentes.
- Uniforme. Formada por varias distribuciones de forma de campana superpuestas. Puede ser el resultado de una situación límite de mezcla de varios procesos.
- Truncada. Por lo general distribuciones con forma de campana “cortadas” o “Truncadas” como consecuencia de una actividad de selección 100 % cuando el proceso no es capaz o de revisión del proceso. También en ocasiones puede ser indicativo de que el número de clases elegido para la construcción puede ser indicativo de que el número de clases elegido para la construcción del histograma es pequeño.
- Máximo aislado. Al igual que la forma bimodal, sugiere la mezcla de dos procesos diferentes. El menor tamaño de un segundo máximo indica una anormalidad, algo inesperado o irregular. Puede significar una falta de efectividad en la investigación y purga de elementos defectuosos. También es posible que representen errores de medición o transcripción de datos.
- Sin datos en la zona central. Es síntoma de que se ha seleccionado el material correspondiente a la zona central. Suele suceder cuando se compra material de “segunda fila”. Se entiende que el material seleccionado se ha servido a otro comprador con especificaciones más exigentes.
- Pico/s en la/s cola/s. Síntoma de reproceso de aquellos elementos de las colas del histograma que en la primera fabricación cayeron fuera de los límites de la especificación. Después del reproceso “caen” dentro de las tolerancias.

### **3.1.5 Hoja de comprobación**

#### **Descripción de la herramienta:**

Impreso de recogida de datos utilizado para registrar el número de observaciones o de ocurrencias de ciertos eventos durante un periodo de tiempo especificado. Los datos recogidos pueden ser tanto de tipo atributo como de tipo variable.

#### **Para qué utilizarla:**

- Para recoger y mostrar de forma simple una serie de datos.
- Para recoger información del proceso que se está estudiando.
- Para contestar a la pregunta: ¿Con que frecuencia suceden ciertos eventos?
- Para priorizar esfuerzos.

#### **Cuándo utilizarla:**

- Cuando sea necesario recoger datos de frecuencias o pautas de sucesos, problemas, defectos, situación de defectos, causas de defectos, etc.
- Cuando sea necesario recoger datos resultado de un proceso de producción.
- Cuando los datos puedan ser observados y recogidos repetidamente por una misma persona o en una misma situación.
- Cuando se estandarice una larga lista de acciones, como las comprobaciones relativas al mantenimiento preventivo de una instalación.
- Toda recogida de datos en cualquier etapa de un proyecto de mejora.

#### **Cómo utilizarla:**

- Acordar el proceso a observar.
- Decidir el período de tiempo durante el que se van a recoger datos.
- Decidir si los datos van a ser de tipo atributo o de tipo variable.
- Diseñar un impreso que sea claro y sencillo de utilizar, asegurando que todas las categorías se encuentran etiquetadas adecuadamente y que existe suficiente sitio para introducir los datos.
- Formar a las personas que trabajan en el proceso en la forma de recoger datos.
- Recoger los datos haciendo una marca en la categoría correcta para cada observación, asegurando que las muestras son tan representativas como sea posible.
- Analizar los datos buscando oportunidades de mejora de proceso.

### **3.1.6. Diagrama de Pareto**

#### **Descripción de la herramienta:**

Herramienta consistente en un diagrama de barras en el que la longitud de las barras, ordenadas por longitud descendente, representa frecuencia de ocurrencia o coste (dinero, tiempo). Por lo tanto, es un gráfico que muestra visualmente qué situaciones son más importantes.

#### **Para qué se utiliza:**

- Para priorizar acciones necesarias para resolver problemas complejos.
- Para separar los “pocos y vitales” de los “muchos y triviales”
- Para separar las causas que contribuyen a un problema en importantes y no importantes.
- Para medir la mejora después de realizar los cambios consiguientes.

#### **Cuándo utilizarla:**

- Cuando se analicen datos por grupos con objeto de revelar pautas desconocidas.
- Cuando sea necesario ordenar una serie de problemas o condiciones en orden de importancia relativa para seleccionar el punto de arranque en la actividad de resolución de problemas, identificando las causas básicas de los mismos, separando las pocas causas vitales de las muchas causas triviales.
- Cuando sea necesario relacionar causas y efectos, comparando su gráfico de Pareto clasificado por causas con otro clasificado por defectos.
- Cuando se evalúe una mejora comparando los datos anteriores a ésta con los posteriores.

#### **Cómo utilizarlo:**

- seleccionar aquellos problemas que quieran compararse y ordenarse mediante:
  - o Tormenta de ideas.
  - o Utilización de datos ya existentes.
- Seleccionar la unidad de medida estándar de comparación:
  - o Coste.
  - o Frecuencia.
- Seleccionar el periodo de tiempo a estudiar.
- Obtener los datos necesarios en cada categoría.

- Comparar la frecuencia o coste de cada categoría con el resto de categorías.
- Registrar las distintas categorías de izquierda a derecha en el eje horizontal y en orden de frecuencia o coste decreciente. Cuando tengamos categorías que contienen muy pocas ocurrencias, pueden agruparse en una categoría que denominaremos “otros” y que situaremos en el extremo derecho del eje horizontal.
- Dibujar una barra encima de cada categoría, cuya altura represente la frecuencia o el coste correspondiente a la misma.

### **3.1.7. Tormenta de ideas**

#### **Descripción de la herramienta**

Técnica que, utilizando la interacción de un grupo de personas, sirve para una gran cantidad de ideas en un corto período de tiempo.

#### **Para qué utilizarla:**

- Para producir muchas ideas diferentes en un corto espacio de tiempo.
- Para generar ideas creativas.
- Para aumentar la implicación de los miembros de un equipo.
- Para estimular y obtener ideas de distintas funciones.

#### **Cuándo utilizarla:**

- En la identificación de causas cuando se construye un diagrama de causa y efecto.
- En la identificación de oportunidades de mejora.
- En la identificación de clientes y suministradores de un proceso.
- En la identificación de áreas con problemas en un proceso.
- En la identificación de fuentes de variación.

#### **Cómo utilizarla:**

- Revisar el tema objeto de la discusión. Por lo general, suele ser mejor que este tema se encuentre en forma de pregunta utilizando la interrogación: ¿Por qué?, ¿Cómo? o ¿Qué?
- Asegurar que todos los miembros del grupo han entendido perfectamente el tema sobre el que se va realizando la Tormenta de Ideas.
- Permitir un minuto o dos de silencio para que todos los miembros del grupo puedan pensar respecto a lo que se les ha preguntado.

- Invitar a los miembros del grupo a que digan, por turno, en voz alta sus ideas. Escriba estas ideas en una pizarra o cualquier otro soporte que permita que sean visualizadas perfectamente por todos los presentes. Cuando se escriba, hacerlo con las mismas palabras que utilizó quien expuso la idea. No se permitirá ningún tipo de discusión o de explicación.
- Continuar generando y registrando ideas hasta que se produzca un silencio lo suficientemente grande como para prever que ya no se generarán más ideas.
- Una vez anotadas todas las ideas, se procede a clarificar cualquier cuestión presentada por cualquier miembro del grupo, siendo el momento de eliminar aquellas que, sin necesidad de análisis, se considere por unanimidad que no son viables.

### **3.1.8. 5 porqués**

#### **Descripción de la herramienta**

Los Cinco Por Qués es una técnica sistemática de preguntas utilizada durante la fase de análisis de problemas para buscar posibles causas principales de un problema. Durante esta fase, los miembros del equipo pueden sentir que tienen suficientes respuestas a sus preguntas. Esto podría convertirse en un inconveniente al identificar las causas principales más probables del problema debido a que no se ha profundizado lo suficiente.

La técnica requiere que el equipo de trabajo pregunte “Por Qué” al menos cinco veces, o trabaje a través de cinco niveles de detalle. Una vez que sea difícil para el equipo responder al “Por Qué”, la causa más probable habrá sido identificada.

#### **Cuándo utilizarla:**

Al intentar identificar las causas principales más probables de un problema.

#### **Cómo utilizarla:**

- Realizar una sesión de Tormenta de Ideas.
- Una vez que las causas probables hayan sido identificadas, empezar a preguntar “¿Por qué es así?” o “¿Por qué está pasando esto?”
- Continuar preguntando Por Qué al menos cinco veces. Esto reta al equipo a buscar a fondo y no conformarse con causas ya “probadas y ciertas”.
- Habrá ocasiones en las que se podrá ir más allá de las cinco veces preguntando Por Qué para poder obtener las causas principales.
- Durante este tiempo se debe tener cuidado de NO empezar a preguntar “Quién”. Es muy importante recordar que el equipo está interesado en las causas del problema y no en las personas involucradas.

### **3.1.9. Gráficos de control**

#### **Descripción de la herramienta**

Un gráfico de control consiste en una línea central, un par de límites de control, uno de ellos colocado por encima de la línea central y otro por debajo, y en unos valores característicos registrados en la gráfica que representan el estado del proceso. Si todos los valores ocurren dentro de los límites de control, sin ninguna tendencia especial, se dice que el proceso está en estado de control. Por el contrario, si ocurren por fuera de los límites de control o muestran una tendencia peculiar, se dice que el proceso está fuera de control.

#### **Para que utilizarla:**

Hacer el seguimiento de una variable de control y determinar cuándo se registran variaciones no aleatorias de la misma.

#### **Cuando utilizarla:**

- En la identificación de la variación de los procesos
- En el control de procesos productivos
- En la vigilancia del cumplimiento de los estándares

#### **Tipos de gráficos de control:**

- Gráfico  $\bar{x} - R$  : Se usa para controlar y analizar un proceso en el cual la característica de calidad del producto que se está midiendo toma valores continuos, tales como la longitud, peso o concentración, y esto proporciona la mayor cantidad de información sobre el proceso.
- Gráfico  $x$  : Cuando los datos de un proceso se registran durante intervalos largos o los subgrupos de datos no son efectivos, se grafica cada dato individualmente y esa gráfica puede usarse como gráfica de control. Para el cálculo de los límites de control de  $x$  se usa el rango móvil  $R_s$ .
- Gráfico  $pn$ , gráfico  $p$ : Se usan cuando la característica de calidad se representa por el número de unidades defectuosas o la fracción defectuosa. Para una muestra de tamaño constante, se usa una gráfica  $pn$  del número de unidades defectuosas, mientras que una gráfica  $p$  de la fracción de defectos se usa para una muestra de tamaño variable
- Gráfica  $c$ , gráfica  $u$  : Se usan para controlar y analizar un proceso por los defectos de un producto, tales como rayas en placas de metal, número de soldaduras defectuosas,... . Un gráfico  $c$  referido al número de defectos, se usa para un producto cuyas dimensiones son constantes, mientras que un gráfico  $u$  se usa para un producto de dimensión variable.

Tipo de gráfica de control	Límite superior de control (LCs), Línea central (LC), Límite inferior de control (LCi)
Valor continuo — promedio $\bar{x}$	LCs = $\bar{x} + A_2 \bar{R}$ LC = $\bar{x}$ LCi = $\bar{x} - A_2 \bar{R}$
Valor continuo — rango $R$	LCs = $D_4 \bar{R}$ LC = $\bar{R}$ LCi = $D_3 \bar{R}$
Valor continuo — valor medido $x$	LCs = $\bar{x} + 2.66 \bar{R}s$ LC = $\bar{x}$ LCi = $\bar{x} - 2.66 \bar{R}s$
Valor discreto — número de unidades defectuosas $pn$	LCs = $\bar{p}n + 3 \sqrt{\bar{p}n(1 - \bar{p})}$ LC = $\bar{p}n$ LCi = $\bar{p}n - 3 \sqrt{\bar{p}n(1 - \bar{p})}$
Valor discreto — fracción de unidades defectuosas $p$	LCs = $\bar{p} + 3 \sqrt{\bar{p}(1 - \bar{p})}/n$ LC = $\bar{p}$ LCi = $\bar{p} - 3 \sqrt{\bar{p}(1 - \bar{p})}/n$
Valor discreto — número de defectos $c$	LCs = $\bar{c} + 3 \sqrt{\bar{c}}$ LC = $\bar{c}$ LCi = $\bar{c} - 3 \sqrt{\bar{c}}$
Valor discreto — número de defectos por unidad $u$	LCs = $\bar{u} + 3 \sqrt{\bar{u}/n}$ LC = $\bar{u}$ LCi = $\bar{u} - 3 \sqrt{\bar{u}/n}$

Tabla 3.1.9.1. Lista de fórmulas para líneas de control

Tamaño de la muestra n	Gráfico x	Gráfico R				
		A <sub>2</sub>	d <sub>2</sub>	1/d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	D <sub>3</sub>
2	1,880	1,128	0,8862	0,853	-	3,267
3	1,023	1,693	0,5908	0,888	-	2,575
4	0,729	2,059	0,4857	0,880	-	2,282
5	0,577	2,326	0,4299	0,864	-	2,115
6	0,483	2,534	0,3946	0,848	-	2,004
7	0,419	2,704	0,3698	0,833	0,076	1,924
8	0,373	2,847	0,3512	0,820	0,136	1,864
9	0,337	2,970	0,3367	0,808	0,184	1,816
10	0,308	3,078	0,3249	0,797	0,223	1,777

Tabla 3.1.9.2. Coeficientes para el gráfico x-R

### Como utilizarla

Se van a explicar los pasos para el tipo  $\bar{x} - R$

- Recoger los datos, y se dividen en subgrupos uniformes. Cuando no hay razones técnicas para hacer los subgrupos, se dividen los datos en el orden que se obtuvieron.
- Calcular el promedio para cada subgrupo.
- Calcular el promedio bruto, dividiendo el total de los promedios de cada subgrupo por el número de subgrupos.
- Calcular el rango (R) dentro cada subgrupo.
- Calcular el promedio del rango dividiendo el total de los R de cada grupo por el número de grupos.
- Calcular las líneas de control con las formulas dadas (Tabla 3.1.9.1).
- Dibujar las líneas de control.
- Marcar los valores de  $\bar{x}$  y R. Encerrar en un círculo los valores que estén fuera de los límites.
- Registrar otros datos que puedan ser de utilidad (tamaño de subgrupo, periodo, método de medición,...).

Para el resto de los gráficos de control es proceso es similar cambiando la forma de hacer los subgrupos y las formulas a utilizar.

**Análisis:**

A partir de los gráficos de control podemos analizar si un proceso es estable, es decir su promedio y variación no cambian. Hay ciertos indicadores que nos marcan que el comportamiento del proceso es anormal.

- Valores fuera de los límites de control.
- Rachas: los puntos ocurren continuamente en un lado de la línea central. El número de puntos continuos a un lado de la línea central se llama racha.
- Tendencia: Cuando los puntos forman una curva continua ascendente o descendente, se dice que hay una tendencia.
- Acercamiento a los límites de control, se considera el caso a normal cuando 2 o 3 puntos ocurren fuera de las líneas de 2 sigma.
- Acercamiento a la línea central Cuando la mayoría de los puntos están dentro de las líneas de 1,5 sigma se debe a una formación inadecuada de los subgrupos .
- Periodicidad: la curva muestra repetidamente una tendencia ascendente y descendente.

**3.1.10. Diagrama de árbol**

**Descripción de la herramienta**

Método utilizado para representar el conjunto completo de actividades que es necesario realizar con el fin de alcanzar un objetivo denominado principal y los objetivos relacionados con este.

**Para qué utilizarla:**

En un contexto general, para identificar los “métodos” necesarios para conseguir “un objetivo”.

**Cuándo utilizarla:**

- Para traducir necesidades definidas inadecuadamente (mal o incompletas) en características operativas.
- Para explorar todas las causas posibles de un problema.
- Para identificar las actividades iniciales a realizar a nivel departamental en la consecución de un objetivo global de empresa.

**Como utilizarla:**

- Acordar entre los miembros del equipo la definición del asunto problema u objetivo a abordar. Esta definición debe ser clara, sencilla y concisa, pudiendo ser el resultado o no de un diagrama de relaciones o de un diagrama de afinidad.

- Generar todas las actividades, métodos o causas posibles relacionadas con el tema a tratar.
- Representar el diagrama de árbol:
  - Colocar a la izquierda el tema/objetivo principal.
  - Situar las ideas/actividades necesarias para llevar a cabo el tema/objetivo principal inmediatamente a su derecha, como si se tratase de un organigrama.
  - Las ideas/actividades resultado del paso anterior pasan ahora a ser el tema principal. En cada una de ellas se sitúan las ideas/actividades necesarias para llevar a cabo el tema. Este proceso debe ser iterativo.
  - Revisar el diagrama de árbol completo con el fin de asegurar que no existen lagunas en la cadena secuencial/lógica.

### **3.1.11. AMFE**

#### **Descripción de la herramienta:**

El AMFE o Análisis Modal de Fallos y Efectos es un **método** dirigido a lograr el Aseguramiento de la Calidad, que mediante el análisis sistemático, contribuye a identificar y prevenir los modos de fallo, tanto de un producto como de un proceso, evaluando su gravedad, ocurrencia y detección, mediante los cuales, se calculará el Número de Prioridad de Riesgo, para priorizar las causas, sobre las cuales habrá que actuar para evitar que se presenten dichos modos de fallo

#### **Para qué utilizarlo:**

- Desarrollo de un sistema que minimice la posibilidad de fallos.
- Desarrollo de métodos de diseño y sistemas de prueba para asegurar que se eliminan los fallos.
- Evaluación de los requisitos del consumidor para asegurar que estos no causan fallos potenciales.
- Identificación de elementos de diseño que causan fallos y minimización o eliminación de esos efectos.
- Seguimiento y gestión de riesgos potenciales en el diseño, evitando cometer los mismos errores en proyectos futuros.
- Asegurar que cualquier fallo que pueda ocurrir no cause daño al consumidor o tenga un impacto grave en el sistema.

**Cuando utilizarla:**

- En el diseño o producción de productos nuevos
- En la modificación importante de un producto
- En el estudio de nuevos usos de un producto
- En productos con problema de calidad
- En procesos nuevos
- En modificaciones importantes de un proceso

**Como utilizarla:**

- Identificación del producto
- Identificación de funciones
- Identificación de modos de fallo
- Identificación de los efectos del fallo.
- Valoración de la gravedad del fallo.
- Identificación de las características críticas.
- Identificación de las causas potenciales del fallo.
- Valorar la probabilidad del fallo.
- Identificar los controles actuales.
- Valorar la probabilidad de no detección.
- Calcular el número de prioridad de riesgo.
- Decidir acciones correctoras.
- Definir responsables de la implantación.
- Implantar acciones correctoras.
- Calcular el nuevo número de prioridad de riesgo.

Valoración de S (índice de gravedad del fallo)

Criterio	Descripción	Valor de S
Infima.	El defecto sería imperceptible por el usuario	1
Escasa.	El cliente puede notar un fallo menor, pero sólo provoca una ligera molestia	2-3
Baja.	El cliente nota el fallo y le produce cierto enojo	4-5
Moderada.	El fallo produce disgusto e insatisfacción el cliente	6-7
Elevada.	El fallo es crítico, originando un alto grado de insatisfacción en el cliente	8-9
Muy elevada.	El fallo implica problemas de seguridad o de no conformidad con los reglamentos en vigor	10

Valoración de O (probabilidad de ocurrencia)

Criterio	Descripción	Valor de O
Muy escasa probabilidad de ocurrencia.	Defecto inexistente en el pasado	1
Escasa probabilidad de ocurrencia.	Muy pocos fallos en circunstancias pasadas similares	2-3
Moderada probabilidad de ocurrencia.	Defecto aparecido ocasionalmente	4-5
Frecuente probabilidad de ocurrencia.	En circunstancias similares anteriores el fallo se ha presentado con cierta frecuencia	6-7
Elevada probabilidad de ocurrencia.	El fallo se ha presentado frecuentemente en el pasado	8-9
Muy elevada probabilidad de fallo.	Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente	10

Valoración de D (probabilidad de no detección)

<b>Criterio</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor de D</b>
Muy escasa.	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes.	<b>1</b>
Escasa.	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría raramente escapar a algún control primario, pero sería posteriormente detectado	<b>2-3</b>
Moderada.	El defecto es una característica de bastante fácil detección	<b>4-5</b>
Frecuente.	Defectos de difícil detección que con relativa frecuencia llegan al cliente	<b>6-7</b>
Elevada.	El defecto es de naturaleza tal, que su detección es relativamente improbable mediante los procedimientos convencionales de control y ensayo	<b>8-9</b>
Muy elevada.	El defecto con mucha probabilidad llegará al cliente, por ser muy difícil detectable	<b>10</b>

**Análisis:**

Al analizar los resultados del AMFE se deberá actuar en aquellos puntos prioritarios para la optimización del diseño del producto/servicio. Estos puntos son los que tienen un NPR elevado y los de Índice de Gravedad más grande.

Las acciones que se realizan como consecuencia del análisis del resultado del AMFE solo se pueden orientar a:

- Reducir la Probabilidad de Ocurrencia (preferible). Hay que cambiar el diseño del proceso o del producto.
- Aumentar la Probabilidad de Localización (implica aumento de coste).

Una interpretación errónea puede provenir de:

- No haber identificado todas las funciones o prestaciones del objeto de estudio, o bien, no corresponden dichas funciones con las necesidades y expectativas del usuario o cliente.
- No considerar todos los Modos de Fallo Potenciales por creer que alguno de ellos no podría darse nunca.
- Realizar una identificación de Causas posibles superficial
- Un cálculo de los índices de incidencia y detección basados en probabilidades no suficientemente contrastadas con los datos históricos de productos/servicios semejantes.

### **3.1.12. PDCA**

#### **Descripción de la herramienta:**

El ciclo PDCA, también conocido como "Círculo de Deming o círculo de Gabo" es una estrategia de mejora continua de la calidad en cuatro pasos, también se denomina espiral de mejora continua. Es muy utilizado por los Sistemas de Gestión de Calidad (SGC).

Las siglas PDCA son el acrónimo de Plan, Do, Check, Act (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar).

Esta herramienta puede valerse de las que ya se han expuesto anteriormente en alguna de sus fases.

#### **Para que utilizarla:**

- Ayuda a descubrir cuales son los problemas de un proceso, a establecer e implementar las posibles soluciones y verificar su validez para perpetuarlas en el tiempo y mejorarlas siempre que sea posible.
- Al realizar nuevos proyectos ayuda en su desarrollo y puesta en marcha

#### **Como utilizarlo:**

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

Establecer los objetivos y procesos necesarios para obtener los resultados de acuerdo con el resultado esperado. Al tomar como foco el resultado esperado, difiere de otras técnicas en las que el logro o la precisión de la especificación es también parte de la mejora.

1. Identificar proceso que se quiere mejorar.
2. Recopilar datos para profundizar en el conocimiento del proceso
3. Análisis e interpretación de los datos.
4. Establecer los objetivos de mejora.
5. Detallar las especificaciones de los resultados esperados
6. Definir los procesos necesarios para conseguir estos objetivos, verificando las especificaciones

##### **DO (Hacer)**

Implementar los nuevos procesos. Si es posible, en una pequeña escala. Designando para cada acción fechas y responsables.

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

- Pasado un periodo de tiempo previsto de antemano, volver a recopilar datos de control y analizarlos, comparándolos con los objetivos y especificaciones iniciales, para evaluar si se ha producido la mejora.
- Monitorear la implementación y evaluar el plan de ejecución documentando las conclusiones.

## ACT (Actuar)

- Documentar el ciclo
- Si se han detectado errores parciales en el paso anterior, realizar un nuevo ciclo PDCA con nuevas mejoras.
- Si no se han detectado errores relevantes, aplicar a gran escala las modificaciones de los procesos
- Si se han detectado errores insalvables, abandonar las modificaciones de los procesos
- Ofrece una Retro-alimentación y/o mejora en la planificación.

### **3.1.13. One point lesson (OPL)**

#### **Descripción de la herramienta**

Se trata de exponer en un A4 o A3. De una forma clara y sencilla una mejora que se haya llevado a cabo en una máquina, proceso o gestión.

#### **Para qué utilizarla:**

- Para dar difusión de nuevos estándares a la plantilla.
- Para recordar el cumplimiento de estándares ya implantados.
- Para concienciar e involucrar a la plantilla en los procesos de mejora continua.

#### **Cuándo utilizarla:**

- Al implantar cambios de fácil explicación en máquinas, procesos o estándares ya existentes.
- Cuando se este trabajando en proyectos de mejora continua, esta herramienta ayuda a mostrar a la plantilla los cambios realizados y las mejoras obtenidas.

#### **Como utilizarlo:**

- Seleccionar una acción de mejora llevada a cabo y que este ya estandarizada.
- Exponer ya de forma resumida en un A4 o A3 la situación anterior a la acción de mejora y la situación posterior.
- Es recomendable mostrar fotos, esquemas o dibujos que faciliten la apreciación de la diferencia entre el antes y el después
- Es interesante mostrar datos cuantitativos o cualitativos del cambio.
- En ocasiones no se muestra la situación anterior si no se estima necesario, exponiendo solamente las mejoras de la nueva acción tomada.

### **3.1.14. Diseño de experimentos**

#### **Descripción de la herramienta**

El diseño de experimentos es la herramienta que consiste en realizar cambios activos, sistemáticos y controlados de las entradas a los procesos bajo estudio y posteriormente observar los efectos en los resultados obtenidos de estos procesos.

#### **Para qué utilizarla:**

- Para centrar un producto en su nominal.
- Para reducir la variación de los procesos y productos.
- Para obtener un mejor conocimiento de los procesos.
- Para mejorar de forma significativa la calidad.
- Para identificar qué variables son importantes en un proceso.
- Para mejorar los índices de capacidad.
- Para desarrollar procesos robustos.
- Para identificar características de control.

#### **Cuándo utilizarla:**

- Cuando las características de control no sean capaces.
- Cuando sea necesario resolver un problema.
- Cuando se diseñe un proceso o un producto.
- Cuando sea necesario reducir la variabilidad debida a causas aleatorias de variación.

#### **Como utilizarla:**

Las etapas a seguir en el desarrollo de un problema de diseño de experimentos son las siguientes:

1. Definir los objetivos del experimento.
2. Identificar todas las posibles fuentes de variación, incluyendo:
  - factores tratamiento y sus niveles,
  - unidades experimentales,
  - factores nuisance (molestanos): factores bloque, factores ruido y covariables.
3. Elegir una regla de asignación de las unidades experimentales a las condiciones de estudio (tratamientos).

4. Especificar las medidas con que se trabajará (la respuesta), el procedimiento experimental y anticiparse a las posibles dificultades.
5. Ejecutar un experimento piloto.
6. Especificar el modelo.
7. Esquematizar los pasos del análisis.
8. Determinar el tamaño muestral.
9. Revisar las decisiones anteriores. Modificarlas si se considera necesario.

Los pasos del listado anterior no son independientes y en un determinado momento puede ser necesario volver atrás y modificar decisiones tomadas en algún paso previo.

A continuación se hace una breve descripción de las decisiones que hay que tomar en cada uno de los pasos enumerados. Sólo después de haber tomado estas decisiones se procederá a realizar el experimento.

#### 1.- Definir los objetivos del experimento.

Se debe hacer una lista completa de las preguntas concretas a las que debe dar respuesta el experimento. Es importante indicar solamente cuestiones fundamentales ya que tratar de abordar problemas colaterales puede complicar innecesariamente el experimento.

Una vez elaborada la lista de objetivos, puede ser útil esquematizar el tipo de conclusiones que se espera obtener en el posterior análisis de datos.

Normalmente la lista de objetivos es refinada a medida que se van ejecutando las etapas del diseño de experimentos.

#### 2.- Identificar todas las posibles fuentes de variación.

Una fuente de variación es cualquier “cosa” que pueda generar variabilidad en la respuesta. Es recomendable hacer una lista de todas las posibles fuentes de variación del problema, distinguiendo aquellas que, a priori, generarán una mayor variabilidad. Se distinguen dos tipos:

- Factores tratamiento: son aquellas fuentes cuyo efecto sobre la respuesta es de particular interés para el experimentador.
- Factores “nuisance”: son aquellas fuentes que no son de interés directo pero que se contemplan en el diseño para reducir la variabilidad no planificada.

A continuación se precisan más estos importantes conceptos.

##### (i) Factores y sus niveles.

Se denomina factor tratamiento a cualquier variable de interés para el experimentador cuyo posible efecto sobre la respuesta se quiere estudiar.

Los niveles de un factor tratamiento son los tipos o grados específicos del factor que se tendrán en cuenta en la realización del experimento.

Los factores tratamiento pueden ser cualitativos o cuantitativos.

Ejemplos de factores cualitativos y sus niveles respectivos son los siguientes:

- proveedor (diferentes proveedores de una materia prima),
- tipo de máquina (diferentes tipos o marcas de máquinas),
- trabajador (los trabajadores encargados de hacer una tarea),
- tipo de procesador (los procesadores de los que se quiere comparar su velocidad de ejecución),
- un aditivo químico (diferentes tipos de aditivos químicos),

Ejemplos de factores cuantitativos son los siguientes:

- Presión (diferentes niveles de presión en el cierre del molde,
- la temperatura (conjuntos de temperaturas seleccionadas en unos rangos de interés).

Debe tenerse en cuenta que en el tratamiento matemático de los modelos de diseño de experimento los factores cuantitativos son tratados como cualitativos y sus niveles son elegidos equiespaciados o se codifican. Por lo general, un factor no suele tener más de cuatro niveles.

Cuando en un experimento se trabaja con más de un factor, se denomina:

Tratamiento a cada una de las combinaciones de niveles de los distintos factores.

Observación es una medida en las condiciones determinadas por uno de los tratamientos.

Experimento factorial es el diseño de experimentos en que existen observaciones de todos los posibles tratamientos.

(ii) Unidades experimentales.

Son el material donde evaluar la variable respuesta y al que se le aplican los distintos niveles de los factores tratamiento.

Ejemplos de unidades experimentales son:

- en medicina, individuos humanos u animales,
- en industria, lotes de material, trabajadores, máquinas.

Cuando un experimento se ejecuta sobre un período de tiempo de modo que las observaciones se recogen secuencialmente en instantes de tiempo determinados, entonces los propios instantes de tiempo pueden considerarse unidades experimentales.

Es muy importante que las unidades experimentales sean representativas de la población sobre la que se han fijado los objetivos del estudio.

(iii) Factores “nuisance”: bloques, factores ruido y covariables.

En cualquier experimento, además de los factores tratamiento cuyo efecto sobre la respuesta se quiere evaluar, también influyen otros factores, de escaso interés en el estudio, pero cuya influencia sobre la respuesta puede aumentar significativamente la variabilidad no planificada. Con el fin de controlar esta influencia pueden incluirse en el diseño nuevos factores que, atendiendo a su naturaleza, pueden ser de diversos tipos.

**Factor bloque.** En algunos casos el factor nuisance puede ser fijado en distintos niveles, de modo que es posible controlar su efecto a esos niveles. Entonces la forma de actuar es mantener constante el nivel del factor para un grupo de unidades experimentales, se cambia a otro nivel para otro grupo y así sucesivamente. Estos factores se denominan factores de bloqueo (factores-bloque) y las unidades experimentales evaluadas en un mismo nivel del bloqueo se dice que pertenecen al mismo bloque. Incluso cuando el factor nuisance no es medible, a veces es posible agrupar las unidades experimentales en bloques de unidades similares: períodos de tiempo próximos probablemente conduzcan a unidades experimentales más parecidas períodos distantes.

Desde un punto de vista matemático el tratamiento que se hace de los factores-bloque es el mismo que el de los factores-tratamiento en los que no hay interacción, pero su concepto dentro del modelo de diseño de experimentos es diferente. Un factor-tratamiento es un factor en el que se está interesado en conocer su influencia en la variable respuesta y un factor-bloque es un factor en el que no se está interesado en conocer su influencia pero se incorpora al diseño del experimento para disminuir la variabilidad residual del modelo.

**Covariable.** Si el factor nuisance es una propiedad cuantitativa de las unidades experimentales que puede ser medida antes de realizar el experimento (el tamaño de un fichero informático, la presión sanguínea de un paciente en un experimento médico o la acidez de una parcela de tierra en un experimento agrícola). El factor se denomina covariable y juega un papel importante en el análisis estadístico.

**Ruido.** Si el experimentador está interesado en la variabilidad de la respuesta cuando se modifican las condiciones experimentales, entonces los factores nuisance son incluidos deliberadamente en el experimento y no se aísla su efecto por medio de bloques. Se habla entonces de factores ruido.

En resumen, las posibles fuentes de variación de un experimento son:

Fuente	Tipo
Debida a las condiciones de interés (factores tratamiento)	Planificada y sistemática
Debida al resto de condiciones controladas (factores nuisance)	Planificada y sistemática
Debida a condiciones no controladas (error de medida, material experimental, ... )	No planificada, pero ¿sistemática?

3.- Elegir una regla de asignación de las unidades experimentales a las condiciones de estudio (“tratamientos”).

La regla de asignación o diseño experimental especifica que unidades experimentales se observarán bajo cada tratamiento. Hay diferentes posibilidades:

- diseño factorial o no,
- anidamiento,
- asignación al azar en determinados niveles de observación,
- el orden de asignación, etc.

En la práctica, existen una serie de diseños estándar que se utilizan en la mayoría de los casos.

4.- Especificar las medidas que se realizarán (la “respuesta”), el procedimiento experimental y anticiparse a las posibles dificultades.

Variable respuesta o variable de interés. Los datos que se recogen en un experimento son medidas de una variable denominada variable respuesta o variable de interés.

Es importante precisar de antemano cuál es la variable respuesta y en qué unidades se mide. Naturalmente, la respuesta está condicionada por los objetivos del experimento. Por ejemplo, si se desea detectar una diferencia de 0'05 gramos en la respuesta de dos tratamientos no es apropiado tomar medidas con una precisión próxima al gramo.

A menudo aparecen dificultades imprevistas en la toma de datos. Es conveniente anticiparse a estos imprevistos pensando detenidamente en los problemas que se pueden presentar o ejecutando un pequeño experimento piloto (etapa 5). Enumerar estos problemas permite en ocasiones descubrir nuevas fuentes de variación o simplificar el procedimiento experimental antes de comenzar.

También se debe especificar con claridad la forma en que se realizarán las mediciones: instrumentos de medida, tiempo en el que se harán las mediciones, etc.

#### 5.- Ejecutar un experimento piloto.

Un experimento piloto es un experimento que utiliza un número pequeño de observaciones. El objetivo de su ejecución es ayudar a completar y chequear la lista de acciones a realizar. Las ventajas que proporciona la realización de un pequeño experimento piloto son las siguientes:

- permite practicar la técnica experimental elegida e identificar problemas no esperados en el proceso de recogida de datos,
- si el experimento piloto tiene un tamaño suficientemente grande puede ayudar a seleccionar un modelo adecuado al experimento principal,
- los errores experimentales observados en el experimento piloto pueden ayudar a calcular el número de observaciones que se precisan en el experimento principal.

#### 6.- Especificar el modelo.

El modelo matemático especificado debe indicar la relación que se supone que existe entre la variable respuesta y las principales fuentes de variación identificadas en el paso 2. Es fundamental que el modelo elegido se ajuste a la realidad con la mayor precisión posible.

El modelo más habitual es el modelo lineal:

$$Y = \sum_{i=1}^k \alpha_i + \varepsilon.$$

En este modelo la respuesta viene dada por una combinación lineal de términos que representan las principales fuentes de variación planificada más un término residual debido a las fuentes de variación no planificada. Los modelos que se estudian en este texto se ajustan a esta forma general. El experimento piloto puede ayudar a comprobar si el modelo se ajusta razonablemente bien a la realidad.

Los modelos de diseño de experimentos, según sean los factores incluidos en el mismo, se pueden clasificar en: modelo de efectos fijos, modelo de efectos aleatorios y modelos mixtos. A continuación se precisan estas definiciones.

Factor de efectos fijos es un factor en el que los niveles han sido seleccionados por el experimentador. Es apropiado cuando el interés se centra en comparar el efecto sobre la respuesta de esos niveles específicos.

Ejemplo: un empresario está interesado en comparar el rendimiento de tres máquinas del mismo tipo que tiene en su empresa.

Factor de efectos aleatorios es un factor del que sólo se incluyen en el experimento una muestra aleatoria simple de todos los posibles niveles del mismo. Evidentemente se utilizan estos factores cuando tienen un número muy grande de niveles y no es razonable o posible trabajar con todos ellos. En este caso se está interesado en examinar la variabilidad de la respuesta debida a la población entera de niveles del factor.

Ejemplo: una cadena de hipermercados que tiene en plantilla 300 trabajadores de caja está interesada en estudiar la influencia del factor trabajador en la variable “tiempo en el cobro a un cliente”.

Modelo de efectos fijos es un modelo en el que todos los factores son factores de efectos fijos.

Modelo de efectos aleatorios es un modelo en el que todos los factores son factores de efectos aleatorios.

Modelo mixto es un modelo en el que hay factores de efectos fijos y factores de efectos aleatorios.

#### 7.- Esquematizar los pasos del análisis estadístico.

El análisis estadístico a realizar depende de:

- los objetivos indicados en el paso 1,
- el diseño seleccionado en el paso 3,
- el modelo asociado que se especificó en el paso 5.

Se deben esquematizar los pasos del análisis a realizar que deben incluir:

- estimaciones que hay que calcular,
- contrastes a realizar,
- intervalos de confianza que se calcularán
- diagnosis y crítica del grado de ajuste del modelo a la realidad.

#### 8.- Determinar el tamaño muestral.

Calcular el número de observaciones que se deben tomar para alcanzar los objetivos del experimento.

Existen, dependiendo del modelo, algunas fórmulas para determinar este tamaño. Todas ellas sin embargo requieren el conocimiento del tamaño de la variabilidad no planificada (no sistemática y sistemática, si es el caso) y estimarlo a priori no es fácil, siendo aconsejable sobreestimarla. Normalmente se estima a partir del experimento piloto y en base a experiencias previas en trabajos con diseños experimentales semejantes.

#### 9.- Revisar las decisiones anteriores. Modificar si es necesario.

De todas las etapas enumeradas, el proceso de recogida de datos suele ser la tarea que mayor tiempo consume, pero es importante realizar una planificación previa, detallando los pasos anteriores, lo que garantizará que los datos sean utilizados de la forma más eficiente posible.

Es fundamental tener en cuenta que

“Ningún método de análisis estadístico, por sofisticado que sea, permite extraer conclusiones correctas en un diseño de experimentos mal planificado”.

Recíprocamente, debe quedar claro que el análisis estadístico es una etapa más que está completamente integrado en el proceso de planificación.

“El análisis estadístico no es un segundo paso independiente de la tarea de planificación. Es necesario comprender la totalidad de objetivos propuestos antes de comenzar con el análisis. Si no se hace así, tratar que el experimento responda a otras cuestiones a posteriori puede ser (lo será casi siempre) imposible”.

Pero no sólo los objetivos están presentes al inicio del análisis sino también la técnica experimental empleada. Una regla de oro en la experimentación y que debe utilizarse es la siguiente:

“No invertir nunca todo el presupuesto en un primer conjunto de experimentos y utilizar en su diseño toda la información previa disponible”.

Finalmente indicar que todas las personas que trabajan en el experimento se deben implicar en el mismo, esto es:

“Toda persona implicada en la ejecución del experimento y en la recolección de los datos debe ser informada con precisión de la estrategia experimental diseñada”.

### **3.1.15. Gestión estandarizada de proyectos de mejora**

#### **Descripción de la herramienta**

Esta herramienta supone una estandarización de la gestión de proyectos de mejora usando parte de las herramientas anteriormente expuestas (diagrama causa efecto, PDCA,...). Es una herramienta muy versátil que ayuda a estructurar las diferentes etapas del proyecto. Además ayuda a la comprensión de las etapas seguidas durante el proyecto a las personas que no han participado en él directamente (consejos de administración, otras áreas de producción,...).

#### **Para que utilizarla:**

- Para gestionar mejoras en áreas, plantas o cualquier proceso que esté fuera de control.
- Para estudiar las causas y acciones a tomar en reclamaciones de clientes.
- Para la implantación de nuevos procesos o lanzamiento de nuevos productos.
- Para una mejor gestión de los recursos disponibles.

#### **Cuando utilizarla:**

- Cuando las decisiones los análisis y decisiones a tomar son complejos.
- En proyectos de mejora extensos que necesitan una cantidad de recursos importante.

**Como utilizarla:**

- Se debe centrar el problema u objetivos que se quiere solucionar (mejorar rechazos en una máquina, análisis y acciones de mejoras en una reclamación, mejorar las condiciones de compras de ciertos productos, etc).
- Crear un equipo multidisciplinar que englobe las distintas áreas afectadas.
- Analizar el “problema” seleccionado mediante las herramientas que se consideren necesarias (diagrama causa efecto, 5 porques, tormenta de ideas, Pareto...).
- Conforme se van obteniendo datos más precisos, los objetivos se pueden ir ajustando a metas que se ajusten más a la realidad. Con ello se logra que el equipo no se desmotive al buscar imposibles. Los proyectos deben estar vivos y ser flexibles.
- Una vez conocidas las causas de la problemática, y los objetivos a conseguir, mediante el uso de herramientas de resolución de problemas (diagrama de árbol, diagramas de flujo,...), buscar las soluciones que se estimen necesarias para cumplirlos.
- Tanto la planificación como la realización de las acciones y el posterior chequeo de los resultados se realizaran mediante el ciclo PDCA.

Para seguir esta metodología se ha creado unos formatos estándares que ayudan a la gestión de estos proyectos, así como una mejor difusión de los mismos entre los distintos departamentos de la empresa:

- Hoja de declaración del proyecto (PG-05-07—ANX1): En ella se resumen los principales datos del proyecto. Problemática a solucionar, objetivo de mejora, recursos que se emplean, tiempo previsto de implantación.
- Hoja A3 con explicación PDCA (PG-05-07—ANX2): Se denomina hoja A3 porque normalmente se suele generar el documento en un A3 de esta forma es más fácil dar cabida a toda la información que se ha de contener. En ella se incluye el PDCA de todo el proyecto.
- Antecedentes (PG-05-07—ANX3): En esta hoja se muestran los datos antes de tomar las distintas acciones del proyecto.
- Objetivos (PG-05-07—ANX4): En ella se pueden mostrar los objetivos así como los cálculos realizados para obtenerlos y las explicaciones que se estimen necesarias.
- Análisis 5 porqués (PG-05-07—ANX5): Hoja usada para realizar el análisis de los 5 porqués. En ella también se puede hacer una primera valoración de las acciones a tomar y los responsables de realizarlas.
- Análisis (PG-05-07—ANX6): En esta hoja se pueden adjuntar los distintos análisis realizados (Pareto, espina de pez, etc).
- Plan de acción (PG-05-07—ANX7): Plantilla donde reflejar las distintas acciones del plan de acción, con sus responsables, plazos, estado y observaciones necesarias.

- Seguimiento de resultados (PG-05-07—ANX8): Hoja en la que reflejar control del seguimiento de los indicadores elegidos, cálculos y reflexiones necesarias.
- OPL (One Point Lesson) (PG-05-07—ANX9): Hojas informativas de acciones llevadas a cabo en el proyecto, que pueden ser reflejadas en una sola hoja y que pueden servir como herramienta para la concienciación del personal, información de estándares, nuevas técnicas, etc.

**Análisis:**

- El proyecto se considerará con éxito si se logra conseguir los objetivos marcados.
- Es posible que las acciones tomadas no logren los objetivos marcados, entonces se deberá estudiar si los objetivos eran demasiado ambiciosos, si las acciones no han sido adecuadas o las causas de los “problemas” han sido mal analizadas. Llegados a este punto el equipo deberá reformular objetivos, buscar nuevas causas, tomar nuevas acciones correctivas o de mejora o desestimar el proyecto.

**3.1.16. Otras herramientas de resolución y análisis de problemas.**

Además de las herramientas anteriormente explicadas también existen otras muchas que en este proyecto no se han utilizado pero que están ampliamente extendidas.

- **Diagrama de afinidad:** Herramienta utilizada para conseguir gran cantidad de datos en forma de ideas, opiniones, temas, aspectos a considerar, etc., y organizarlos en grupos según criterios afines de relación natural entre cada elemento.
- **Diagrama de flechas:** Herramienta utilizada en la implantación de programas de mejora que se encuentran muy relacionada con conocidos métodos de gestión de proyectos tales como “técnica de evaluación y revisión de programas” (Program evaluation and review technique, PERT), simplificada para generalizar su utilización.
- **Diagrama matricial:** Es una herramienta que ordena grandes grupos de características, funciones y actividades de tal forma que se pueden representar gráficamente los puntos de conexión lógica existente entre ellos. También muestra la importancia relativa de cada punto de conexión en relación con el resto de correlaciones.
- **Diagrama de relaciones:** Herramienta que ayuda a desarrollar un contexto lógico para datos en forma de ideas, opiniones, temas, aspectos a considerar, etc. Explorando e identificando las relaciones causales existentes entre estos elementos.
- **Diagrama de proceso de selección:** Herramienta que permite analizar, de forma sistemática, la existencia de acontecimientos no deseados y desarrollar las medidas específicas para evitar los riesgos asociados a dichos acontecimientos.
- **Matrices de priorización:** Herramienta utilizada para priorizar actividades, temas, características de productos/servicios, etc., según criterios de ponderación conocidos, utilizando una combinación de las técnicas de diagrama de árbol y diagrama matricial. Fundamental son utilizadas para la toma de decisiones.

#### **4. DESARROLLO**

Se han creado 5 casos en los que se han planteado distintos problemas a los alumnos. Son problemas que en un futuro podrán encontrarse en las empresas en las que desarrollen su carrera profesional.

Entre ellos se han planteado el desarrollo de un plan de mejora en un área de producción creando un proyecto de mejora (Caso 1), el estudio y solución de los problemas encontrados en una máquina (Caso 2), la gestión del mantenimiento en relación con la calidad (Caso 3), análisis y solución de una reclamación de un cliente (Caso 4), Análisis Modal de Fallos y Efectos de un nuevo proceso de la fábrica (Caso 5).

La empresa teórica utilizada, Bealuc, en el momento en el que se va a proponer los casos, ya dispone de un Sistema de Gestión de la Calidad, por lo que estos Casos proponen un paso más en la evolución de la empresa. Se les hace ver que la empresa busca la mejora continua de los distintos procesos, y ellos van a tener que ser los artífices de esa mejora.

Todos los casos se han centrado en la planta de producción A.

##### **4.1. Caso 1 (Gestión estandarizada de proyectos de mejora)**

###### **Descripción del Caso**

En este primer caso la empresa va a proponer al alumno el uso de la herramienta de proyectos de mejora para la disminución de reprocesos en la sección de inyección.

Para ello se le proporcionará al alumno las instrucciones de cómo utilizarla y los distintos formularios que deberá utilizar en estos proyectos, y con todo ello deberá realizar un procedimiento para la Gestión estandarizada de proyectos.

Una vez creado el procedimiento, el alumno deberá estudiar los datos de reprocesos que tiene, y priorizar sobre las maquinas en las que debe actuar. Así mismo deberá diseñar hojas de toma de datos.

A continuación deberá realizar el proyecto, buscando las causas de los reprocesos usando herramientas de análisis, y proporcionando soluciones a las causas detectadas. Para ello deberán asignar al personal las acciones y las fechas en las que se deberá realizar las distintas acciones.

Finalmente a los alumnos se les proporcionaran los datos de reprocesos durante el proyecto y en los meses posteriores y deberán analizar si el proyecto ha tenido éxito y por tanto se puede cerrar o por el contrario es necesario seguir con él.

###### **Interés didáctico:**

Este tipo de proyectos supone englobar en un solo Caso multitud de herramientas Seis Sigma. Además de servir para el aprendizaje en el uso de estas herramientas, permite ver al alumno que el uso sistemático de estas, ayuda a que dentro de las empresas este tipo de proyectos

pueda ser realizado por equipos en los que participen personas sin mucha formación, ya que puede ser llevado a cabo con herramientas sencillas y la forma de realizarlos siempre es la misma.

Por otra parte este tipo de ejercicio es un esquema tipo de lo que puede ser un proyecto de mejora en la vida real, por lo que ayuda a esquematizar los distintos pasos que deben seguirse en su resolución.

## **4.2. Caso 2**

### **Descripción del Caso**

En este caso los alumnos deben actuar sobre una máquina que genera más reprocesos que otras.

En primer lugar a partir de unos datos que se les da deben diseñar una hoja de toma de datos que les proporcione la información que necesitan. Para ello deben analizar que tipo de información deben incluir en la hoja de forma que sea útil, pero a su vez simple de llenar.

Posteriormente deben analizar los datos recogidos para llegar a las causas que generan los reprocesos, debiendo segmentar los datos para llegar a unas buenas conclusiones (parte de los defectos son debidos a unos pocos moldes).

Sabiendo cuales son las causas los alumnos deberán priorizar y lanzar un plan de acción para solucionarlas.

Posteriormente se realizará un chequeo de los resultados y en este caso el resultado no será favorable, teniendo que analizar las causas y analizando si merece la pena seguir con el proyecto.

Finalmente se propone una acción correctiva más que puede funcionar, los alumnos deberán estudiar si económicoamente es viable.

### **Interés didáctico**

En este caso los alumnos podrán practicar el uso de herramientas estadísticas como los gráficos de control, Pareto, y deberán estratificar los datos obtenidos para poder llegar a las conclusiones correctas.

Se les propone también el uso de herramientas de análisis de datos (espina pez y 5 porqués), así como de planificación de acciones (PDCA).

En este ejercicio los resultados obtenidos por el proyecto no serán satisfactorios así que tendrán que proponer nuevas soluciones.

#### **4.3. Caso 3**

##### **Descripción del Caso**

En este caso se pretende relacionar el mantenimiento con la calidad. La empresa Bealuc en la planta de producción A no tiene implantado un sistema de gestión del mantenimiento, por lo que las operaciones de mantenimiento no se están realizando correctamente (estandarización, sistematización) sobretodo el preventivo y predictivo.

Por ello el alumno, con los datos que se le proporcionan, deberá, con herramientas seis sigma, analizar las causas del problema y plantear un plan de acción. Así mismo propondrá una serie de partes de trabajo que le den la información necesaria para una correcta gestión del mantenimiento.

También se plantea en este ejercicio, que el alumno proponga distintos indicadores de calidad que puedan mostrar el funcionamiento del sistema de gestión de la calidad.

Además los alumnos, a partir de datos de producción y mantenimiento deberán indicar el estado de las máquinas, mediante el uso de indicadores de calidad.

Finalmente se propone dar de alta en el sistema de calidad una nueva máquina inyección.

##### **Interés didáctico**

Este ejercicio aunque no hace mucho hincapié en seis sigma, relaciona los problemas del mantenimiento, con la calidad, y propone su solución mediante el uso de herramientas seis sigma y de gestión de la calidad.

#### **4.4. Caso 4**

##### **Descripción del Caso**

En el caso número 4 se plantea a los alumnos la solución de una reclamación del cliente. En ella deben analizar que es lo que esta reclamando el cliente, las causas que provocan esta reclamación y aplicar soluciones futuras.

Analizando los datos el alumno puede llegar a la conclusión de que la reclamación ha sido debida a un lote de materia prima que no cumplía con las especificaciones, aunque gracias a eso también podrán comprobar que entre distintos trabajadores los datos varían por lo que el proceso no esta bajo control.

Además se les propone analizar los datos de un experimento para estandarizar distintos parámetros de fabricación, teniendo que seleccionar los parámetros más convenientes.

También se deberán llenar los formatos establecidos de “Hoja de reclamación” y de “No conformidades, acciones correctivas, preventivas y de mejora ya existentes en el sistema de gestión de la calidad de Bealuc.

### **Interés didáctico**

El alumno va a poder practicar la gestión de una reclamación. Usará herramientas estadísticas como histogramas o gráficos de control para el análisis de datos, y podrá aplicar otras herramientas de análisis como la espina de pez, 5 porqués o de planificación de la resolución de problemas (PDCA).

También se expone la sistemática a llevar a cabo en la creación de experimentos, y aunque el alumno no va a desarrollar el experimento, si que tiene que analizar sus resultados y sacar conclusiones.

### **4.5. Caso 5**

#### **Descripción del Caso**

Para este caso se plantea realizar un análisis modal de fallos y efectos (AMFE). La máquina de inyección nueva instalada en la fábrica A en el caso 3 ya ha comenzado a funcionar con normalidad después de dos meses en los que se ha ajustado.

Se han tomado datos de reprocesos durante un mes y los alumnos deberán analizarlos y proponer acciones de mejora. Todo ello lo deberán realizar con el método AMFE, aunque podrán combinarlo con otras herramientas.

Se propone realizar el AMFE para 5 piezas distintas, y cada una de ellas muestra una problemática distinta, por lo que las acciones a tomar variaran de un AMFE a otro.

### **Interés didáctico**

Se practica una herramienta (AMFE) muy completa que permite analizar datos, evaluarlos y crear un plan de acción. Una vez aplicado el plan se vuelve a evaluar el NPR, y si no es satisfactorio se podría volver a aplicar nuevas acciones. Por todo ello se puede considerar esta una herramienta muy potente de mejora continua, que debe ser estudiada en este proyecto. Además el ejercicio permite a los alumnos usar esta herramienta dentro del marco más complejo que le obliga a complementarla con el uso de otras herramientas.

## **5. CONCLUSIONES**

Como objetivo me había marcado el plasmar parte de mi experiencia laboral en este proyecto, aunque durante la elaboración del mismo he llegado a comprender y desarrollar otras herramientas de análisis y resolución de problemas que hasta ahora no había empleado.

Como ya se ha expuesto al inicio del proyecto, se han desarrollado ejercicios teórico-prácticos del empleo de estas herramientas para la asignatura de Ingeniería de la calidad y Seguridad del Producto. Muchas de ellas son simples y otras más complejas, pero todas ellas imprescindibles en la industria de hoy en día.

Para las nuevas promociones de ingeniería, aprender y aplicar en los futuros puestos de trabajo, lo aprendido, es hoy más que nunca muy importante, ya que en las grandes empresas (multinacionales) estas herramientas hace años que se están empleando, y en las más pequeñas, puede significar su supervivencia en el futuro más cercano.

Sobre todo es en estas pequeñas y medianas empresas españolas, en las que los nuevos ingenieros deben implantar estas filosofías de trabajo, para así poder relanzar el tejido empresarial de nuestro país y asegurar un futuro económico y laboral para las nuevas generaciones.

## **6. BIBLIOGRAFÍA**

- FERMÍN GOMEZ FRAILE, JOSÉ FRANCISCO VILAR BARRIO, MIGUEL TEJERO MONZON. "SEIS SIGMA". FUNDACIÓN CONFEMETAL, MADRID, 2002
- HITOSHI KUME. "HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS BÁSICAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD", EDITORIAL NORMA S.A., BOGOTA, 1992
- JESÚS A. ROYO SÁNCHEZ, ALEJANDRO HERNANDEZ PARICIO, LUIS BERGES MURO, JOSÉ MANUEL FRANCO GIMENO. "PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN", NOVIEMBRE 2002.
- JESÚS A. ROYO SÁNCHEZ, MARIANO BOLEA BITRIÁN, FERNANDO TORRES LEZA, JUAN JOSE AGUILAR MARTÍN. "MANTENIMIENTO INDUSTRIAL INTEGRAL", NOVIEMBRE, 2002.

### **PAGINAS WEB:**

- CATALOGOS MÁQUINAS, WEB <<http://www.cemausa.com> > (Consulta 20 diciembre 2012)
- PROCESADO DE PLÁSTICO, WEB <<http://www.inyectalia.com> >(Consulta 18 noviembre 2011)
- FORMATO AMFE, WEB <<http://www.portalcalidad.com> > (Consulta 7 abril 2012)