



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

# DESARROLLO EMPRESARIAL

## *DIPLOMADO EN SEIS SIGMA*



Del 19 de Noviembre al 10 de Diciembre de 2005

## APUNTES GENERALES

DE-58

Instructor: Lic. Sergio Suárez Toriello  
Palacio de Minería  
Noviembre/Diciembre del 2005

Palacio de Minería, Calle de Tacuba No. 5, Primer piso, Delegación Cuauhtémoc, CP 06000, Centro Histórico, México D.F.,  
APDO Postal M-2285 • Tels: 5521.4021 al 24, 5623.2910 y 5623.2971 • Fax: 5510.0573

**MODULO V. PROCESOS SEIS SIGMA. (20 HORAS)****Objetivo particular:**

Al finalizar el módulo el participante conocerá y aplicará herramientas básicas para la administración de procesos bajo el enfoque Seis Sigma.

**TEMA I. VOCABULARIO SEIS SIGMA.**

- 1.1. La nomenclatura Seis Sigma
- 1.2. ¿Qué es DPMO?
- 1.3. La gráfica Seis Sigma
- 1.4. Glosario Seis Sigma para los procesos.

**TEMA II. HERRAMIENTAS DURAS.**

- 2.1. Definición y descripción del proceso.
- 2.2. Sistemas de medición.
- 2.3. Variables significativas.
- 2.4. Capacidad del proceso.
- 2.5. Robustecimiento del proceso.

**TEMA III. EL MÉTODO TAGUCHI.**

- 3.1. Conceptos.
- 3.2. Los 7 pasos del método Taguchi.
- 3.3. Diseño de experimentos.

**HERRAMIENTAS DE LA FASE III. ANALIZAR.****5 Why's**

¡Esta es una técnica desarrollada por niños! Es una técnica usada en las etapas de Medición y Análisis de la metodología DMAIC. Es una gran herramienta Seis Sigma que puede ser completada sin el conocimiento de datos.

Repitiendo constantemente la pregunta ¿Por qué? Podemos quitar los síntomas de problemas que cubren las verdaderas causas.

**Declaración enfocada de problema**

Nos ayuda a direccionar correctamente el problema para poder orientar adecuadamente los recursos a la solución adecuada.

**Diagrama de interrelación**

Es un diagrama que muestra las diferentes relaciones entre elementos de un sistema o proceso.

**Diagrama de árbol**

Rompen o estratifican ideas progresivamente hasta llegar al detalle. El objetivo es partir una gran idea o problema en pequeños componentes, haciendo la idea más fácil de entender, o el problema más fácil de resolver.

Con la complejidad de muchas de las herramientas de Six Sigma, es más fácil usar los Tree's en forma rutinaria. La experiencia muestra, que existen muchos errores y beneficios no vistos que es conveniente tomar en cuenta antes de trabajar con ellos.

**Benchmarking**

Siete pasos para el proceso de Benchmark.

1. Determinar cuáles áreas funcionales o procesos serán sujetos al benchmark.
2. Identificar los factores claves y variables con los que mediremos esos procesos.
3. Seleccionar los procesos mejores en su clase – aquellos que funcionan con el menor costo, con el mayor grado de satisfacción del usuario, etc. Estos procesos pueden operar incluso en empresas competidoras, nacionales, extranjeras o incluso compañías en diferentes industrias.
4. Mide el desempeño de los procesos mejores en su clase, utiliza todas las fuentes disponibles.
5. Mide tu propio desempeño para cada variable e inicia la comparación de los resultados en términos similares para determinar la brecha entre tu proceso y los mejores en su clase. Siempre siéntete en libertad de estimar los resultados.

6. Especifica aquellos programas y acciones para alcanzar y sobrepasar a tu benchmark basado en un plan desarrollado para mejorar áreas que muestren cumplimiento potencial.
7. Incorpora estos programas a tus proyectos Seis Sigma.

### **Análisis causa – efecto.**

Una forma de capturar las diferentes ideas de los miembros del equipo Seis Sigma y estimular la participación para la obtención de causas raíz (x) es el diagrama causa efecto, comúnmente llamado pescado. El pescado nos ayudará a visualizar las causas potenciales para un problema específico. Este es particularmente útil cuando existe poca información cuantitativa para el análisis.

Esta herramienta tiene otro beneficio, ya que la gente por naturaleza gusta estar en lo correcto al dar una opinión, el diagrama puede ayudarnos a traer información más profunda para explorar las causas detrás del problema.

### **Histograma**

*Propósito del Histograma.*

Un histograma es usado para resumir en forma gráfica y desplegar la distribución de los datos de un proceso.

### **Gráfico de Pareto**

El análisis de Pareto nos permite resumir en forma gráfica la importancia relativa de varios grupos de datos. Está basado en el principio del 80/20 del economista del Siglo XIX.

### **Mapeo de procesos. Nivel II.**

Utiliza el mapeo inicial y el SIPOC utilizado en la fase anterior, ahora nos enfocaremos en entender mejor el proceso y en encontrar los puntos en los que debemos encontrar la información.

- 1) Revisa el alcance del proceso.
- 2) Revisa los pasos el proceso.
- 3) Revisa todas las salidas del proceso en cada paso (SIPOC)
- 4) Revisa todos los insumos del proceso (SIPOC)
- 5) Clasifica los insumos:
  - a. Controlables. Condiciones en los insumos que pueden ser cambiados y generarán un efecto en las salidas.
  - b. Procedimientos estándares de operación. Métodos estándar o procedimientos para ejecutar el proceso.
  - c. Ruido. Elementos o condiciones que se ha decidido no controlar por su complejidad o pro su costo.

- 6) Lista las especificaciones de operación (estándares) y objetivos para los insumos controlables.

Una vez que el mapa es completado, el equipo se dedica a analizarlo. El análisis no debe considerar únicamente los flujos, sino:

- a. buscar en cada paso del proceso los siguientes:
  - Cuellos de botella
  - Fuentes de demora
  - Errores que son arreglados en lugar de ser corregidos.
  - Ambigüedad de roles
  - Duplicaciones
  - Pasos innecesario
  - Ciclo de tiempo
- b. Buscar en cada decisión:
  - Ambigüedad de decisión.
  - ¿Son necesarias las decisiones en este punto?
- c. Buscar en cada loop:
  - La posibilidad de eliminar los pasos o hacerlos en menos tiempo, o tratar de prevenirlos.
- d. Usar el punto de vista del cliente.
  - Pasos de valor agregado vs. pasos de desperdicio (desde el punto de vista del cliente.

### ***Prueba de errores – Poka Yoke -***

Poka Yoke es un sistema que traducido al castellano significa “A prueba de errores” creado por el ingeniero japonés Shigeo Shingo. Es uno de los principales componentes de Zero Quality Control (ZQC) orientado a producir cero defectos. Los poka yoke son una serie de pequeñas ayudas que son usadas para detectar o prevenir que se presenten defectos. Los poka yoke’s pueden ser generados por la gerencia, los operadores y por prácticamente cualquiera.

### ***Análisis multivariar***

El análisis multivariar es una herramienta que gráficamente despliega patrones de variación. Es usada para identificar posibles familias de variación Xs, tales como variaciones en un subgrupo, entre subgrupos, o a través del tiempo. Nos ayudan a determinar cómo la variación en las variables de entrada afecta en la respuesta de las variables de salida.

**$y=f(x)$** 

Nos ayuda a determinar los factores que si cambiamos pueden mejorar los CTQ's y las medidas clave del negocio.

Procedimiento:

- 1) Obtén las medidas clave de tu proyecto. (Charter)
- 2) Obtén los CTQ's que el equipo ha elegido como más importantes para el proyecto.
- 3) Lista las medidas clave del negocio y las definiciones del CTQ en la matriz.
- 4) En la forma en que tu equipo avanza a través de las fases de Medir y Analizar, añade las definiciones causales (x's) que descubres.

***Prueba de hipótesis***

Las pruebas de hipótesis son procedimientos para tomar decisiones racionadas acerca de la realidad de los efectos.

Todas las pruebas de hipótesis se conforman con relación a principios similares y avanzan con la misma secuencia de eventos.

Son usadas para determinar si la variación entre grupos de datos se debe a diferencias reales entre los grupos o si se deben a causas comunes de variación. Es usada para determinar si causas (x) resultan en diferencias significantes en la salida (y).

**ANOVA**

En 1920, Sir Ronald A. Fisher inventó un modelo estadístico para comparar grupos de datos. Fisher nombró su método Análisis de Varianza, el cual es conocido como ANOVA. Este método es usado en Six Sigma para comparar datos. Un ANOVA es una guía para determinar si un evento se debe a la variación al azar o a la variación natural. O, por el contrario, el mismo método provee con un 95% de nivel de confianza que un factor es la causa de un evento.

El radio F es la información de probabilidad producida por un ANOVA. Es llamada así por Fisher. El arreglo ortogonal y el cubo para diseño de experimentos son también creaciones suyas.

Un ANOVA puede ser, y debe ser, usado para evaluar diferencias entre grupos de datos. Puede ser usado con cualquier número de grupos de datos, registrados de un proceso. Los grupos de datos no necesitan ser del mismo tamaño. Estos pueden ser de 3 o 4 números hasta grupos muy grandes.

La dificultad para hacer un ANOVA a mano alejó a mucha gente de utilizarla hasta los 90's. Ahora, utilizando Excel, cualquiera puede realizar un ANOVA para determinar si las diferencias entre grupos de mediciones son generadas por variación. O, podemos definir si son generadas por un grupo de factores. Estas variables generalmente son etiquetadas como X, Y o Z.

**Análisis de regresión y correlación****Prueba "t" en muestras pareadas.**

Es usado para determinar si existe alguna diferencia significativa entre los valores promedio de la medición hecha en dos condiciones diferentes. La hipótesis es que la diferencia de la media es de cero. Por ejemplo, el rendimiento de dos escurridores de cebada es medido en años sucesivos en 20 diferentes puntos de una planta cervecera (unidades) para investigar si alguno da un rendimiento significativo más alto que el otro en promedio.

\*\*\*\*\*

La hipótesis nula para la prueba pareada t es:

$$H_0: d = u_1 - u_2 = 0$$

Donde d es el valor medio de la diferencia.

La hipótesis nula es probada contra uno de las hipótesis alternativas siguientes, dependiendo de la pregunta realizada.

$$H_1: d = 0$$

$$H_1: d > 0$$

$$H_1: d < 0$$

La prueba pareada t-test es una alternativa más poderosa que un procedimiento de dos muestras, como la prueba de dos muestras t, pero puede ser usada únicamente cuando tenemos muestras que concuerdan.

---

**Coeficiente de correlación.**

El coeficiente de correlación es un número entre -1 y 1 el cual mide el grado en el que dos variables están relacionadas linealmente. Si existe una relación perfecta con tendencia positiva entre dos variables, tenemos un coeficiente de correlación de 1. Si existe una correlación perfecta con tendencia negativa entre dos variables, tenemos un coeficiente de correlación de -1. Un coeficiente de correlación de 0 significa que no hay relación linear entre las variables.

---

**Coeficiente de correlación de Pearson.**

El coeficiente de correlación de Pearson, usualmente denominado "r", es un ejemplo de un coeficiente de correlación. Es una medida de la asociación linear entre dos variables que han sido medidas en intervalos o radios, como la relación existente entre longitud y centímetros y peso y kilos. Sin embargo, puede tener diferencias cuando la relación que existe no es linear.

\*\*\*\*\*

Existen procedimientos, basados en  $r$ , para hacer inferencias acerca del coeficiente de correlación de la población. Sin embargo, esto asume implícitamente que las dos variables se encuentran normalmente distribuidas. Cuando esta suposición no es justificada, debe usarse una medida no paramétrica.

---

### **Coeficiente de Correlación de Spearman.**

El coeficiente de correlación de Spearman es usado cuando no es conveniente, económicamente o físicamente dar valores a las variables, pero si asignar un orden secuencial para cada variable. Puede ser también un mejor indicador de que existe una relación entre dos variables cuando la relación es no lineal.

---

### **Mínimos cuadrados**

El método de mínimos cuadrados es un criterio para ajustar un modelo especificado a los datos observados. Es el método más común para definir una línea recta a través de un grupo de puntos en un gráfico de dispersión.

---

### **Ecuación de regresión.**

Una ecuación de regresión nos permite expresar la relación entre dos (o más) variables en forma algebraica. Indica la naturaleza de las relaciones entre las variables. En particular, indica el grado en el que podemos predecir algunas variables conociendo otras, o el grado en que unas están asociadas con otras.

Una ecuación de regresión es comúnmente escrita de la siguiente forma:

$$Y = a + bX + e$$

Donde:

Y es la variable independiente

a es la intersección.

b es la pendiente del coeficiente de correlación

X es la variable dependiente

e es el margen de error

La ecuación especificará el promedio de la magnitud del cambio esperado en Y dado un cambio en X.

---



**Regresión linear simple**

Nos permite encontrar una regresión linear entre una variable de respuesta y un posible predictor variable por el método de mínimos cuadrados.

---

**Regresión multiple**

Nos permite encontrar la relación linear entre una respuesta variable y varias posibles variables predictoras.

---

**Regresión no linear**

Nos permite describir la relación entre una respuesta variable y una o más variables explicatorias en un comportamiento no linear.

Nonlinear regression aims to describe the relationship between a response variable and one or more explanatory variables in a non-linear fashion.

---

**Residual**

Residual (o error) representa una variación no explicada ( o residual) después de ajustar un modelo de regresión. Es la diferencia entre el valor observado de la variable y el valor sugerido por el modelo de regresión.

---

**Coefficiente de correlación múltiple.**

El coeficiente de correlación múltiple,  $R^2$ , es una medida de la proporción de la variabilidad explicada por o debida a la regresión en una muestra de datos pareados. Es un número entre cero y uno en donde un valor cercano a cero sugiere un modelo pobre.

---

**Regresión por pasos.**

Un mejor modelo de regresión es en algunas ocasiones desarrollado en fases. Una lista de varias posibles variables explicatorias están disponibles y esta lista es repetidamente alimentada con variables que deberían estar incluidas en el modelo. La mejor variable es usada primero, luego la segunda y así en lo sucesivo.

---

### **Variable tonta.**

En el análisis de regresión algunas veces necesitamos modificar la forma de las variables no numéricas por ejemplo, sexo, estado civil, etc. para permitir que sus efectos sean incluidos en el modelo de regresión. Esto puede hacerse a través de la creación de un modelo de variables tontas cuyo papel es identificar cada nivel en las variables de origen por separado.

---

### **Transformación a la linealidad.**

Las transformaciones nos permiten cambiar todos los valores de una variable usando algunas operaciones matemáticas, por ejemplo, podemos cambiar un número por un grupo de números, o una ecuación por multiplicar o dividir por una constante u obtener la raíz cuadrada. Una transformación a la linealidad es una transformación de una variable de respuesta, o independiente, la cual produce una relación lineal aproximada entre las variables.

### ***Usando datos no-normales***

A pesar de que la teoría de Seis Sigma se basa en la distribución normal, no es totalmente cierto que cuando un proceso no presenta una distribución normal es que algo malo suceda en él.

Los procesos por naturaleza pueden comportarse de forma no-normal, lo cual puede incluir:

- Ciclos de tiempo.
- Llamadas por hora
- Tiempo de espera del cliente
- Y muchos otros

Para entender mejor el concepto, vamos a considerar un grupo de datos del tiempo de desempeño del proceso. El límite inferior del proceso es cero y el límite superior es 30 días. Los métodos más comunes para el manejo de datos no normales son:

- Promedio de subgrupos.
- Segmentación de datos.
- Transformación de datos
- Usar diferentes distribuciones
- Estadística no-paramétrica.

**HERRAMIENTAS DE LA FASE IV. MEJORAR.*****House of quality***

Utiliza las matrices del QFD para documentar información colectada y desarrollada para representar el plan del producto, servicio o proceso. Recuerda seguir los siguientes pasos:

- 1) Desarrollar los requerimientos de alto nivel técnicos o del cliente.
- 2) Desarrolla los conceptos del producto o el proceso que satisfacen estos requerimientos.
- 3) Evalúa los conceptos del productos para elegir el más óptimo
- 4) Divide el sistema en subsistemas y niveles más bajos.
- 5) Desarrolla los requerimientos de esos niveles y las especificaciones.
- 6) Para los críticos, desarrolla el plan del proceso.
- 7) Determina los planes del proceso, requerimientos de puesta en marcha, controles del proceso y controles de calidad para asegurar el logro de aquellos que son críticos.

Las matrices del House of Quality nos sirven también como matrices de relación.

***Matriz Pugh***

Es un método para selección de conceptos usando una matriz de resultados llamada Pugh. Es implementada por el equipo de mejora y desarrollando la evaluación de criterios contra la personificación de alternativas. Es una matriz de prioridades que se utiliza en ocasiones con el QFD. Generalmente, las opciones son anotadas con criterios relativos utilizando un símbolo. Esto se convierte en resultados y combinado en la matriz nos da resultados para cada opción.

- Efectiva para comparar conceptos alternativos
- Evalúa conceptos relativos entre uno y otro
- Método de evaluación iterativa.
- Más efectivo si cada miembro del equipo la desarrolla en forma independiente y los resultados son comparados.
- La comparación de los resultados nos da como resultado mejores alternativas.

***Diseño de experimentos***

El diseño de experimentos (DOE) es usado para entender los efectos de los factores e interacciones que impactan la salida del proceso. Integrado por una batería de pruebas, el DOE es diseñado para entender e incrementar la predictibilidad del proceso.

A pesar de que existen muchos modelos de DOE Six Sigma no los utiliza todos, el más común es el arreglo de 8 factores, llamado de diferentes maneras (factorial, Taguchi, Plackett-Burman, etc.) siendo todos ellos muy similares.

### Usos del DOE

- *Investigar*: Encontrar el orden de interacción de los factores que intervienen en un proceso.
- *Caracterizar*: Evalúa los factores principales y sus interacciones para proveer una ecuación de predicción.
- *Optimizar*: Determina la configuración óptima de los factores de un proceso.
- *Confirmar*: Para asegurarnos que la ecuación predictiva es correcta.

### Conceptos y términos

Diseño balanceado	Tiene el mismo número de corridas para cada combinación de las configuraciones altas y bajas para cada factor.
Diseño ortogonal	Cuando la suma de los productos de los elementos en cada fila es igual a cero.
Confusión	Cuando el análisis de un factor o su interacción no puede ser ambiguamente determinada porque el factor o su interacción son idénticos a otro factor o su interacción.
Proyección del diseño	Si el resultado de un diseño factorial fraccional tiene términos insignificantes, entonces el experimento se puede reducir eliminando esos términos.
Bloqueo	Permite al equipo estudiar los efectos de los factores de ruido y remover posibles efectos que sean resultado de estos factores de ruido.
Resolución	Es la cantidad y estructura de arreglo de los factores e interacciones en el experimento.
Randomización	Es una técnica que permite distribuir el efecto de variables de ruido desconocidas sobre todos los factores. Dado que muchos efectos de ruido no cambian con el tiempo, algunos factores cuyas especificaciones no sean randomizadas pueden ser confundidas con estos elementos dependientes del tiempo.
Factor aleatorio	Es cualquier factor cuyas especificaciones pueden ser seleccionadas al azar. Son usados cuando el equipo de mejora quiere investigar los efectos del total de la población.
Factor sembrado	Es un factor cuyas especificaciones son determinadas por el Black Belt. Es usado para investigar los efectos de especificaciones particulares.
Espacio de inferencia	Es el rango de operación de los factores. Es donde el rango del factor es usado para inferir una salida para una especificación que no está incluida en el diseño.
Inferencia directa	Utiliza un pequeño número de factores de prueba y/o niveles de factores que están muy cercanos para evitar el ruido en el DOE.

Inferencia amplia	Utiliza un gran número de los factores, niveles que se encuentran lejanos, reconociendo que el ruido estará presente.
Residual	Es una medida del error en un modelo. Una ecuación de predicción de un proceso a varios niveles con el espacio de inferencia. Estos valores predichos son llamados ajustes. El valor residual es la diferencia entre el ajuste y un punto observado en el experimento.
Análisis residual	Es el análisis gráfico de residuales para determinar un patrón que puede ser detectado. Si la ecuación de predicción es un buen modelo, los residuales serán independientemente y normalmente distribuidos con una media de cero y una varianza constante.
Factores continuos	Son aquellos cuyos niveles pueden variar constantemente.
Factores discretos	Son aquellos que tendrán un número finito de niveles.

### ***Diseño para Seis Sigma.***

En el Siglo 21, nuevas tecnologías serán desarrolladas y mejoradas y serán eventualmente obsoletas por la necesidad de tecnologías más avanzadas. En este mundo dinámicamente cambiante, los ciclos de los productos están diseñados para durar únicamente algunos meses. Para acercarse a estos requerimientos los desarrolladores de productos tienen que desarrollar productos en el menor tiempo que sean seguros, confiables y competitivos.

Muchas técnicas para el desarrollo de productos han sido desarrolladas y discutidas. Técnicas y herramientas como el QFD, AMEF, herramientas estadísticas y DOE pueden ayudarnos en el desarrollo de los productos. El problema para cada caso es saber qué herramienta usar.

Six Sigma tiene un camino estandarizado llamado Diseño para Seis Sigma (DFSS) para el desarrollo de productos partiendo de los requerimientos del cliente o especificaciones técnicas derivadas de un QFD. Esta ruta despliega el uso secuencial de herramientas para el desarrollo de productos robustos.

### ***Método Taguchi***

El método de diseño robusto, también llamado Método Taguchi, creado por el Dr. Genichi Taguchi, mejora de gran forma la productividad de la ingeniería. Considerando consistentemente los factores de ruido (variación ambiental durante el uso del producto, variación en la manufactura y el deterioro de los componentes) y el costo de la falla en el campo, el método de diseño robusto ayuda a asegurar la satisfacción del cliente. El diseño robusto se enfoca en mejorar la función fundamental de los productos o procesos, a través de facilitar diseños flexibles e ingeniería concurrente. De hecho, es el método más poderoso disponible para reducir los costos de producción, mejorar la calidad y simultáneamente reducir el intervalo de desarrollo.

### 1. ¿Por qué usar el Método de Diseño Robusto?

A través de los últimos años muchas compañías han invertido en Six Sigma para reducir el desperdicio durante la manufactura y las operaciones. Estos esfuerzos han tenido gran impacto en la estructura de costos y en las líneas principales de esas compañías. Muchas de ellas han alcanzado el máximo potencial del tradicional acercamiento Six Sigma. La tendencia es a encontrar que el diseño directamente influye en más del 70% del costo del ciclo de vida del producto; compañías con alto grado de efectividad en el desarrollo de productos tienen ganancias hasta de 3 veces que las compañías promedio; y compañías con alto grado de efectividad en el desarrollo de productos tienen un crecimiento de ingresos dos o tres veces mayor que el resto. 40% de los costos de desarrollo de productos son desperdiciados.

Estas y otras observaciones han llevado a muchas compañías a adoptar procesos mejorados de desarrollo de productos dentro del Diseño para Seis Sigma. El foco del DFSS está centrado en 1) incrementar la productividad de ingeniería para que nuevos productos puedan ser desarrollados rápidamente a un bajo costo, y 2) gestión basada en valor. El método de diseño robusto es el centro para mejorar la productividad de ingeniería.

## HERRAMIENTAS DE LA FASE V. CONTROLAR.

### **Costo de los ahorros.**

Los costos de la no calidad (COPQ) – el costo de defectos en el proceso actual, productos o servicios – es el primer análisis financiero realizado en un proyecto Six Sigma. Es usado para justificar el inicio del proyecto. Y, mientras los COPQ no contribuyen al éxito de ningún proyecto Six Sigma, son de gran valor para darles prioridad. En esta etapa nos ayudan a comparar los resultados de la implementación con los costos previos del proceso. Existen varias metodologías para estimar los COPQ's, las cuales requieren de mediciones iniciales. El reto para cada estimación recae en que no tenemos siempre mediciones disponibles para calcular el costo del proceso. Pero existe un acercamiento para calcular el costo del proceso existente usando el riesgo ponderado de posibles fallas.

Al inicio de muchos proyectos Six Sigma, muchas mediciones de los COPQ's son determinadas con un nivel de confianza del 80%. Es importante que los Black Belts racionalicen la viabilidad financiera del proyecto para la alta gerencia. Sin embargo, es común encontrar que no hay mediciones disponibles al inicio del proyecto. Esto provoca que el cálculo de los COPQ sea difícil, a menudo resultando en estimaciones demasiado alejadas de la realidad. Si los Black Belts se aventuran en el proyecto sin la estimación financiera, enfrentan demoras en el proyecto por la falta de la validación financiera.

### Usando AMEF para calcular los COPQ.

Los COPQ son a menudo definidos como el costo actual de resolver fallas existentes en el proceso. Este costo está compuesto por 4 factores:

- La probabilidad de ocurrencia de cada posible evento.
- Impacto potencial o severidad de cada falla.
- Provisiones actuales de detección en sitio.
- Costo de resolución de una falla simple.

Los COPQ se traducen en una estimación de estos cuatro componentes.

**Hoja de trabajo AMEF**

Paso del proceso	Tipo de falla	Impacto de la falla	¿Qué provoca la falla?	¿Cómo se detecta la falla?				
Función o paso del proceso	Modo potencial de falla	Efectos potenciales de la falla	SEV	Causas potenciales	OCC	Provisiones de detección	DET	RPN

Severidad de la falla      Oportunidad de que la falla ocurra      Habilidad para detectar y mitigar el impacto

El AMEF es una herramienta usada para identificar los modos de una falla potencial dentro de un proceso y priorizarlas basados en su severidad, ocurrencia y provisiones de detección. El RPN es obtenido estimando el esfuerzo requerido para resolver cada incidente y el costo unitario de ese esfuerzo. Por medio del AMEF, un Black Belt puede guiar un equipo a través de cada paso del proceso para estimar los COPQ.

#### Estimación de los COPQ con AMEF – Paso a Paso.

**Paso 1:** Identifica las causas potenciales de falla usando los insumos desde un diagrama entrada – salida e impórtalos al AMEF.

**Paso 2:** Después de importar los insumos, revisa la lista con el equipo para asegurarte de que todas las fallas potenciales han sido identificadas. Incluye cada posible falla aún si no se han presentado en el proceso. Si existe un riesgo de falla, el equipo debe identificarlo e incluir el costo potencial de la falla en el cálculo de los COPQ.

**Paso 3:** Desarrollar el cálculo del RPN para cada modo de falla en particular usando el AMED. Registra los valores del RPN de la forma que sigue:

$$\text{RPN} = \text{Sev} \times \text{Occ} \times \text{Det}$$

**Paso 4:** Usando la información del equipo y cualquier estimación, calcula el costo promedio para resolver cada causa potencial de falla (CPC). El costo será un múltiplo del esfuerzo estimado en horas (EEH) para resolverlo y el costo promedio por cada hora (CPH).

$$\text{CPC}_i = \text{EEH}_i \times \text{CPH}_i$$

**Paso 5:** Calcula el costo promedio del esfuerzo requerido para resolver un incidente al azar usando el promedio ponderado del tiempo para resolver la falla ponderada con el RPN de cada falla.

$$\text{Costo Promedio de Solución (CPS)} = [\text{Suma de } (\text{RPN}_i \times \text{CPC}_i) / \text{Suma de } (\text{RPN}_i)]$$

**Paso 6:** Compara el resultado con tus cálculos de ahorros preliminares.

**Ejemplo:**

Un equipo Six Sigma en servicios financieros fue asignado para reducir el número de fallas en las transacciones de los clientes en 200. No se había colectado datos en el pasado para la métrica primaria y todo el equipo sabía que existían una gran número de transacciones erróneas cada mes. Dado a la falta de mediciones, el equipo sugirió que se estimara el COPQ. Esta suposición financiera era sumamente importante para validar el proyecto y asegurarnos que fuera completado a tiempo. Solución: El equipo usó un acercamiento usando el AMEF para estimar el COPQ.

**Paso 1:** El equipo usó un diagrama de proceso para identificar todas las causas potenciales de falla. Encontraron cuatro causas que importaron al AMEF.

**Paso 2:** El equipo realizó una sesión de lluvia de ideas para identificar cualquier causa adicional. Esto resultó en la adición de otra causa, dando un total de 5.

**Paso 3:** Calcularon los RPN's para cada una de las 5 causas potenciales usando el AMEF.



No.	Causas potenciales	RPN	Horas de esfuerzo para dar una solución	Costo promedio por hora (\$)	Costo promedio para resolverlo	RPN x CPC
1	La contabilidad era incorrecta	21	2	50	100	2,100
2	La aplicación no está disponible	18	12	100	1200	21,600
3	El servidor no está disponible	27	8	50	400	10,800
4	La red no está disponible	30	30	20	600	18,000
5	Las especificaciones del navegador del cliente son incorrectas.	21	8	25	200	4,200
		117				\$56,700

**Paso 4:** A continuación el equipo revisó cada falla y calculó el costo promedio para resolverla.

**Paso 5:** Usando el costo promedio por evento, el promedio de costo ponderado para resolver una causa fue estimado.

$$\$56700/117 = \$484.60$$

**Paso 6:** Finalmente, el COPQ del proyecto fue estimado multiplicando el costo del incidente al azar y la reducción potencial de incidentes al año.

$$\begin{aligned} \text{Meta de reducción de incidentes al año} &= 200 \\ \text{COPQ} &= \$484.60 \times 200 = \$96,920 \end{aligned}$$

#### Costeo basado en actividades (ABC).

El último grito de la moda y mantra de mejora en el costeo de proceso es llamado Activity Based Costing (ABC). Es una metodología de contabilidad que asigna costos a las actividades más que a los productos o servicios. Esto permite que los costeos sean más acertados al asignarlos a los productos o servicios que los consumen.

Por ejemplo:

Tradicional	ABC
Salarios \$100	Limpiar puerta \$40
Equipo \$80	Pintar puerta \$75
Insumos \$20	Inspeccionar puerta \$75
Gastos generales \$45	Enviar la puerta a ensamble \$55
TOTAL \$245	TOTAL \$245

El ABC no elimina o cambia los costos, provee datos a través de cómo los costos son actualmente consumidos. En este ejemplo, si quisiéramos reducir los costos usando datos tradicionales hubiéramos tenido que disminuir salarios o disminuir los costos de los insumos. No sabemos lo suficiente para cambiar el equipo o los gastos generales. Usando datos del ABC podemos ver que cuesta lo mismo pintar e inspeccionar la puerta ¿Pueden estos pasos combinarse con un costo menor?

Los sistemas de contabilidad tradicional son inadecuados en la forma en que ubican los costos. Grandes lotes o altos volúmenes de productos o servicios típicamente incurren en 50-200% menos gastos generales que los que tienen asignados. Lotes pequeños o bajos volúmenes de productos o servicios típicamente incurren entre un 200-1000% más de gastos generales que los que tienen asignados. Esto significa que productos y servicios que son considerados altamente rentables pueden ser de hecho grandes consumidores de utilidades. La falta de precisión se ha convertido más y más crítica en la medida en que las compañías se han orientado al cliente para la definición de productos o servicios (donde es común tener lotes de uno). En aras de asociar correctamente los costos con productos o servicios, ABC asigna costos a actividades basado en su uso de recursos. Asigna entonces costos a objetos, como productos o clientes, basados en el uso de actividades. Esta información asiste en la toma de decisiones acerca de precios, outsourcing, extensiones de capital y eficiencia operativa.

Recursos -> Generadores de recursos -> Actividades -> Generadores de actividades ->  
Objetos de costo

Los recursos son gente y maquinaria, el generador de recursos es la medida de la frecuencia e intensidad de las demandas puestas en los recursos por actividad.

Las actividades son los procesos desempeñados por personas y máquinas. Los generadores de actividades miden la frecuencia e intensidad de las demandas puestas en actividades por objetos de costo permitiendo que los costos sean asignados a objetos.

Los objetos de costos son los productos o servicios generados. Los generadores de costos son los factores que afectan el costo de una actividad como por ejemplo la calidad pobre.

### Ejemplos:

Recursos	Generadores de recursos	Actividades	Generadores de actividades	Objetos de costo
Departamento de R & D	% de tiempo	Diseño	# Componentes	Producto

¿Cómo nos sirve para el control?

Los equipos de mejora pueden usar el ABC para determinar el costo y los beneficios asociados con los procesos y sistemas mejorados. Este análisis del costo y beneficio será parte entonces del caso del proyecto.

El equipo debe tomar en cuenta:

- Actividades/procesos (comparando el antes y después del proyecto).
- La frecuencia y costo de las actividades/procesos (comparando el antes y el después del proyecto).
- El escenario de no hacer nada (¿Qué pasaría si no hacemos el proyecto?)
- ¿Qué procesos agregan valor?

Por ejemplo:

1. Define los procesos del negocio y las actividades clave (Mapa de proceso)
2. Traza los costos operativos y los cargos de capital para las actividades clave. Usa los datos de contabilidad y finanzas actuales los cuales incluyen mano de obra y gastos en equipo y cualquier otro recurso que pueda ser cambiado o eliminado.
3. Liga actividades al proceso e identifica los generadores de costos. La mejor forma de hacerlo es activamente enganchar las acciones del proceso. Una vez ubicadas las acciones identifica de dónde vienen los costos, entonces busca datos de la fuente.
4. Suma los costos totales para cada proceso.
5. Una vez que los procesos son mejorados los "nuevos" costos deben ser tabulados.

### **Plan de Control**

Nos sirve para desarrollar una memoria institucional del status del proceso y las medidas que lo definen. Es un documento que permite que personas ajenas o nuevas en el proceso comprendan su funcionamiento y las formas de monitorearlo, así como establecer medidas de mejora.

**UTILIDAD.**

- Proporciona un punto de referencia con base en los estándares.
- Relaciona los factores críticos para la satisfacción de usuarios con los detalles operativos del proceso.
- Provee medidas preventivas ante posibles fallas en el proceso.
- Desarrolla la posibilidad del control local del proceso y del establecimiento de medidas correctivas inmediatas.
- Relaciona insumos claves con productos clave.

**DATOS QUE DEBE INCLUIR EL PLAN DE CONTROL.**

1. Datos generales del proceso.
2. Revisión, diseño y autorización.
3. Fecha, clave del documento y vigencia.
4. Actividades del proceso.
5. Factores críticos para la satisfacción del usuario.
6. Características del estándar a verificar.
7. Requerimientos del estándar y límites de tolerancia.
8. El método de medición que se utiliza.
9. La ruta de decisión en caso de desviación.
10. Columna adicional en caso de que el plan vaya a ser auditado.

<b>Nombre del proceso:</b>					<b>Elaborado por:</b>					<b>Página:</b>				
<b>Usuario:</b>					<b>Aprobado por:</b>					<b>Documento No.</b>				
<b>Ubicación:</b>										<b>Fecha de revisión:</b>				
<b>Área:</b>					<b>ESTÁNDAR</b>					<b>PROCESO DE MEDICIÓN - INDICADOR -</b>				
<b>SUB PROCESO</b>	<b>PASO O ACTIVIDAD</b>	<b>FACTOR CRÍTICO PARA LA CALIDAD</b>	<b>CRÍTICO PARA LA NORMA</b>	<b>CRÍTICO PARA EL USUARIO</b>						<b>LIMITE SUP. DE TOLERANCIA</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>LIMITE INFERIOR DE TOLERANCIA</b>	<b>MÉTODO DE MEDICIÓN</b>	<b>MUESTRA</b>