

# **CAPÍTULO VIII**

## **OPTIMIZAR Y ROBUSTECER EL PROCESO**

## CAPÍTULO VIII

### OPTIMIZAR Y ROBUSTECER EL PROCESO

Después de evaluar la estabilidad y capacidad del proceso, si ésta última resultara insatisfactoria, se deberá optimizar el proceso. Para ello se puede volver a usar diseño de experimentos e/o incorporar análisis de regresión y/o superficies de respuesta.

Las siguientes herramientas son útiles durante esta etapa de la metodología Six Sigma para tomar decisiones referentes a la optimización y robustecimiento de los procesos, que al inicio de la metodología fueron analizados mediante herramientas cualitativas descritas en capítulos anteriores.

#### 8.1. Diagrama de dispersión

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 que utilizarla:

- Para estudiar la relación posible entre dos variables.

Cuando 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 se sospeche exista relación.
- Trazar los ejes horizontal y vertical del diagrama de dispersión.
- Etiquetar los ejes. La variable que está siendo investigada como posible causa situarla en el eje horizontal y la variable "efecto" en el eje vertical.
- Representar gráficamente todas las parejas de datos en el diagrama.

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

Incluso cuando el diagrama de dispersión muestra la existencia de relación entre dos variables, no se debe afirmar que una variable es causa de la otra. En muchas ocasiones, la relación es a través de una tercera variable oculta.

Cuando se representan los datos en el gráfico, cuanto más se ajusten los puntos a una línea, mayor será la relación existente entre ambas variables.

Cuando el diagrama de dispersión se muestre que no existe evidencia de relación, comprobar la posibilidad de realizar una estratificación. Se debe ser creativo a la hora de decidir cómo utilizar el diagrama de dispersión para descubrir una causa raíz.

## 8.2. Causalidad y Casualidad

Causalidad implica una relación de causa-efecto entre las variables, casualidad no. Por ejemplo, la relación entre la potencia disipada por un foco incandescente vs la cantidad de luz emitida por él, es del tipo causal, es decir, existe una relación física de causa-efecto, mientras que en un estudio realizado en Inglaterra sobre la relación entre el número de nacimientos de seres humanos y el aumento en la población de cigüeñas durante un periodo de muchos años, resultó una relación directa y fuerte... ¡por casualidad!

Cuando no existe causalidad, el modelo no se puede usar para controlar el proceso pero sí para predecirlo.

## 8.3. Análisis de regresión

Como se mencionó anteriormente, a través del diseño de experimentos se puede saber cuál o cuáles variables se deberán controlar en un proceso, sobre todo cuando se presentan varias; el siguiente paso sería conocer si existe un tipo de relación numérica entre dichas variables, la herramienta regresión permite conocer esa relación a través de una ecuación matemática que representa normalmente a la variable Y como una variable que está en función de X o que depende de X.

El análisis de regresión es una técnica usada para relacionar a través de un modelo, una o más variables independientes con una variable dependiente (respuesta). Se le puede dar los siguientes usos:

- Descripción. Para representar el comportamiento de un proceso.
- Predicción y estimación. Predicción es con base en un valor X desconocido. Estimación es con base en un valor conocido de X.
- Control. Para obtener cierta respuesta deseada de un proceso.

A continuación se presentan los tipos de regresión más comunes que se podrían presentar en la práctica:

- Regresión Lineal Simple
- Regresión Lineal Múltiple
- Regresión Lineal Polinomial
- Regresión Curva

- Regresión Logarítmica

En caso de que se llegara a tener alguna relación entre las variables X y Y se establece su ecuación; el beneficio es determinar de acuerdo a los datos de X el intervalo de valores en que se moverá Y para estar preparados si sale de una especificación establecida y de esta manera sólo controlar una variable.

La figura 8.1 ilustra un diagrama de dispersión entre dos variables, siendo representado por un modelo de línea recta  $y = mx + b$ . Dicho modelo es una representación imperfecta (como todo modelo) de la relación entre ese par de variables, pero es una manera práctica y útil de hablar de tal relación. La relación real, constituida por la variación de cada uno de los puntos del diagrama, puede ser representada de manera estadística por el modelo  $y = \beta_0 + \beta_1 + \varepsilon$ .

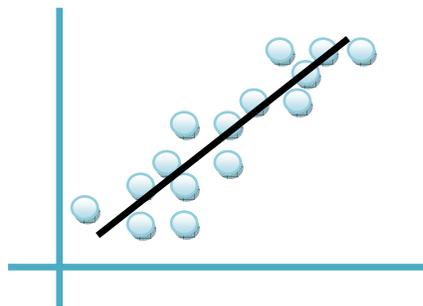


Figura 8.1 Diagrama de dispersión entre dos variables

### 8.3.1. Regresión lineal simple

El modelo de regresión lineal simple (de un sólo factor) se refiere a la relación que puede existir entre una variable independiente y una variable de respuesta. El modelo y la interpretación de sus componentes se muestran a continuación:

$$y = \beta_0 + \beta_1 + \varepsilon$$

$y$  = variable dependiente a modelar (respuesta).

$x$  = variable independiente (predictor de  $y$ ).

$\varepsilon$  = componente de error (medición + variación natural). Variable aleatoria (VA).

$\beta_0$  = intersección. Si los datos incluyen cero, representa la media de la distribución de  $y$  cuando  $x = 0$ . No tiene un significado particular si los datos no incluyen cero.

$\beta_1$  = pendiente. Es el cambio en la media de  $y$  por cada cambio unitario de  $x$ .

La estimación de los parámetros del modelo es por medio del método de mínimos cuadrados que consiste en minimizar el error del modelo:

$$\hat{\beta}_1 = \frac{S_{xy}}{S_{xx}}$$

$$\hat{\beta}_0 = y - \hat{\beta}_1 \bar{x}$$

$$S_{xy} = \sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}$$

$$S_{xx} = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}$$

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \bar{x}$$

El **coeficiente de determinación** es la proporción de la variación explicada (representada) por el modelo de regresión.

$$R^2 = r^2 = \frac{SSR}{SSy} \quad 0 \leq R^2 \leq 1$$

$$S_{yy} = \sum y_i^2 - \frac{(\sum y_i)^2}{n}$$

$$SSR = \hat{\beta}_1 S_{xy}$$

El **coeficiente de correlación** lineal muestral (r o R) representa el grado de asociación lineal entre x y y. Se define por:

$$r = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{yy}S_{xx}}} = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} = \pm \sqrt{R^2}$$

Su rango de operación está entre -1 y 1 y su interpretación se muestra en la figura 8.2

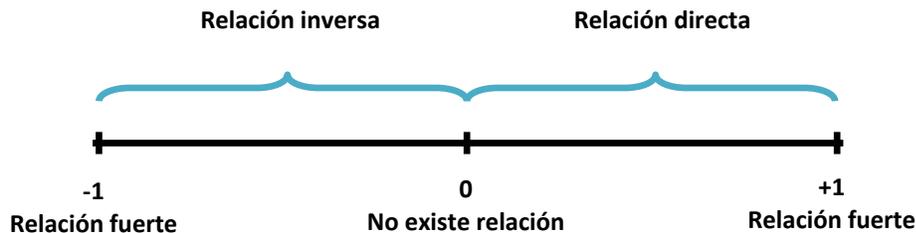


Figura 8.2 Rango de operación

El modelo de regresión incluye el término del error, y se supone que dichos errores siguen una distribución normal con varianza constante y que son independientes entre sí. El cumplimiento de las suposiciones puede generar un modelo inestable desde el punto de vista de que diferentes muestras pueden producir modelos diferentes con conclusiones opuestas.

Los residuos representan el término del error en el modelo ( $\epsilon$ ) y se expresa con la siguiente fórmula:

$$\text{Residuos } e_i = y_i - \hat{y}_i$$

Al efectuar experimentos, se deberá registrar el orden en el que fueron realizados. La **prueba de independencia** consiste en graficar los residuos vs el orden de cada experimento. Si se

observan fluctuaciones aleatorias en una banda horizontal, la independencia se acepta. En caso contrario se deberá repetir el experimento teniendo cuidado con la aleatoriedad de las pruebas. En caso de que el estudio no sea experimental, es importante buscar el orden en que se obtuvieron las observaciones.

La figura 8.3 muestra la prueba gráfica de independencia en donde se observa aleatoriedad en el comportamiento de los residuos y por tanto no existe dependencia.

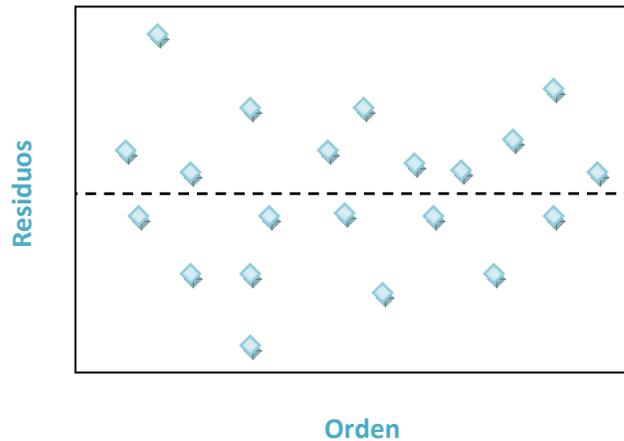


Figura 8.3 Prueba gráfica de independencia

En las figuras 8.4 y 8.5 se presentan los casos en los cuales los errores no son independientes.

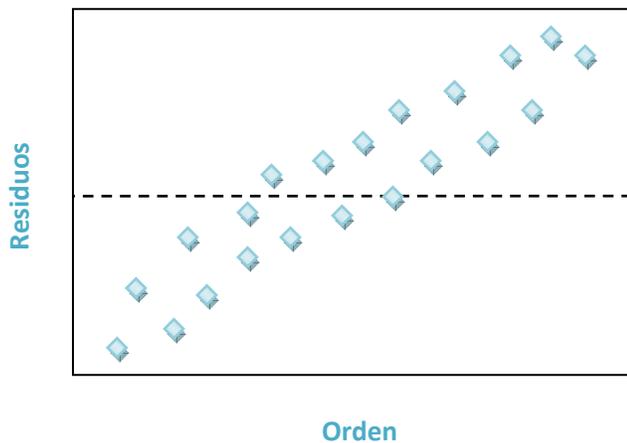


Figura 8.4 Prueba gráfica de no independencia

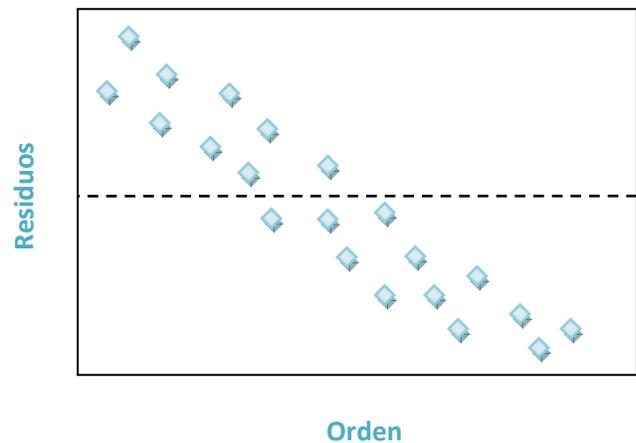


Figura 8.5 Prueba gráfica de no independencia

Al graficar residuos contra otras variables no involucradas en el modelo se puede saber si éstas deberían incluirse cuando la gráfica de los residuos contra dichas variables presente un patrón como el mostrado en la figura 8.6

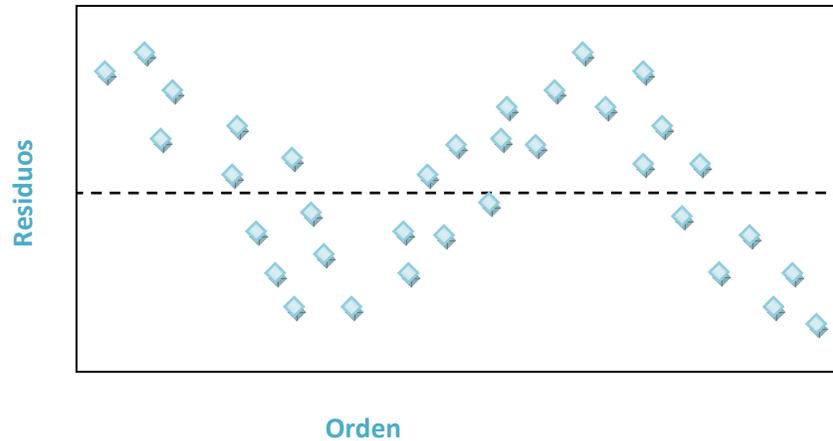


Figura 8.6 Gráfica de residuos contra otras variables no involucradas en el modelo

### 8.3.2. Regresión lineal múltiple

El análisis de regresión múltiple consiste en generar modelos de regresión con más de una variable independiente ( $X_s$ ). El modelo de regresión lineal múltiple se representa por:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon$$

donde

$n$  = número de datos

$p$  = número de parámetros ( $\beta_s$ )

$k$  = número de variables ( $x_s$ )

La relación entre el número de parámetros y el número de variables es  $p = k + 1$ .

$\beta_i$  ( $i = 1 \dots k$ ) representa el cambio esperado en la respuesta “ $y$ ” cuando  $x_i$  cambia una unidad, manteniendo constantes las demás  $X_s$ . A las betas se les llama coeficientes de correlación parcial.

$\beta_0$  representa la intersección del hiperplano de regresión.

Si el rango de los datos ( $X_s$ ) incluye  $x_1 = x_2 = \dots = x_k = 0$ ,  $\beta_0$  representan la media de “ $y$ ” cuando  $x_1 = x_2 = \dots = x_k = 0$ .

El modelo en forma matricial es

$$\vec{y} = \vec{X}\vec{\beta} + \vec{\varepsilon}$$

donde

$$\vec{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}$$

$$\vec{x} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{1k} \\ 1 & x_{21} & x_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{nk} \end{bmatrix}$$

$$\vec{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix}$$

$$\vec{\varepsilon} = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_k \end{bmatrix}$$

La solución matricial es  $\vec{\beta} = (\vec{x}'\vec{x})^{-1}\vec{x}'\vec{y}$

Para tener el modelo

$$\vec{y} = \vec{X}\vec{\beta}$$

Para efectuar la prueba de independencia, es necesario registrar el orden en el que se realizaron las mediciones o pruebas.

### 8.3.3. Regresión polinomial

La regresión Polinomial es un caso particular de regresión líneas en el cual los parámetros ( $\beta_s$ ) son lineales.

El modelo Polinomial de segundo orden y una variable es

$$y = \beta_0 + \beta_1x + \beta_2x^2 + \varepsilon$$

$\beta_0$  = valor de E(y) cuando y si  $x = 0$ .

$\beta_1$  = parámetro de translación de la parábola (derecha, izquierda).

$\beta_2$  = razón de curvatura (hacia arriba o hacia abajo).

### 8.4. Métodos de selección de variables

La **regresión por pasos** consiste básicamente en introducir una a una aquella variable independiente que cumpla los requisitos estadísticos prefijados para su incorporación; sin embargo, en determinado nivel del proceso, cualquier variable previamente incorporada puede ser eliminada si no cumple los requisitos estadísticos prefijados para su permanencia. Tales requisitos estadísticos pueden también establecerse por diferentes medios.

La **regresión de mejores subconjuntos** desarrolla modelos de regresión de las mejores combinaciones de las variables y calcula algunas medidas de desempeño.

### 8.5. 5 S's

El proceso de las 5 S's es una metodología japonesa que garantiza en corto plazo aumentar la productividad, se aplican de manera universal con el fin de ser más competentes y asumir una cultura de calidad.

Las 5S's nombran las principales actividades a seguir tanto en el trabajo como en el ámbito personal, y se requiere de una participación en conjunto para lograr el éxito de este sistema. Las 5s's son una estrategia sistemática de llevar a cabo una práctica disciplinada de un buen mantenimiento y óptima organización del lugar de trabajo dentro de un área.

Este proceso tiene como objetivo que el participante entienda los principios de orden y limpieza sobre los cuales se fundamenta el programa japonés de 5 S's y la importancia de su implantación, para lograr un clima organizacional rentable y productivo, aplicando así esta disciplina en su área de trabajo.

Algunos beneficios personales que se obtienen aplicando las 5S's:

- Ayuda a adquirir autodisciplina.
- Mejora la cooperación y el trabajo en equipo.
- Ayuda a adquirir mayor compromiso y responsabilidad.
- Mejora la seguridad personal.
- Ayuda a mejorar la imagen.
- Contribuye a desarrollar buenos hábitos.
- Desarrolla el autocontrol.
- Disminuye el nivel de estrés.
- Mejora el estado de ánimo de los colaboradores.
- Motivación.

Algunos beneficios en los que contribuyen las 5 S's en el trabajo:

- Eliminan tiempos y movimientos de búsqueda innecesarios.
- Eliminan un alto porcentaje de las causas de los problemas.
- Alarga la vida de los equipos y reduce descomposturas.
- Facilita el control del lugar.
- Elimina inventario innecesario.
- Se conservan áreas con mayor espacio.
- Motivan también a lograr un lugar agradable de trabajo.
- Se agiliza el tiempo de inicio de labores.
- Mejoran el nivel de seguridad en el área de trabajo.
- Proporciona confianza y seguridad en el personal.
- Ayuda a que la institución crezca ya que con limpieza y orden se pueden alcanzar más fácilmente los objetivos.

Los pasos del proceso 5's se detallan a continuación:

### Primera “S” SEIRI (Clasificar)

Consiste en seleccionar y esperar lo que sirve de lo que no sirve, describiendo todos los elementos que se encuentran en nuestras áreas de trabajo y seleccionando los que realmente necesitamos, “Sólo lo necesario, sólo la cantidad necesaria y sólo cuando se necesita”.

Se debe implementar en un corto periodo de tiempo en toda la organización. Hay que eliminar todo aquello que se piense conservar “por si se necesitara”, porque realmente se usa muy poco o casi nada.

Los objetos innecesarios deben ser retirados inmediatamente sin titubeos, hay que tomar en cuenta que le puede servir a otra área, pero si no, se debe tirar. Las cosas de poco uso causan ineficiencia. Se deben guardar en lugares lejanos plenamente identificadas.

Una manera de poder realizar esta clasificación es mediante el uso de una “Tarjeta Roja”, que es una etiqueta para señalar los objetos que se usan muy poco, no más de dos meses para saber si realmente no se usa, se anota en la tarjeta la fecha de caducidad, esto con el propósito de deshacerse de ellos posteriormente en un lugar denominado “Etiqueta Roja”, controlando estos objetos con un formato que enliste e identifique los mismos.

Separar lo que sirve de lo que no sirve es una actividad que permite darse cuenta que había muchas cosas guardadas que no se sabía que se tenían y sólo ocupaban espacio.

### Segunda “S” SEITON (Ordenar)

Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar. Para esto hay que asignar un lugar para colocar cada elemento no sin antes haber tomado en cuenta los siguientes criterios:

- ¿Se usa?
  - Frecuentemente: conservarlas a la mano
  - Pocas veces: conservarlas poco lejos
  - No se usa: darlo de baja o tirarlo
  
- ¿No sirve?
  - Se usa: se manda a reparar
  - No se usa: se tira
  - Si no se puede tirar o reparar, se procede a darlo de baja y mandarlo a una bodega general.

No se trata de mover las cosas para ponerlas en otro lugar, se trata de **planificar** en conjunto, anticipadamente y por escrito. Esta planeación consiste en evitar poner las cosas donde pudieran estorbar (cuidando los aspectos de seguridad requeridos), hay que decidir cuál es el lugar más conveniente para cada cosa, tomando en cuenta la frecuencia de uso y el orden en que son utilizadas, colocándolas en lugares de fácil acceso para su inventario o localización. Una vez asignado el lugar, se debe garantizar que éste sea fijo.

La metodología sugiere cuatro apoyos visuales para ordenar y garantizar el lugar fijo de cada cosa (un apoyo visual es cualquier señal que indique dónde o como debe acomodarse). Estos apoyos visuales son los siguientes:

*Utilizar etiquetas* para identificar donde deben ir las cosas.

*Dibujar el contorno*, éste método es útil cuando tenemos muchos objetos juntos, cuando las cosas están lejos del lugar en donde se utilizan o están colocadas sobre la misma superficie. Se puede *dibujar la huella* si las cosas están colgadas sobre la pared o se encuentran sobre superficies en donde la única manera de distinguirla es por su forma, cuando objetos idénticos son utilizados en diferentes procesos y deben guardarse por separado; puede pintarse cada huella de diferente color.

El método de *hacer ranuras* puede ser útil cuando necesitamos poner los objetos en una superficie o cerca del área de trabajo pero necesita estar orientado de tal forma que facilite su acceso, éste método deberá apoyarse en el uso de etiquetas.

Al ordenar se eliminan muchos tipos de desperdicio:

- Dificultad al buscar algo.
- Dificultad al utilizar las cosas.
- Dificultad al regresar las cosas a su lugar.

### **Tercera “S” SEISO (Limpiar)**

El objetivo de esta “S” es crear un ambiente de trabajo limpio, donde la gente pueda trabajar cómodamente, que todo lo que se requiera esté limpio y funcional y que por ende, aumente la eficiencia. De nada sirve tener un lugar ordenado y clasificado, si nuestros elementos están sucios o no funcionan.

Este proceso deberá ser supervisado periódicamente por un responsable designado, estableciendo un calendario de limpieza. Para esto hay que considerar que la limpieza debe compartirse equitativamente entre todos.

Limpiar también implica inspeccionar, detectar las fuentes que provocan la basura y/o contaminación para aislarse y prevenirse, implica establecer estándares (quién, cómo, cuándo y dónde). Algunas veces puede ser necesario formular una tabla de fuentes de suciedad para determinar las acciones correspondientes para combatirlas equitativamente.

La tercera “S” (limpiar), abarca más allá de lo visual, es también “sanear” el ambiente de trabajo para mejorar la salud de todos, corrigiendo la iluminación, aumentando la ventilación para alejar humos y malos olores eliminándolos completamente, excluyendo fuentes de polvo o todo aquello que pueda representar un peligro para la salud y bienestar de las personas.

### **Cuarta “S” SEIKETSU (Estandarizar)**

Estandarizar es garantizar que siempre exista orden y limpieza en nuestro lugar de trabajo. Para esto hay que considerar los siguientes pasos:

1. *Diseñar un formato de verificación* adecuado del área, útil y entendible para todos. Este formato describirá que hacer, cómo hacerlo, quién lo hace, cuándo lo hace y verificación de que se hizo; esto se utiliza cuando una segunda persona comprueba que estuvo completo el trabajo hecho por alguien.
2. *Preparar una lista de chequeo*, es decir, llenar el formato diseñado. Aquí se puede asignar responsabilidades para varias tareas o rotar tareas entre compañeros.
3. *Compartir actividades comunes en limpieza* para asegurarse que el trabajo esté siendo realizado por todos de la misma manera, es importante compartir las actividades de limpieza entre la gente del departamento para las áreas comunes.
4. *Definir un programa de limpieza* donde se incluyan todas las actividades, los responsables y las fechas.
5. *Identificar un lugar para la lista de verificación*. Buscar un lugar dentro del área, en un lugar visible para cualquier persona. Así será fácil ver si el trabajo se ha hecho y los auditores pueden utilizarla también.
6. *Establecer un calendario para los auditores*. El último paso de la estandarización sugiere que se elabore un calendario para auditar el seguimiento que se ha dado a la lista de verificación, y asegurar que todo lo requerido para limpieza y organización se esté llevando a cabo.

#### **Quinta “S” SHITSUKE (Institucionalizar)**

Esta quinta “S” se ocupa del elemento humano. Se completa cuando las personas adquieren como disciplina la cultura de la limpieza (autodisciplina).

Se debe dar seguimiento para lograr que todos tengan el hábito de cumplir con el procedimiento que se definió para tener orden y limpieza en las áreas de trabajo, observando que los sistemas antes aplicados estén actualizados y sigan siendo prácticos. Si esta quinta “S” no se cumple, de nada servirá todo lo anterior, y en poco tiempo se volvería al punto de partida.

La autodisciplina debe mostrarse desde el director general, jefes de área y departamento, así como supervisores y responsables del proyecto. Implica una campaña que debe mantener las reglas que ya están determinadas.

Las 5 S's es una herramienta cuya implantación no necesita de grandes cantidades de dinero pero si mucho tiempo en lograr conciencia por parte de todo el personal de la empresa, se necesitan varios facilitadores de todo tipo de niveles, desde la gerencia hasta el personal operativo primario para que el objetivo primordial que es la autodisciplina se cumpla.

La forma en que puede ayudar es en el momento que el personal cumple sistemáticamente con los procedimientos que se tienen establecidos a través de los procesos de manufactura, de esa forma se tendría la seguridad que dicho personal es capaz de recolectar datos, registrarlos, analizarlos y tomar acciones correctivas.

## 8.6. Poka Yoke

Poka Yoke es otra técnica de calidad, desarrollada por el ingeniero japonés Shingeo Shingo en los años 1960's, que significa "a prueba de errores". La idea principal es la de crear un proceso donde los errores sean imposibles de realizar. La finalidad del Poka Yoke es la de eliminar los defectos en un producto ya sea previniendo o corrigiendo los errores que se presenten lo antes posible.

La finalidad del Poka Yoke es la de eliminar los defectos en un producto ya sea previniendo o corrigiendo los errores que se presenten lo antes posible.

Un dispositivo Poka Yoke es cualquier mecanismo que ayuda a prevenir los errores antes de que sucedan, o los hace que sean muy obvios para que el trabajador se dé cuenta y lo corrija a tiempo. El sistema Poka Yoke, o libre de errores, son los métodos para prevenir errores humanos que se convierten en defectos del producto final.

El concepto es simple: si los errores no se permite que se presenten en la línea de producción, entonces la calidad será alta y el retrabajo poco. Esto aumenta la satisfacción del cliente y disminuye los costos al mismo tiempo. El resultado, es de alto valor para el cliente. No solamente es el simple concepto, pero normalmente las herramientas y/o dispositivos son también simples.

Shingeo Shingo recomienda los siguientes puntos en la aplicación del Poka Yoke:

1. Control en el origen, cerca de la fuente del problema; por ejemplo, incorporando dispositivos monitores que adviertan los defectos de los materiales o las anomalías del proceso.
2. Establecimiento de mecanismos de control que ataquen diferentes problemas, de tal manera que el operador sepa con certeza que problema debe eliminar y cómo hacerlo con una perturbación mínima al sistema de operación.
3. Aplicar un enfoque de paso a paso con avances cortos, simplificando los sistemas de control sin perder de vista la factibilidad económica. Para usar el Poka Yoke de manera efectiva, es necesario estudiar con gran detalle la eficiencia, las complicaciones tecnológicas, las habilidades disponibles y los métodos de trabajo.
4. No debe retardarse la aplicación de mejoras a causa de un exceso de estudios. Aunque el objetivo principal de casi todos los fabricantes es la coincidencia entre los parámetros de diseño y los de producción, muchas de las ideas del Poka Yoke pueden aplicarse tan pronto como se hayan definido los problemas con poco o ningún costo para la compañía. El Poka Yoke enfatiza la cooperación interdepartamental y es la principal arma para la mejora continua, pues motiva las actividades de resolución continua de problemas.

Un sistema Poka Yoke posee dos funciones: una es la de hacer la inspección del 100% de las partes producidas, y la segunda es si ocurren anomalías puede dar retroalimentación y acción correctiva. Los efectos del método Poka Yoke en reducir defectos va a depender del tipo de inspección que se esté llevando a cabo, ya sea: en el inicio de la línea, auto-chequeo, o chequeo

continuo. Los efectos de un sistema Poka Yoke en la reducción de defectos varían dependiendo del tipo de inspección.

Para tener éxito en la reducción de defectos dentro de las actividades de producción, se debe entender que los defectos son generados por el trabajo, y que toda inspección puede descubrir los defectos. Se tienen tres tipos de inspección:

- Inspección de criterio
- Inspección informativa
- Inspección en la fuente

Existen dos funciones reguladoras para desarrollar sistemas Poka Yoke:

- Métodos de control
- Métodos de advertencia

### **Métodos de Advertencia**

Este tipo de método advierte al trabajador de las anomalías ocurridas, llamando su atención, mediante la activación de una luz o sonido. Si el trabajador no se da cuenta de la señal de advertencia, los defectos seguirán ocurriendo, por lo que este tipo de método tiene una función reguladora menos poderosa que la de métodos de control.

En los casos en que una luz advierte al trabajador; una luz parpadeante puede atraer con mayor facilidad la atención del trabajador que una luz fija. Este método es efectivo sólo si el trabajador se da cuenta, por lo que en ocasiones es necesario colocar la luz en otro sitio, hacerla más intensa, cambiar el color, etc. Por otro lado el sonido puede atraer con mayor facilidad la atención de la gente, pero no es efectivo si existe demasiado ruido en el ambiente que no permita escuchar la señal, por lo que en este caso es necesario regular el volumen, tono y secuencia.

En muchas ocasiones es más efectivo cambiar las escalas musicales o timbres, que subir el volumen del mismo. Luces y sonido se pueden combinar uno con el otro para obtener un buen método de advertencia.

### **Métodos de Control**

Existen métodos que cuando ocurren anomalías apagan las máquinas o bloquean los sistemas de operación previniendo que siga ocurriendo el mismo defecto. Estos tipos de métodos tienen una función reguladora mucho más fuerte que los de tipo preventivo, y por lo tanto este tipo de sistemas de control ayudan a maximizar la eficiencia para alcanzar cero defectos.

No en todos los casos que se utilizan métodos de control es necesario apagar la máquina completamente, por ejemplo cuando son defectos aislados (no en serie) que se pueden corregir después, no es necesario apagar la máquina completamente, se puede diseñar un mecanismo que permita “marcar” la pieza defectuosa, para su fácil localización; y después corregirla, evitando así tener que detener por completo la máquina y continuar el proceso.

### Clasificación de los métodos Poka Yoke

1. Método de contacto. Son métodos donde un dispositivo sensitivo detecta las anomalías en el acabado o las dimensiones de la pieza, donde puede o no haber contacto entre el dispositivo y el producto.
2. Método de valor fijo. Con éste método, las anomalías son detectadas por medio de la inspección de un número específico de movimientos, en casos donde las operaciones deben repetirse un número predeterminado de veces.
3. Método del paso-movimiento. Estos son métodos en los cuales las anomalías son detectadas inspeccionando los errores en movimientos estándares donde las operaciones son realizadas con movimientos predeterminados. Este efectivo método tiene un amplio rango de aplicación, y la posibilidad de su uso deben considerarse siempre que se esté planeando la implementación de un dispositivo Poka Yoke.

Las compañías líderes en la revolución de calidad han aprendido que pueden mejorar la calidad de sus productos y servicios más rápidamente cuando se enfocan a mejorar sus procesos que usan para elaborarlos. Un proceso que es flexible, fácil de manejar y a prueba de errores es un sistema robusto. Un proceso debe ser efectivo, eficiente y robusto si desea ser considerado de gran calidad. La clave para disminuir los errores, es identificar la fuente, ver que lo ocasiona y buscar una solución. Al tener la solución hay que crear un dispositivo Poka Yoke que permita no volver a cometer el mismo error. Los dispositivos pueden llegar a ser muy simples, no necesariamente tienen que ser complicados y costosos. El crear un sistema robusto es anticiparse a las posibles causas y situaciones que puedan generar algún tipo de problema; lo cual permitirá una fácil adaptación de un dispositivo Poka Yoke. Las características principales de un buen sistema Poka Yoke:

- Simples y baratos
- Son parte del proceso
- Se ubican cerca o en el lugar donde ocurre el error.

### 8.7. Benchmarking

Es detectar las mejores prácticas que tienen compañías nacionales y/o extranjeras en diferentes aspectos: manufacturero, tecnológico, administrativo, recursos humanos, mantenimiento, medio ambiente, etc., para tomarlo como referencia y compararlo con lo que hace una empresa actualmente, la idea es a través de dicha referencia establecer acciones encaminadas a emularlo.

Es fundamental establecer un método de recolección de información inducido, para saber qué se debe preguntar, cómo poder implantar la mejora y quiénes lo deben llevar a cabo. La figura 8.7 muestra las principales etapas del Benchmarking.

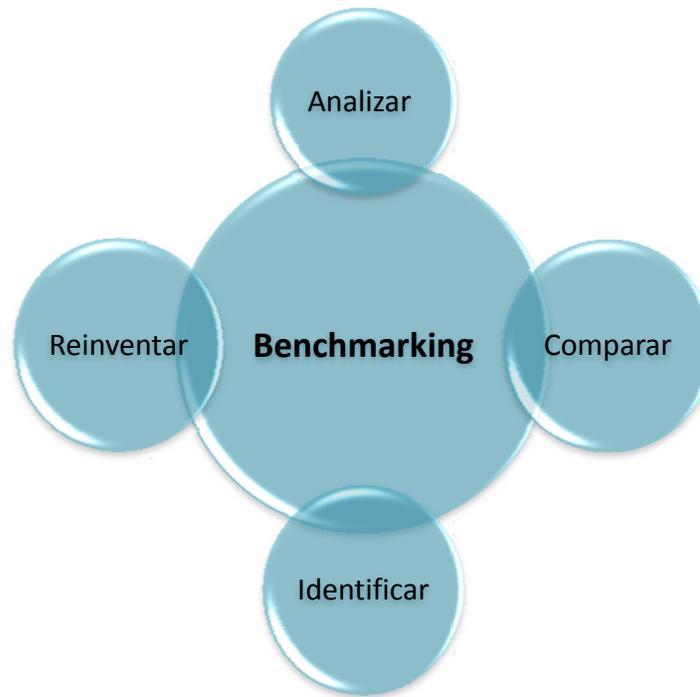


Figura 8.7 Etapas del Benchmarking

Durante la recopilación y análisis de información, se seleccionan los medios para recopilar información: entrevistas, cuestionarios, investigaciones, obtención de documentos, etc. Es importante que los responsables de la actividad reciban el apoyo de la organización para que se gestionen convenios cuando sea necesario y para que se faciliten los recursos necesarios para obtener la información. La información se entrega a los miembros del equipo. Posteriormente se realizan talleres de trabajo en los que se analizan y discuten las posibilidades de mejora identificadas, de acuerdo con las necesidades originales, y se producen recomendaciones para la acción.

La forma en que ayuda esta herramienta es a través de comparar lo que hacen otras empresas a favor de mejorar la calidad de los procesos y productos y establecerlo en nuestra compañía.

El Benchmarking es una técnica de gestión empresarial que pretende descubrir y definir los aspectos que hacen que una empresa sea más rentable que la otra, para después adaptar el conocimiento adquirido a las características de la propia empresa. Es una valiosa herramienta que proporciona un enfoque disciplinario y lógico para comprender y evaluar de manera objetiva las fortalezas y debilidades de una empresa, en comparación con lo mejor de lo mejor. Lo que debe quedar claro es que el benchmarking no implica prácticas fuera de la legalidad. Esta técnica nada tiene que ver con el espionaje industrial o la copia, ni debe tener como resultado un cambio brusco de la cultura empresarial que rija la propia organización, sino recabar la información suficiente con el fin de poder negociar en las mejores condiciones con todos los implicados en los procesos de creación de valor de una empresa; hacer la competencia más dura a los demás, y descubrir nuevos nichos de mercado.

## **Técnicas de Benchmarking**

Hay cinco niveles a los que hay que atender para realizar el proceso de Benchmarking:

### **Benchmarking Interno**

El análisis de la cadena de valor de la empresa propia aportará los primeros datos sobre los cuáles son los aspectos que mejor y peor funcionan en la compañía. Se puede completar este estudio con consultas a los empleados y directivos de la propia empresa.

A pesar de que el benchmarking interno parece sencillo porque este país se caracteriza por ser muy comunicativo, hay un factor cultural que puede dificultar este proceso, el miedo al despido. Este miedo puede llevar a que algunos empleados se pongan a la defensiva y la información pierda parte de su valor. Sin embargo, para recabar información en el exterior la actitud es distinta, el empleado piensa que se le consulta por ser un buen conocedor del país, no porque existan segundas intenciones.

En muchas empresas, operaciones de negocios semejantes se realizan en múltiples instalaciones, departamentos o divisiones. Esto es especialmente cierto en las multinacionales, que funcionan a nivel internacional. Por esta razón, muchas compañías inician sus actividades de benchmarking comparando internamente sus prácticas comerciales. Aunque no es probable que se descubran las mejores prácticas de manera interna, identificar las mejores prácticas comerciales internas es, no obstante, un punto de partida excelente.

El argumento más poderoso para efectuar un benchmarking interno es que, a pesar de que forman parte de la misma organización, las diferencias geográficas, de enfoque organizacional y cultura casi siempre dan como resultado diferencias en los procesos laborales. Como consecuencia del descubrimiento de “innovaciones locales”, muchas empresas han sido capaces de obtener una ventaja rápida al transferir dicha información a otras operaciones dentro de la propia compañía.

La mayoría de los expertos defienden el benchmarking interno como el mejor punto de partida para una compañía que se inicia en esta técnica, pues permite a una empresa hacer un ensayo previo del alcance de un estudio externo y establecer sus objetivos de benchmarking en términos comerciales realistas, aunque sencillos y concentrados. Si no se hace esto antes de visitar otra compañía, simplemente se regresa con un lío de información y se tendrán dificultades para adecuarla a lo que se hace internamente.

### **Benchmarking Primario**

Se recaba información directamente de la competencia. Se recomienda la consulta a los antiguos empleados de otras empresas, aunque no siempre resulta esta práctica por los convenios de confidencialidad firmados por los trabajadores con las empresas.

Otra fuente muy buena de información son los clientes y proveedores de la competencia, a pesar de que “parte de esta información estará viciada, ya que será un intento de negociación por parte del otro, para convertirse en cliente”.

Este nivel de benchmarking también es conocido como benchmarking competitivo y es el método más ampliamente comprendido y aplicado. Los empleados saben que esta clase de información es valiosa porque están conscientes de que las prácticas de un competidor afectan a los clientes, potenciales o actuales, proveedores y observadores de la industria. La ventaja clave cuando se lleva a cabo un proceso de benchmarking entre sus competidores es que ellos emplean tecnologías y procesos iguales o muy similares a los propios, y las lecciones aprendidas se transfieren mutuamente, por lo general, con mucha facilidad.

### **Benchmarking Cooperativo**

Consiste en la realización de un intercambio de información con las empresas competidoras. La técnica cooperativa siempre es más sencilla en el ámbito internacional, porque la competencia se percibe como más lejana y menos peligrosa que la nacional. En este caso, acudir a un consultor externo al que encargue un estudio en común puede dejar suspicacias, ya que aportaría información que se compartiría equitativamente entre estas empresas.

Se debe tener en cuenta que los que son competidores en el propio país, pueden ser aliados en el exterior.

### **Benchmarking Funcional**

Al igual que el benchmarking competitivo, el benchmarking funcional se orienta hacia los productos, servicios y procesos de trabajo. Sin embargo, las organizaciones comparadas pueden o no ser competidores directos. El objeto del benchmarking funcional se aplica en general. Con frecuencia se le denomina genérico porque se dirige a funciones y procesos comunes para muchas empresas, sin importar la industria a la que pertenezcan, incluyendo la manufactura, ingeniería, recursos humanos, mercadotecnia, distribución, facturación y nómina, por mencionar a sólo unos cuantos.

Actualmente se ve este deseo de obtener descubrimientos a través de los esfuerzos de benchmarking en organizaciones que están en etapas de reingeniería. Estas empresas seleccionan a sus socios de benchmarking con base en sus enfoques innovadores hacia los procesos comerciales. Al estudiar “procesos análogos en una variedad de industria en una variedad de industrias”, confían en descubrir un abanico de ideas aplicables para llevar a cabo la reingeniería.

### **Benchmarking Secundario**

Se recopila información de dominio público, sobre un sector de actividad, las empresas competidoras, los mercados, los clientes, proveedores, etc. El objetivo es descubrir cuál es el valor añadido de otras empresas, cuáles son los competidores, y cuales sus debilidades y fortalezas.

Además de clasificar las investigaciones de benchmarking por su sujeto, esto es, interno, competitivo, funcional, etc., es posible clasificarlas en término de sus metas. Así, existe el “benchmarking de desempeño, el estratégico y el de procesos”. Clasificar el benchmarking de esta manera es útil porque permite que cualquier organización construya sus capacidades de benchmarking de manera gradual. Al iniciar con el benchmarking de desempeño, se requiere muy pocos recursos, se familiariza mediante una inversión mínima. Cuando sea cómodo recopilar y utilizar la información, será posible continuar con el establecimiento de sociedades con un

conjunto específico de compañías, para entender mejor los aspectos estratégicos. Finalmente, cuando se tenga la capacidad de adaptar la información del benchmarking, se iniciará un programa de capacitación de equipos para que ayuden a los grupos de trabajo a conducir sus propios estudios de benchmarking de procesos.

La metodología general para realizar un proceso de benchmarking se muestra en la figura 8.8

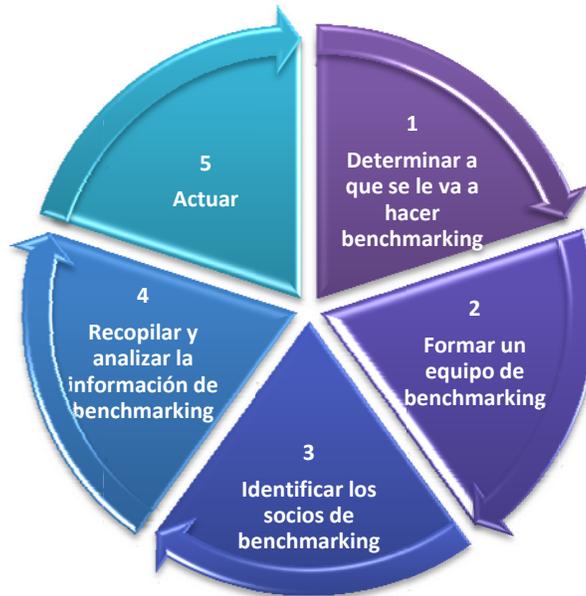


Figura 8.8 Metodología general de Benchmarking