

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

INSTITUTO DE INGENIERÍA

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA



“Modelo para Desarrollo de Proveedores en la Industria de Baja California”

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA

HERMAK ALEJANDRO BANDA MARQUEZ

DIRECTOR

BENJAMIN VALDEZ SALAS

MEXICALI BAJA CALIFORNIA

ENERO 2014

Índice.

Tema	Página
1. CAPITULO 1.	
1.1. Resumen/justificación.	3
1.2. La industria de Baja California.	4
1.3. Objetivos	6
2. CAPITULO 2.	
2.1. El enfoque tradicional para mejorar procesos.	7
2.2. Las métricas típicas para evaluación de proveedores.	20
3. CAPITULO 3.	
3.1. Planteamiento sobre información de proveedores vs desempeño interno.	30
3.2. Planteamiento de modelo de desarrollo.	48
4. CAPITULO 4.	
4.1. Aplicabilidad y requisitos de éxito.	50
4.2. Resultados y Discusión.	53
Conclusiones.	55
Bibliografía.	58

1. CAPITULO 1.

1.1. Resumen / Justificación.

Uno de los retos que se un presenta constantemente en el entorno global para proveedores de bienes y servicios a la industria de la transformación en Baja California es el costo de la operación. Enfocándose hacia la industria maquiladora en Baja California, existe una especial problemática relacionada con la constante variación de la paridad peso-dólar.

De forma paralela, la competencia en el ámbito de costo operativo que presentan las industrias de Asia está detonando un pensamiento parcial sobre optar por reducir la operación existente en aras de lograr un beneficio económico que en el largo plazo pudiera implicar un mayor costo total.

En este proceso de pensamiento de cambio o reestructuración de las operaciones, las industrias maquiladores evalúan diferentes alternativas para mejorar sus procesos y así reducir costos operativos. Una de estas alternativas el cambiar o reducir operaciones y buscar proveedores en otros países, siendo este proceso denominado como “outsourcing”. Sin embargo, esta evaluación suele ser parcial o limitada a un contexto de tiempo reducido, donde se presenta una incongruencia en la mecánica comparativa de métricas de desempeño para la toma de decisiones.

Es el objetivo de este trabajo presentar un enfoque de procesos que permita una evaluación equitativa y de pie a ver oportunidades de desarrollo en un aspecto interno, dando una pauta al mejoramiento y robustecimiento de procesos actuales con el fin de capitalizar la experiencia y el conocimiento existente.

Existen claras instancias donde un cambio en las operaciones es la forma idónea para llegar a una mejora estructura de costos y de desempeño; de ahí que lo que se plantea en este documento no es una negativa directa al “outsourcing”, sino más bien es poder clarificar una comparativa de evaluación equitativa en el aspecto de rendimiento y poder, a partir de ahí, establecer un mecanismo de desarrollo para procesos internos.

1.2. La industria de Baja California.

Alrededor de 1960, el gobierno de México implementó el Programa de Industrialización Fronteriza (PIF) el cual marcó la pauta para lo que hoy se denomina industria maquiladora. En este formato, industrias de Estados Unidos pueden exportar componentes a México, a fin de ser procesados, ensamblados o transformados. Una vez que sufren dicho proceso, pueden ser reexportados a Estados Unidos libres de impuestos en base a los artículos 806.30 y 807.0 de su código aduanero. En lo que respecta a México, los bienes que entran a Estados Unidos pagan únicamente el impuesto al valor agregado.

Durante esa década, Estados Unidos generó una gran cantidad de innovaciones tecnológicas y para los setentas la innovación se dio en el ámbito electrónico. Dada la relación industrial existente, la franja fronteriza de México se benefició altamente dado que fungió como centro de ensamblaje y producción de dichas tecnologías.

Para 1980, la industria maquiladora deja de ser vista como exclusiva para la franja fronteriza y se empieza a desarrollar programas a fin de crear un entorno atractivo para la inversión extranjera. Para la década de los noventas, 32% del empleo era en base al sector industrial.

La política de apertura comercial dio pie a poder fomentar una industrialización y crecimiento económico de Baja California, el cual está claramente ligado al crecimiento económico del Estado de California, Estado Unidos.

Sin embargo, en los últimos 5 a 6 años, se presentan cambios en el entorno económico de Estados Unidos, mismos que generan una dificultad para seguir manteniendo la actual estructura de costos y por ende amplían su horizonte para tener aliados comerciales de bajo costo.

Para hacer frente a esto, el Gobierno Federal publica en el 2006, el Decreto para el Fomento de la Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicios de Exportación (Decreto IMMEX), cuyo objetivo es:

“fortalecer la competitividad del sector exportador mexicano, y otorgar certidumbre, transparencia y continuidad a las operaciones de las empresas, precisando los factores de cumplimiento y simplificándolos; permitiéndoles adoptar nuevas formas de operar y hacer negocios; disminuir sus costos logísticos y administrativos; modernizar, agilizar y reducir los trámites, con el fin de elevar la capacidad de fiscalización en un entorno que aliente la atracción y retención de inversiones en el país”

Esto es una evidencia de la necesidad apremiante para ser más eficientes operaciones existentes y poder demostrar la viabilidad económica y de buen desempeño a través de mecanismos de desarrollo interno.

1.3. Objetivos.

Establecer un procedimiento que formalice la evaluación del desempeño de procesos productivos, con el fin de poder hacer una comparativa realista en la situación de evaluar proveedores externos contra procesos internos.

Proporcionar a través de una comparativa una mayor claridad sobre el contraste del desempeño que un nuevo proceso demuestra en un espacio de tiempo reducido con el de un proceso maduro, el cual tiende a exhibir un desempeño que incluye múltiples fuentes de variación.

Posibilitar el tomar mejores decisiones sobre la inversión para mejorar o hacer un “outsourcing” completo.

2. CAPITULO 2.

2.1. El enfoque tradicional para mejorar procesos

Cada industria tiene su propia forma de mantener su buen desempeño en sus operaciones. En algunas de ellas, este mantenimiento se enfoca hacia el bienestar de la maquinaria, el cual es responsabilidad del área de mantenimiento.

En otras de ellas, el enfoque tiene a ser hacia la secuencia de actividades y la minimización de interrupciones en el flujo de material, donde esta responsabilidad recae en áreas denominadas ingeniería de manufactura. También existe el enfoque en donde el área de calidad es responsabilidad de que la calidad se dé y por ende, tendrá que ser quien se encargue de mejorar el proceso o asegurar la calidad del producto.

Un mayor detalle en estas perspectivas, la tenemos aquí:

- Mantenimiento: Uso de métricas como tiempo caído y tiempo de reparaciones no planeadas.
- Ingeniería de Manufactura: Uso de métricas como espacio utilizado, proyectos de mejora implementados. También se evalúa en base a desempeño esperado y real del proceso.
- Calidad: Uso de métricas como rechazos en planta y rechazos del cliente, así como revisión de calidad del proveedor.

Cada una de las áreas antes mencionadas tiene su perspectiva individual para la mejora. La realidad es que en la mayoría de las instancias, la actividad de “mejorar” es más consecuencia de un esfuerzo de corto plazo que lejos de realmente descubre problemas, los enmascara a través de la implementación de mejoras o soluciones inmediatas que tienen como fin una contención de la problemática, en vez de la eliminación completa del problema.

Este ciclo de mejoras parciales o de contención se denomina “apagafuegos”. Existen varias razones por la cual esto es parte del enfoque desvirtuado del mejoramiento, sin embargo da pie

a un ciclo vicioso donde la mejora parcial es de duración limitada, misma situación que hace que reaparezca el problema y posteriormente se busca resolverlo de la misma forma que se hizo anteriormente. Este ciclo asume que la índole de la problemática original no ha cambiado, sin embargo esto no es típico.

A lo largo del tiempo, se ha tenido cierta evolución de los mecanismos de mejoramiento y a continuación se muestra una breve reseña de esto:

2.1.1. Inicios del Mejoramiento.

Uno de los referentes acerca del concepto de mejoramiento continuo de la calidad es el Dr. Edwards W. Deming.

En los años 50s, el Dr. Deming fue parte de un grupo de expertos que se enviaron a Japón después de su la Segunda Guerra Mundial. El enfoque principal era la reconstrucción de Japón tomando la experiencia que Estados Unidos tenía en sus procesos productivos de armamento.

En sus visitas, estableció diferentes mecanismos para que las empresas evalúen y entiendan sus procesos más allá del fin de lograr buenos resultados. Enfatizó la importancia de la toma de datos y usarlos para obtener información clara acerca del comportamiento de los procesos.

El Dr. Deming promovió las ideas del y conocimientos sobre herramientas de evaluación de datos que se formularon por el Dr. Walther Shewhart las cuales se concretizaron en las gráficas de control. Las herramientas principales que se difundieron por el Dr. Deming fueron:

- a) Ciclo de Mejoramiento PDCA
- b) Los 14 puntos del Dr. Deming para la gestión del mejoramiento.

2.1.2. El ciclo de Mejoramiento PDCA

Se podría considerar que este fue uno de los primeros métodos formalizados de mejoramiento continuo. Las letras PDCA corresponden a palabras en inglés, que significan:

PLAN – Planear.

Consiste en reconocer un problema y establecer de manera previa, un curso de acción con una meta clara sobre los resultados a obtener. Este elemento también busca preparar a la organización para el cambio potencial.

En este paso se hace la labor de presenciar la problemática, tomar evidencia y claramente identificar al área bajo análisis

DO – Hacer.

Consiste en la toma de acciones en base al plan trazado. Se enfatiza la toma de información para poder entender la reacción del proceso ante cualquier cambio efectuado. Según las posibilidades, se busca hacer una prueba piloto que permita determinar el beneficio de los cambios y las potenciales consecuencias al tener una implementación a gran escala.

CHECK – Revisar.

Consiste en hacer el comparativo de los resultados reales de los cambios implementados y los resultados esperados. En esta etapa se busca desarrollar conocimiento a partir de los datos registrados en la etapa anterior. Esto mostrará tendencias que permitirán realizar correcciones o adaptaciones en caso de ser necesario. Es importante mencionar que el término de “check” tiene un enfoque de análisis y de búsqueda de causas raíces lo cual va más allá que la revisión simple de resultados y su brecha hacia una meta determinada.

ACT – Actuar.

Consiste en ejecutar los cambios o modificaciones pertinentes que fueron resultado del análisis en la etapa previa. Se puede considerar que este paso es la segunda etapa de implementación dado que en DO-Hacer se tiene la primera ejecución de cambios a los procesos. Se espera que al momento de tener los resultados esperados, se proceda a la estandarización de los procesos. Esto es, formalizar la implementación dentro de la documentación de la empresa, en forma de procedimientos e instrucciones escritas, dando pie a la institucionalización de los cambios.

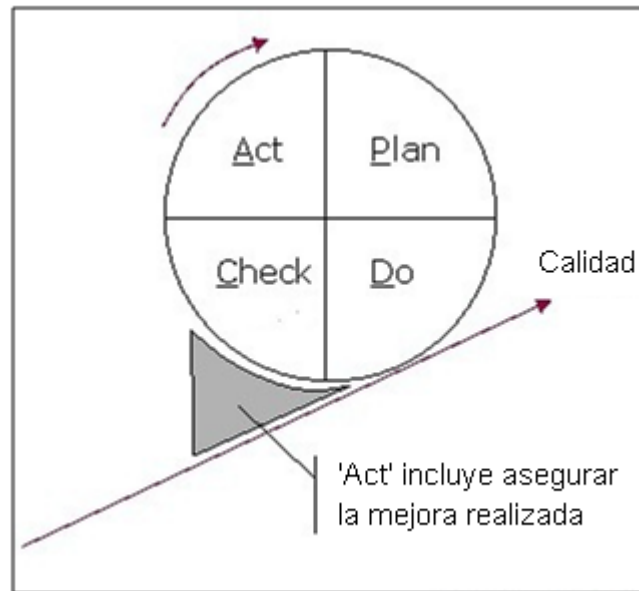


Figura 2.1 Ciclo PDCA de Deming.

La Figura 2.1 muestra que dentro del mecanismo de mejoramiento continuo existe un elemento de estandarización. Este punto es particularmente importante a fin de poder consolidar las mejoras realizadas, las cuales buscan ser eliminadas de raíz y por tanto se espera que se presenten de nuevo.

2.1.3. Los 14 puntos del Dr. Deming.

Al mismo tiempo que se introdujo el ciclo PDCA, el Dr. Deming estableció una serie de lineamientos que ayudarían a las empresas a poder hacer una gestión de las mejoras de procesos.

Resumió su filosofía en 14 puntos para la gestión del mejoramiento.

1. Crear un propósito constante de mejoramiento de los productos y servicios
 - a. Tener un enfoque de largo plazo para el logro de la calidad
 - b. Soluciones de corto plazo solo son reactivas y por tanto no aportan soluciones de raíz
 - c. Establecer la búsqueda de ser competitivo, mantenerse en el negocio y crear nuevos empleos
2. Adoptar la nueva filosofía
 - a. Tomar responsabilidad del cambio
 - b. Crear una visión de la calidad
 - c. Poner al cliente como la prioridad del negocio
3. Dejar de depender en las inspecciones para lograr dar calidad al cliente
 - a. Es un enfoque reactivo
 - b. Genere calidad desde el inicio de los procesos
 - c. Las inspecciones solo enfatizan la falta de calidad, no la mejoran
4. Lograr lealtad con proveedores, alejándose del enfoque de menor precio
 - a. Buscar tener un solo proveedor para un artículo dando pie a una relación de largo plazo basada en lealtad y confianza
5. Mejorar continuamente y por siempre cada proceso de su empresa
 - a. Basar sus acciones en el ciclo PDCA
 - b. Elevar la importancia de la educación a fin de que cada empleado puede ser mejor en su trabajo

-
6. Instituir el entrenamiento en el área de trabajo
 - a. Buscar la uniformidad en la forma de hacer las actividades
 - b. Generar un ambiente de cooperación y aprendizaje mediante el trabajo en equipo
 7. Institucionalizar el Liderazgo
 - a. Formar empleados para que logren su máximo potencial en su trabajo
 - b. La supervisión debe de buscar proveer apoyo y entender los procesos que se usan en el proceso productivo
 8. Elimine el miedo
 - a. Enfatizar la meta de mejorar la calidad mediante hacer más cosas bien, explicando que no es de interés culpar a alguien cuando se cometen errores
 - b. Asegurar que los lideres pueden ser contactados por cualquier elemento de la empresa
 - c. Permitir que los empleados expresen sus ideas y preocupaciones
 9. Elimine barreras interdepartamentales
 - a. Establecer equipos multifuncionales para el logro de metas de la empresa
 - b. Fomente el concepto de clientes internos, donde un departamento es proveedor de otro y así mismo hacia todas las demás áreas de la empresa.
 10. Elimine lemas ambiguos
 - a. Establecer claramente lo que se quiere lograr, alejándose de frases que aunque sean de motivación, no presentan una meta definida
 - b. Enfatizar frases efectivas por encima de frases amables
 11. Evite la gestión por objetivos como única forma de hacer gestión
 - a. Además del enfoque a los números, es necesario entender cómo se ejecuta el proceso
 - b. Evalúe al proceso más allá de las personas que ejecutan el proceso
 12. Elimine las barreras que quitan o reducen el orgullo al trabajo realizado
 - a. Evitar estar comparando el trabajo de un empleado con otro
 - b. Enfatice que todos los empleados tienen un mismo trato

-
- c. Elimine el sistema de evaluación por méritos y objetivos al final de año
13. Implementar un programa de educación y auto-mejora
- a. Establecer plan de desarrollo de habilidades
 - b. Generar plan de crecimiento de empleados desarrollando nuevas habilidades para futuros puestos
14. Hacer de la “transformación” el trabajo de todos
- a. Transmitir la realidad de que todos son parte del cambio empresarial
 - b. Tener un plan maestro de cómo cada acción encaja en él

Estas ideas revolucionaron el concepto tradicional de gestión de las operaciones dado que la función de supervisión se amplió y genero un elemento que responsabilizaba a todos los empleados del proceso de mejoramiento.

Este cambio tomo el nombre de Calidad Total (Total Quality Management).

2.1.4. Calidad Total

En los programas de calidad total, se busca integrar como parte de la cultura empresarial, una perspectiva de mejoramiento en todas las operaciones tomando como base que las necesidades del cliente son la prioridad principal.

Si bien el concepto no es algo completamente nuevo, si implica la organización por equipos hacia la resolución de problemáticas específicas dentro de las empresas.

En sus inicios, los programas de calidad total buscan adiestrar a las empresas en generar equipos de trabajo multifuncionales que rompan con barreras interdepartamentales y logren un fin común, una meta determinada donde cada elemento pueda aportar información y esfuerzo a fin de que el objetivo sea realizado con un compromiso individual.

Además de lograr un esfuerzo de equipo, el programa de Calidad Total incorporaba lo que se llamó las 7 herramientas básicas de la Calidad Total. Estas son:

- a) Diagrama de Causa y Efecto. También llamado “Espina de Pescado” por su forma semejante a un esqueleto de pescado, fue desarrollado por Dr. Karou Ishikawa. El Dr. Ishikawa consideró que las causas raíces de problemas en industrias pudieran ser agrupados en 6 categorías (Mano de Obra, Máquina, Método, Medición, Medio Ambiente, Material) y por tanto al aplicar esta herramienta, el equipo de trabajo lograba enfocar su atención en grupos específicos de causas. Ver figura 2.2.

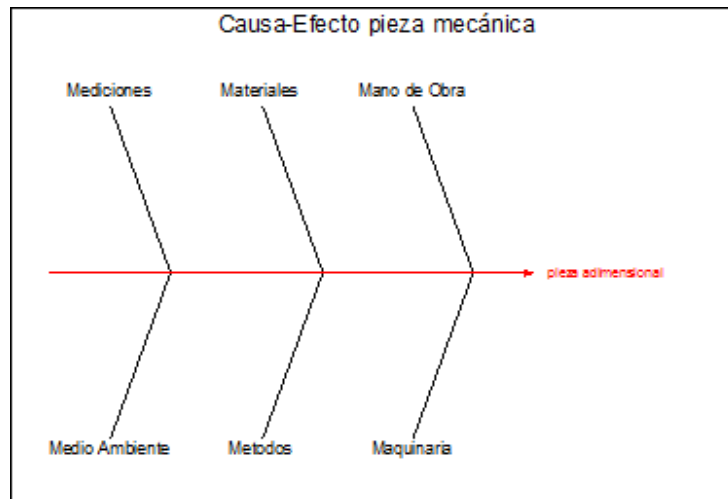


Figura 2.2 Diagrama Causa – Efecto.

- b) Diagrama de Flujo. Esta herramienta busca crear una imagen de todas las actividades que se realizan en alguna operación y determina que son una serie de pasos los que al ejecutarse, crean un servicio o producto determinado. Dichos pasos pueden darse de forma secuencial, paralela o de forma mixta. Trata de dar una imagen “global” de la operación. Ver Figura 2.3.

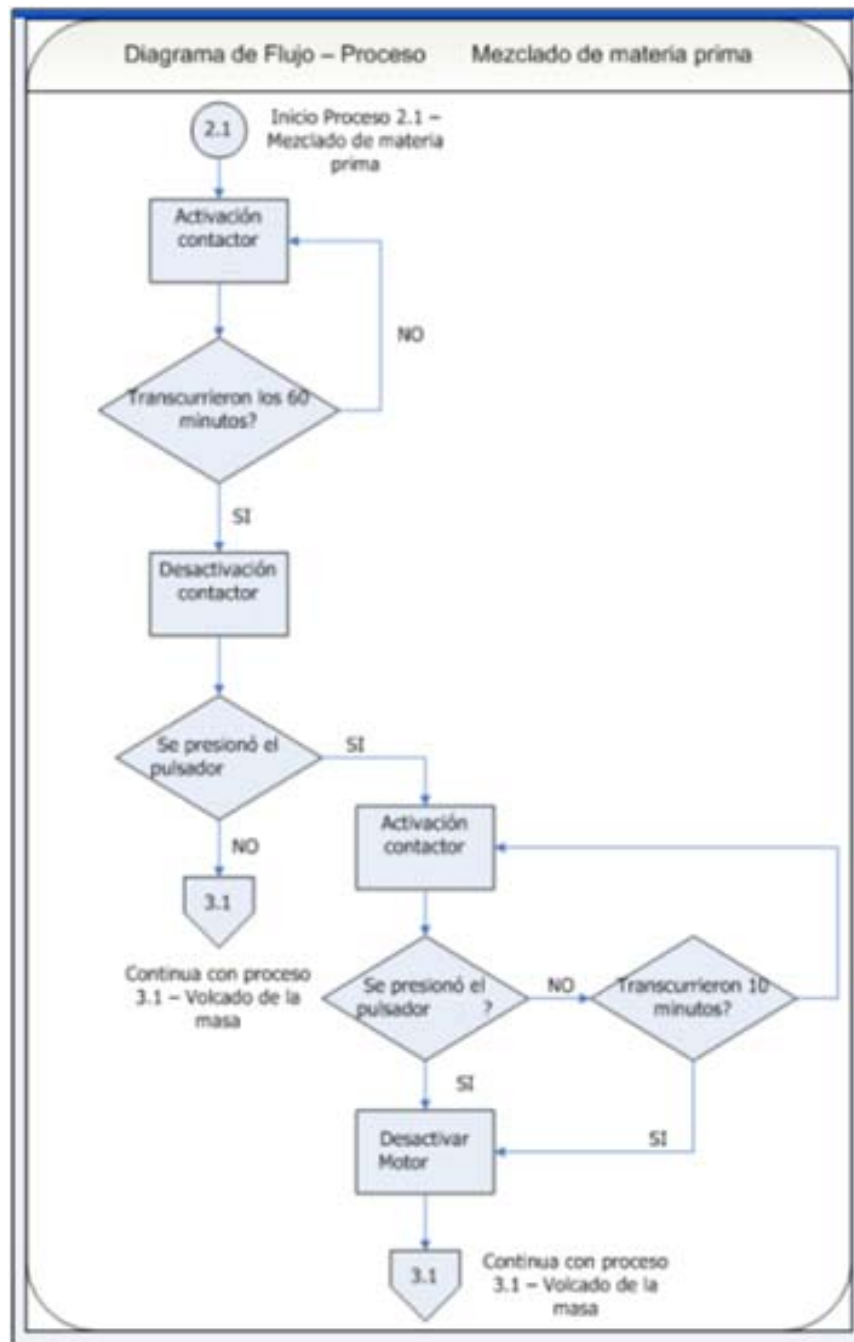


Figura 2.3 Ejemplo de Diagrama de Flujo.

- c) Lista de Verificación (Checklist). En esta herramienta, se seleccionan diferentes categorías de información a recopilar y mediante observación directa, se procede a establecer la frecuencia de eventos que se presentan en un tiempo determinado. Ver figura 2.4

DEFECTO	DIA				TOTAL
	1	2	3	4	
Tamaño erróneo	I		III	II	26
Forma errónea	I	III	III	II	9
Depto. Equivocado		I	I	I	8
Peso erróneo	I	III	III		37
Mal Acabado	II	III	I	I	7
TOTAL	25	20	21	21	87

Figura 2.4 Ejemplo de Hoja de Verificación.

- d) Diagrama de Pareto. Nombrado por su autor, el economista Vilfredo Pareto, es una herramienta visual que muestra la frecuencia de categorías en orden descendente, el porcentaje relativo de cada categoría y el porcentaje acumulado según el orden descendente de frecuencias. Ver Figura 2.5

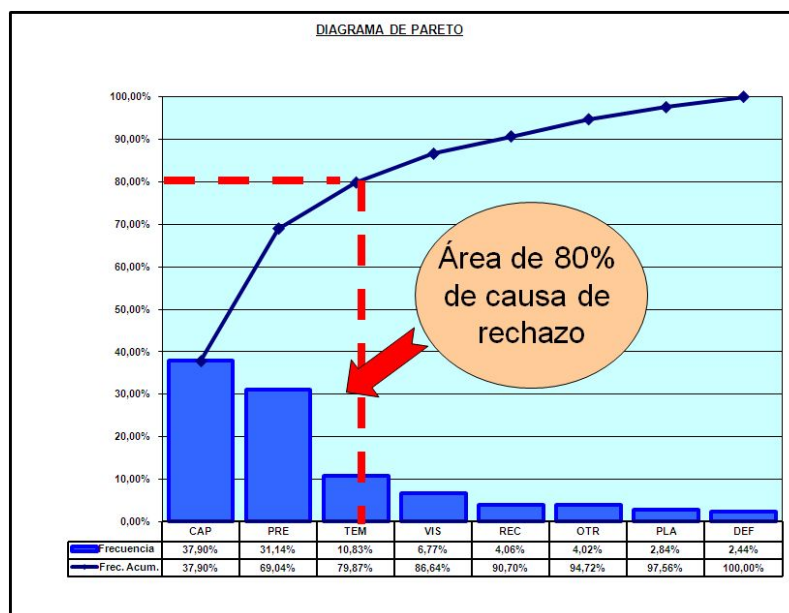


Figura 2.5 Ejemplo de Diagrama de Pareto.

Una de las cualidades que ofrece este diagrama es el uso de la frecuencia acumulada. Según Sr. Pareto, se puede decir que un bajo porcentaje de la población controla la riqueza con lo que a partir de ahí nace el Principio del 80-20. Esto es que

el 80% de la riqueza se concentra en 20% de la población. Este principio se ha aplicado a la industria, donde en vez de riqueza, se evalúan defectos y sus causas.

- e) Diagrama de dispersión. En esta herramienta se busca establecer una relación entre 2 variables. Es muy común su uso para establecer el grado relación lineal y evaluar la índice de correlación, sin embargo la herramienta ofrece una apreciación visual de dicha relación. En el caso que al aumentar la magnitud de una variable, el comportamiento de la otra también es similar (aumento), se dice que hay una correlación positiva; sin embargo si el comportamiento de la otra variable fuese opuesto (reducción) se dice que hay una correlación negativa). Ver figura 2.6.



Figura 2.6 Ejemplo de Diagrama de Dispersión.

- f) Histograma. Similar al diagrama de Pareto, muestra frecuencias sin embargo busca mostrar la distribución de los datos en relación a una característica o evento en particular. Se usa como parte de inicial de un análisis estadístico donde es necesario saber la forma de la distribución, su localización y su dispersión. Ver figura 2.7.

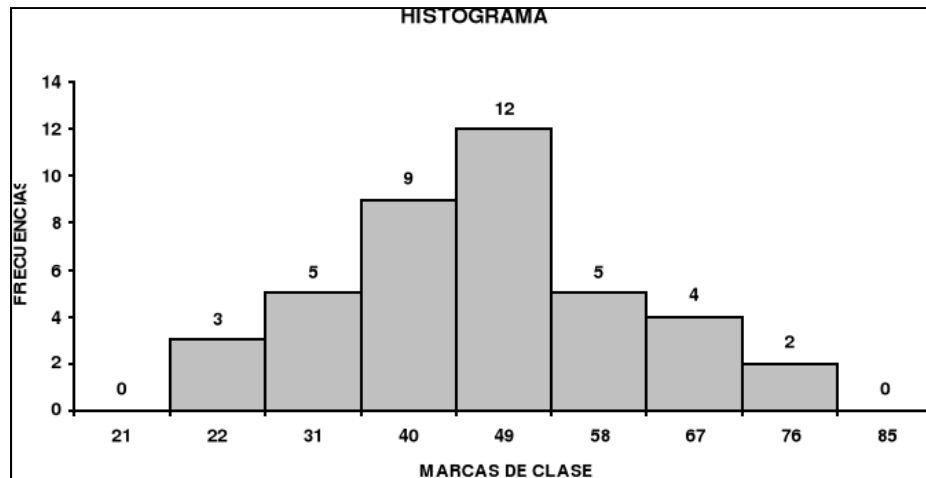


Figura 2.7 Ejemplo de Histograma.

g) Gráficas de Control. Esta es una de las herramientas de mayor potencial en el ambiente industrial y administrativo dado que a partir del comportamiento histórico de un proceso, es posible poder establecer un intervalo en donde el proceso podría operar y en caso de que las condiciones cambien, se podrá detectar oportunamente si el cambio es significativo.

En las gráficas de control se tiene 3 elementos principales: el promedio de los datos, los límites de control que representan la variación natural del proceso según la historia y los puntos graficados. Ver figura 2.8.



Figura 2.8 Ejemplo de Gráfica de Control.

2.1.5. Kaizen

El término se ha utilizado de distintas formas a lo largo del tiempo sin embargo prevalece su enfoque principal que es el de mejoramiento continuo. En el contexto histórico, Kaizen buscaba un mejoramiento continuo gradual y metódico.

Está ligado con el punto número 5 de los 14 puntos de Deming, donde se busca una mejora constante de los procesos, actividades y personas.

Enfatiza la estandarización, la eliminación de desperdicio, la maximización del valor en los ojos del cliente y el desarrollo del recurso humano. Ver figura 2.9.

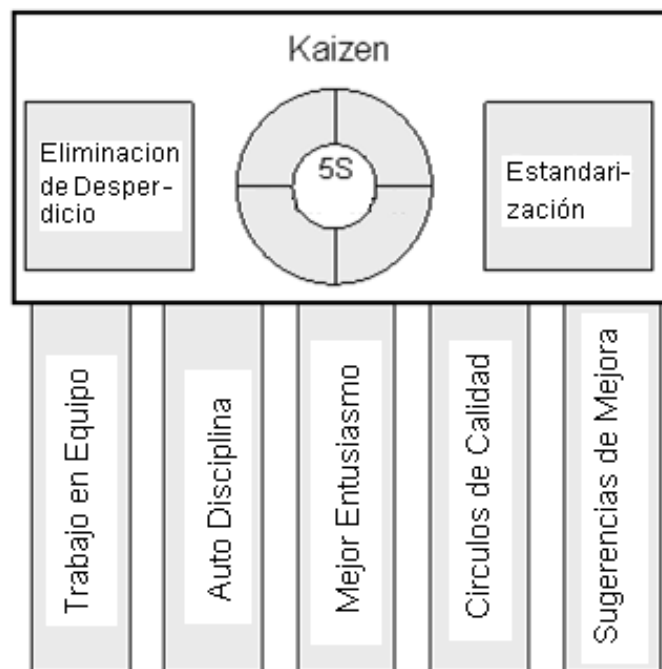


Figura 2.9 Diagrama de la filosofía Kaizen.

2.2. Las métricas típicas para evaluación de proveedores

Al encontrarse en una situación de cambio de procesos, la empresa busca establecer ciertas métricas que permitan entender el grado de cumplimiento que un proveedor potencial tiene. Esto sirve para evaluar el nivel de mejora que un nuevo proceso tiene con respecto al actual, tomando en consideración el costo del cambio.

Existen instancias donde el cambio proviene de una directiva a nivel corporativo. En otras, el cambio se fomenta a nivel regional. En cada caso es necesario clarificar la razón del cambio, pero si hay algo que en todo momento es posible realizar es una comparativa que permita, de forma clara, entender el real desempeño de un proceso actual.

En términos generales, se presentan 3 métricas de desempeño cada una enfocada a la calidad, el tiempo de entrega y el costo. Es en la de calidad en la que enfocaremos este documento.

Para el aspecto de calidad, se tiene varias métricas o indicadores, entre los de mayor uso tenemos:

- a) Capacidad de proceso
- b) Gráficas de control
- c) % de rechazo o PPM
- d) Análisis del sistema de medición

Cada uno de ellos tiene su fundamento en prácticas y reglas definidas por industrias como la automotriz, pero también existe el fundamento estadístico.

2.2.1. Capacidad de Proceso.

Para los proveedores de productos y servicios de la industria automotriz y aeroespacial, la capacidad de proceso es una métrica de vital importancia. Es usada para calificar procesos para su nueva implementación, así como también para validar que los

procesos estén desempeñándose apropiadamente en la perspectiva de cumplir con los requerimientos del cliente.

La capacidad de proceso es un factor que compara la expectativa del cliente con el actual desempeño del proceso. Cuando el cumplimiento de la expectativa es alta, se dice que se tiene una buena capacidad de proceso y de forma contraria se tiene una baja capacidad cuando el cumplimiento es pobre.

La expectativa que el cliente tiene en alguna característica de un producto, usualmente se expresa en términos de tolerancia. La tolerancia tendrá típicamente dos límites: el superior y el inferior. Tener un producto sobre el límite superior o debajo del inferior es causal de rechazo o retrabajo, según sean las alternativas existentes.

El actual desempeño del proceso se expresa en términos estadísticos de localización y dispersión. Para la localización se tiene el cálculo de la media del proceso y para la dispersión se tiene la desviación estándar. Cabe mencionar que en la medición de capacidad de proceso, se toma como base la información de una muestra de la totalidad del producto generado en el proceso. Esta situación genera la necesidad de seguir evaluando el desempeño de manera continua. Además, para fines prácticos, el desempeño del proceso comprende un intervalo de 3 desviaciones estándar alrededor de la media, tomando como referencia la distribución Normal la cual tiene la propiedad de considerar aproximadamente un 99.7% de la totalidad del proceso en dicho intervalo.

La capacidad del proceso se expresa con dos índices. Uno se denomina Cp y el otro Cpk.

El índice Cp se calcula como sigue:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6s}$$

Donde:

- USL: Límite de Especificación superior
- LSL: Límite de Especificación inferior
- s: Desviación Estándar de la muestra

Como se puede apreciar, el índice Cp solo busca establecer el potencial desempeño de un proceso, sin importar donde se encuentre localizado en relación a los límites del cliente.

Cómo mínimo, se buscaría tener un factor de 1. Sin embargo, los estándares válidos en la industria tomando como fuente la AIAG (Automotive Industry Action Group) buscan 1.33 como aceptable.

La figura 2.10 muestra como el tener un factor de 1, no garantiza el cumplimiento con las expectativas del cliente en alguna característica en particular.

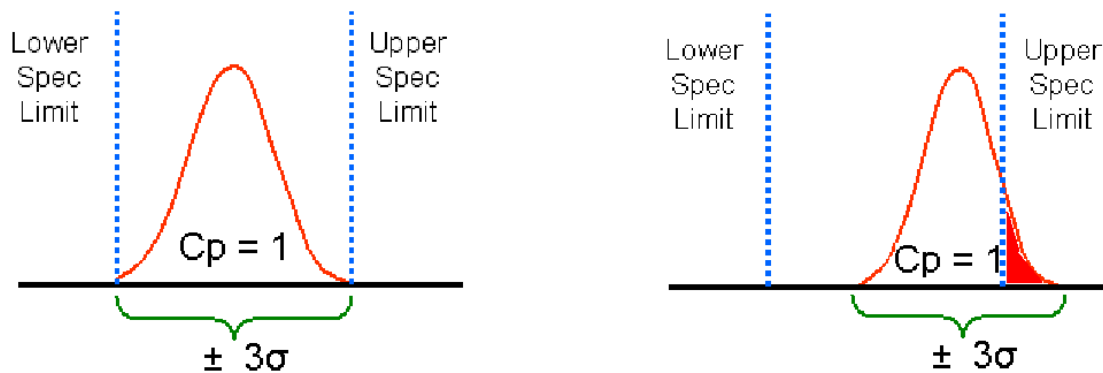


Figura 2.10 Comparativa de Procesos con Cp=1.

Donde:

- Lower Spec Limit: Límite Inferior de Especificación
- Upper Spec Limit: Límite Superior de Especificación

En base a esta condición en donde Cp muestra la capacidad potencial, se tiene un segundo índice de capacidad que busca explicar la real condición del desempeño. Este segundo índice se denomina Cpk.

El índice Cpk se calcula como sigue:

$$Cpk = \min\left(\frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma}, \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma}\right)$$

Donde:

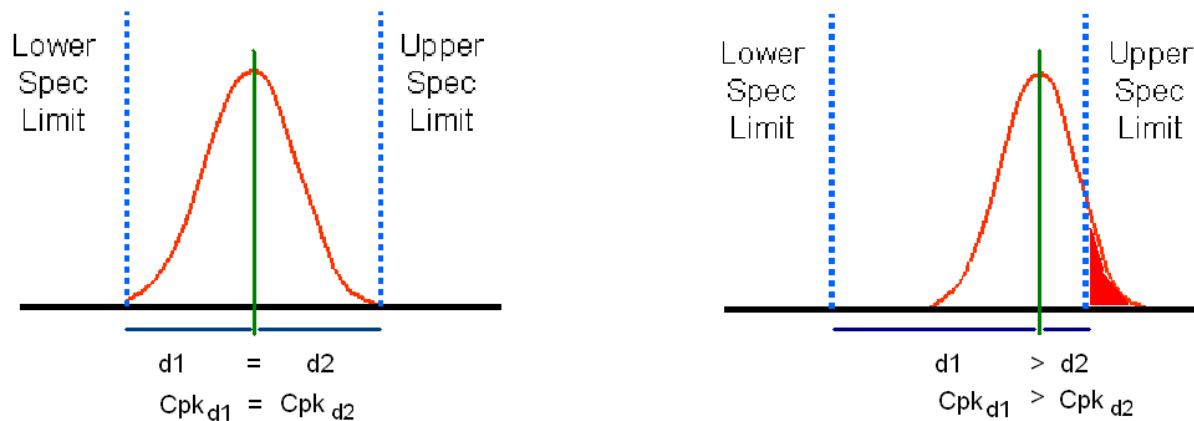
$\bar{X}$ testada: Media de la muestra

USL: Límite de Especificación superior

LSL: Límite de Especificación inferior

σ : Desviación Estándar de la muestra

El Cpk busca establecer la localización del proceso en referencia a los límites de especificación del cliente. De ahí que por una parte se determina la distancia de la media del proceso al límite superior así como también del límite inferior (d1 y d2, en la figura 2.11). Si ambas distancias son iguales, entonces se concluye que el proceso se encuentra centrado entre los límites de especificación. Si existe alguna diferencia entre las distancias, entonces en el lado donde la distancia es mayor existirá menos posibilidad de tener condiciones fuera de la especificación sin embargo en el lado donde la distancia es menor, existirá mayor posibilidad a estar fuera de ella. De ahí que el índice Cpk, es determinado por el valor que sea menor de ambos cálculos.



Donde:

- Lower Spec Limit: Límite Inferior de Especificación
- Upper Spec Limit: Límite Superior de Especificación

Figura 2.11 Comparativa de Procesos con diferentes valores de Cpk.

2.2.2. Gráficas de Control.

Para poder hacer inferencias sobre los procesos en cualquier tipo de industria es necesario saber si se tiene estabilidad y en base a esto, tener la posibilidad de predecir en cierta medida como se espera que el proceso se comporte en el futuro. Lo anterior es una explicación muy reducida de lo que el Dr. Walther Shewhart considera un proceso en estado de control.

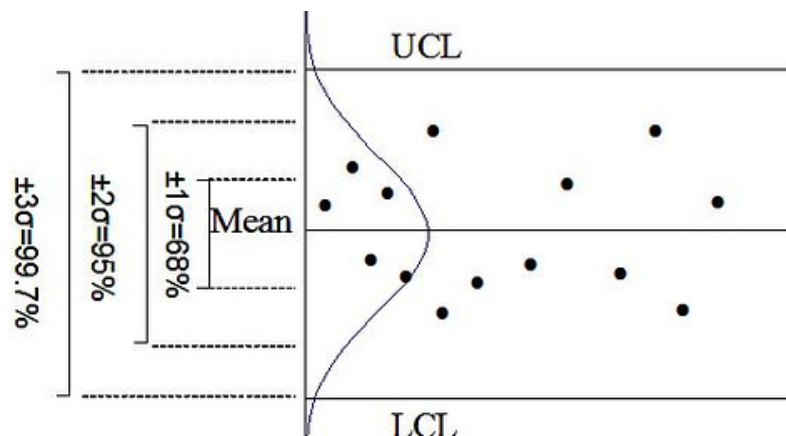
Alrededor de 1920, en la compañía Bell Laboratories, se tuvieron problemas de calidad pues sus productos de transmisión de telefonía sufrían de fallas recurrentes. El Dr. Shewhart trabajo para mejorar los procesos a través de un mecanismo gráfico que permitía entender como alguna característica de un proceso iba cambiando a lo largo del tiempo y si es que ese cambio podía considerarse típico según el comportamiento histórico o atípico si es que su comportamiento estaba fuera de las expectativas históricas.

Esta herramienta se denomina gráfica de control y busca determinar un rango o intervalo de operación donde el proceso sea estable y predecible.

Para crear una gráfica de control se necesitan datos cuantitativos históricos. Con ellos se calculan 2 parámetros para determinar la localización y la dispersión del proceso; estos son la media y la desviación estándar.

Los datos se grafican de forma horizontal en el orden de tiempo en que recopilaron (se busca que sean equidistantes en el tiempo), y se conectan mediante una líneas que van de punto a punto. Posteriormente se grafica la media como una línea horizontal y finalmente se establecen 2 límites denominados “de control”, los cuales son el superior y el inferior situados a una distancia de 3 desviaciones estándar (σ) por encima y por debajo de la media.

En este rango de 6 desviaciones estándar se tiene alrededor del 99.7% del total de los datos posibles, asumiendo que el proceso sigue una distribución normal. Lo anterior se ilustra en la figura 2.12.



Donde:

- LCL: Límite Inferior de Control
- UCL: Límite Superior de Control
- Mean: Media de los Datos

Figura 2.12 Gráfica de Control indicando límites de Desv. Estándar.

Esto resultaría en que a lo largo de la vida del proceso, 3 de cada 1000 puntos pudiesen estar fuera de los límites sin que esto implique un cambio o comportamiento atípico. Sin embargo para fines de control de calidad, se asume que es una situación diferente o especial y por tanto es necesario hacer alguna investigación sobre la causa de este posible cambio.

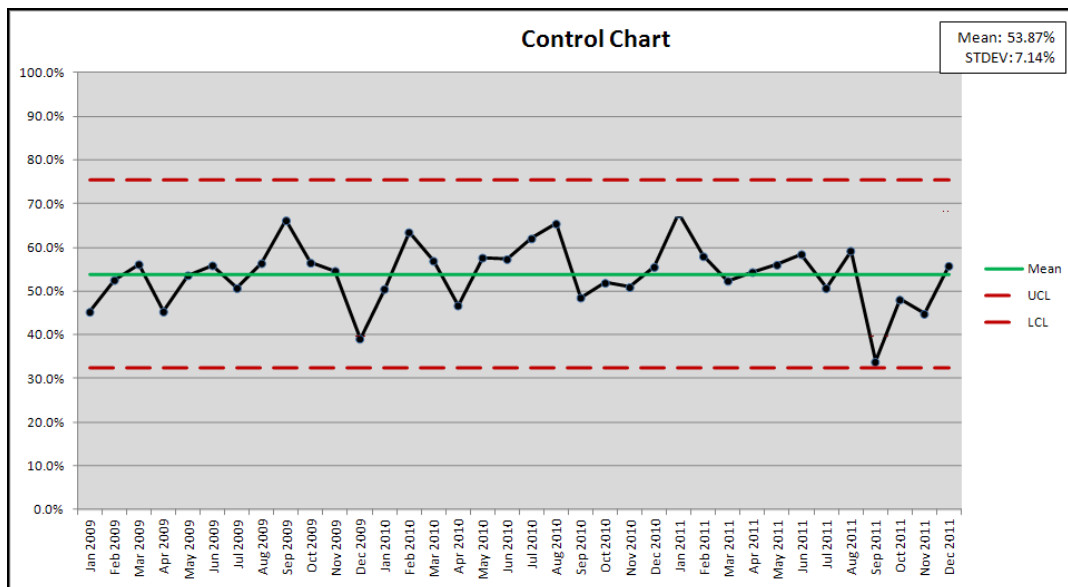


Figura 2.13 Ejemplo de Gráfica de Control sin causas especiales.

El proceso es evaluado en intervalos predeterminados de tiempo y se considera que un proceso se encuentra bajo control cuando los puntos graficados están dentro de los límites de control, como se muestra en la figura 2.13.

Cuando el proceso muestra cambios o variación predecible y estable, se dice que presenta variación de causa común o variación natural de operación. Sin embargo en el momento que el comportamiento del proceso cambia de tal forma que los datos graficados salen de los límites de control, se dice que se tiene variación de causa especial o atribuible a una cause específica.

La oportunidad para mejorar radica en la rapidez y la oportuna evaluación de los procesos una vez que esta “señal” de cambio se ha presentado.

Las gráficas de control ha sido pieza fundamental del área de calidad y de mejoramiento continuo, pues dan pie a un análisis profundo de las fuentes de variación y causas raíz de los problemas industriales así como también establecer parámetros claros sobre cuando es el momento correcto para interferir con el proceso a fin de poder mejorarlo.

Para la evaluación de proveedores, las gráficas de control permiten evaluar clara y adecuadamente el desempeño de los procesos dado que usan el enfoque histórico y por tanto engloban los elementos típicos de la variación.

2.2.3. % de Rechazo o PPM.

Las siglas PPM significan Partes por Millón defectuosas y es una métrica de desempeño que busca equiparar magnitudes de rechazo en procesos de diferentes volúmenes. Es común hablar del desempeño de procesos en relación a porcentaje de rechazo, sin embargo para procesos de alto volumen, dicha cifra puede ser mucho menos del 1%.

En la intención de poder tener una mayor facilidad para entender la magnitud de rechazo, se toma el porcentaje y se multiplica por un factor de 1,000,000.

Se tiene entonces que:

$$PPM = \frac{\text{Partes Rechazadas}}{\text{Partes Producidas}} \times 1,000,000$$

Aunque esta métrica es ampliamente usada en la industria, cabe mencionar que no permite evaluar la complejidad de los procesos. Esto es que una parte producida equivale a un automóvil o a un bolígrafo. Ambos procesos pueden tener el mismo nivel de PPM, sin embargo es posible inferir que un automóvil tiene una mayor complejidad en ser producido dado la cantidad de piezas, ensambles, ajustes y componentes que implica su elaboración en comparación a un bolígrafo.

Para hacer frente a esta problemática, se generó un nuevo métrico llamado DpMO o Defectos por Millón de Oportunidades. Este nuevo métrico toma la consideración de que cualquier característica en un producto dado tiene la oportunidad de fallar o no fallar. De ahí que si un bolígrafo tiene 15 características que posiblemente puedan fallar, entonces se considera que tiene 15 oportunidades de falla. En el caso del automóvil, quizá tenga 1,500 oportunidades de falla.

Esta analogía permite comparar el proceso del bolígrafo con el proceso del automóvil, de tal forma que si se tiene un automóvil libre de fallas, esto es 1,500 oportunidades de falla sin error alguno, entonces se tendrían que tener 100 bolígrafos libres de falla; así pues equiparando las oportunidades totales en ambos procesos.

$$DpMO = \frac{\text{Defectos}}{\text{Partes Producidas} \times \text{Oportunidades por Parte}} \times 1,000,000$$

El reto que se presenta en esta medida de desempeño es la definición de oportunidades de falla. Tomando como ejemplo el automóvil, pudiéramos tener una sola oportunidad de falla al evaluar la condición de la pintura exterior. Sin embargo también pudiéramos considerar el número de paneles pintados en el automóvil (techo, guardafangos, cofre, cajuela, puertas, etc.) lo cual nos daría un número mayor a uno. Esto da como resultado un DpMO muy diferente en cada caso.

La industria que utiliza estas métricas no ha llegado a un consenso sobre la manera adecuado de determinar las oportunidades de falla sin embargo el concepto es claro y potencialmente válido.

2.2.4. Análisis del Sistema de Medición.

En las industrias automotriz y aeroespacial, es de vital importancia saber el comportamiento del proceso así como también el desempeño de la forma de medir el proceso. Si existe ambigüedad o exceso de variación en la forma o método de medir, entonces hay duda sobre la información del desempeño de un proceso.

Se denomina análisis del sistema de medición a la evaluación del método, herramientas, personal y medio ambiente que es parte de la evaluación de los procesos.

La Figura 2.14, muestra los elementos de variación en los procesos y donde encaja el análisis del sistema de medición.

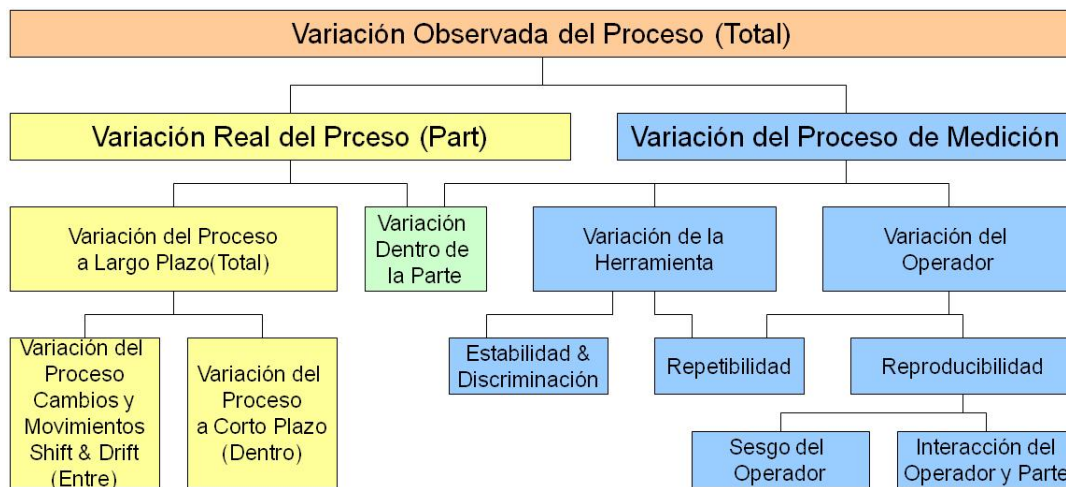


Figura 2.14 Diagrama de la Variación Total del Proceso y sus componentes. .

El resultado del análisis del sistema de medición se compone de

- Gráficas de Rango y Promedio
- Análisis numérico que genera el índice de Gage R&R

Las reglas para realizar dicho estudio han sido determinadas por la AIAG. Sin embargo varios autores han presentado diferentes enfoques que generan un análisis mucho más robusto sobre la forma en que una industria mide sus procesos.

3. CAPITULO 3.

3.1. Planteamiento sobre información de proveedores vs desempeño interno

Uno de los elementos que generan mayor confusión y en ciertos casos predetermina una errónea evaluación de los procesos es la perspectiva de corto y largo plazo en la información que se tiene disponible.

Tomando como ejemplo un proceso maduro que esté en consideración de ser eliminado, bajo la premisa de reciente bajo desempeño, genera una percepción de difícil operatividad y mejora. La solución a esta problemática es la “promesa” de un proceso novedoso, cuyo mantenimiento será responsabilidad de un proveedor externo, el cual que busca ganar el negocio.

La dificultad y la confusión radica en que en el proceso actual, se tiene una larga trayectoria de eventos los cuales son el resultado de varios eventos de causa común y causa especial, mismos que en su totalidad muestran un desempeño de largo plazo. Esta perspectiva de tiempo, es la que se pierde al hacer una comparativa con la información del potencial proveedor de servicios, el cual presentara datos de su proceso, en la mejor de las circunstancias y con la realidad que implica obtener información en un corto tiempo, en otras palabras de corto plazo.

La principal diferencia entre el corto y largo plazo es que en el largo plazo, actúan muchas más fuentes de variación. Un ejemplo de esto lo tenemos en el desempeño a inicio de un periodo de asueto, donde tanto máquinas como operadores inician actividades a partir de un paro total del proceso. Esto indudablemente genera una variación especial misma que se reflejará en el desempeño del proceso.

Este evento no es posible simularlo en una etapa de evaluación de proveedores. Un proveedor potencial generara una “corrida” de partes, que en el mejor de los casos, tratara de reflejar lo que sucede en un ambiente estable de variación.

Esta diferencia hace que la comparativa sea completamente diferente y hasta cierto grado injusta para el proceso ya establecido.

La propuesta a considerar será entonces un enfoque que considere el potencial desempeño futuro a partir de información de corto plazo.

La industria automotriz busca tomar en consideración esto a través de indicadores de desempeño, sin embargo a continuación se explicarán a detalle a fin de poder entender que implicaciones tiene el uso de información de corto y largo plazo.

3.1.1. Entendiendo la Variación de Corto y Largo Plazo con el uso de gráficas de control.

Anteriormente se comentó el beneficio y uso de las gráficas de control como una representación de los datos del proceso a lo largo del tiempo en intervalos equidistantes de tiempo. El objetivo es que pueda señalar un cambio en el proceso y poder encontrar la causa asignable que lo generó.

Otro término que se utiliza para la información que despliega la gráfica de control es la “Voz del Proceso”, con lo cual implica que todo lo que se encuentre entre el límite de control superior y el inferior será el comportamiento esperado del proceso; en el entendido de que la información histórica usada para obtener dichos límites es estable.

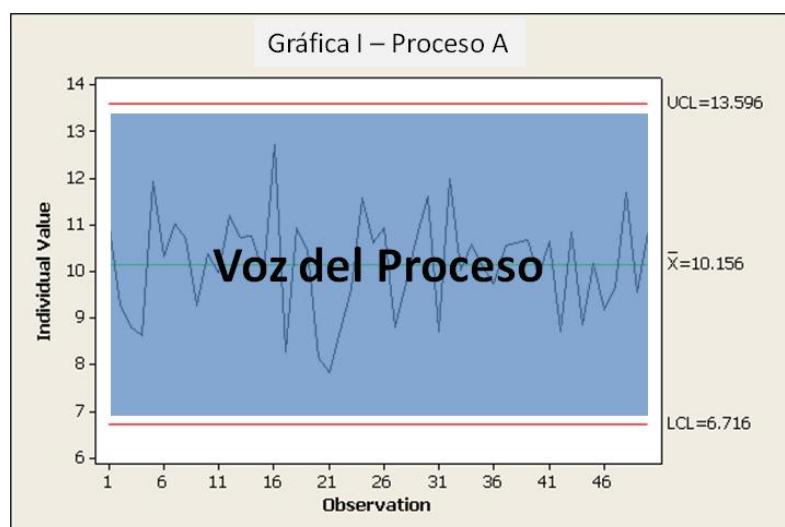


Figura 3.1 Gráfica de Control de Individuales mostrando Variación controlada

Esta gráfica ayuda a identificar los 2 tipos de variación que son inherentes en cualquier proceso: variación de causa común y variación de causa especial. Cuando una

Cuando una gráfica de control muestra patrones consistentes de variación, se tiene un proceso que se considera predecible. El omitir su uso, limita la comprensión del comportamiento del proceso. Para cualquier actividad de mejora se planea realizar y para que cualquier comparación entre procesos similares sea válida, tiene que haber un comportamiento de estabilidad en los procesos el cual solo se puede reflejar en una gráfica de control.

El trabajo realizado por el Dr. Shewhart estableció los fundamentos de las gráficas de control y el uso de los límites a una distancia de 3 desviaciones estándar alrededor de la media. Estos límites permiten visualizar, para fines prácticos y eficientes en cuanto a costo, el punto que separa la variación controlada (de causa común) y la variación no controlada (de causa especial).

Dentro de esta perspectiva de entender la Voz del Proceso, es necesario evaluar algunos elementos a mayor detalle. Estos son:

- Estabilidad del Proceso.
- El uso de información de corto y largo plazo.
- El uso de grupos racionales y la variación total.
- Patrones cíclicos debido al comportamiento del mercado.

- Estabilidad del Proceso.

La noción de la estabilidad tiene una relación directa con el entendimiento de la variación. El Dr. Walther Shewhart, en su tiempo trabajando en Bell Labs. estudió la variación en los procesos y concluyó que “mientras que cada proceso muestra variación, algunos procesos muestran variación controlada y otros variación no controlada”. Un proceso con variación controlada muestra un patrón de variación consistente a lo largo

del tiempo, mientras que el que tiene variación no controlada, tiene un patrón que cambia a lo largo del tiempo debido a causas “asignables”.

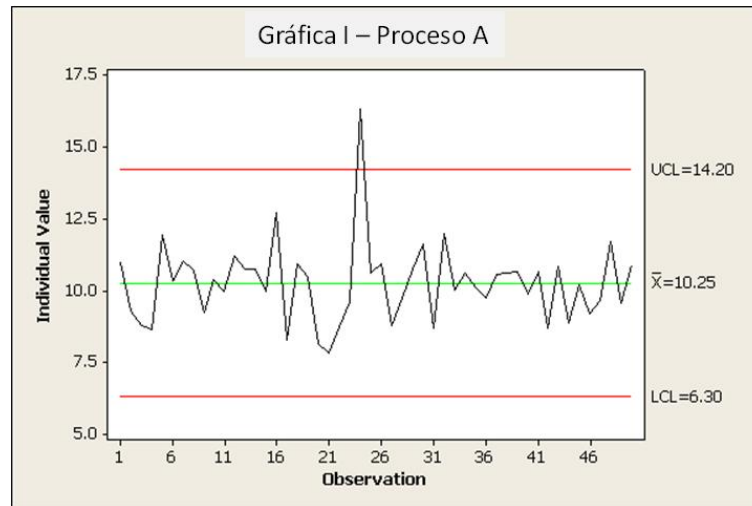


Figura 3.2 Gráfica de Control de Individuales mostrando Variación no controlada

Esta clasificación dio pie a establecer 2 formas de lograr la mejora de procesos. Si la variación se considera controlada, se asume que según su historia, el proceso puede ser predecible en el futuro dentro de ciertos límites. Con esta premisa, la variación que está presente es inherente al proceso y por tanto para reducirla se tiene que cambiar el proceso.

Asumiendo que el proceso tiene variación no controlada, el primer paso sería detectar, aislar y eliminar las causas asignables de variación atípica.

El Dr. Edwards Deming trabajó muy de cerca con el Dr. Shewhart y dándose cuenta de los beneficios de las gráficas de control, publicó en 1939 el libro “El Método Estadístico desde la perspectiva del Control de la Calidad” donde se enfatizaba el uso de la estadística para mejorar la calidad de los procesos. Un proceso puede ser mejorado continuamente solo si es estable, de lo contrario la “mejora” sería solo un esfuerzo de lograr estabilidad.

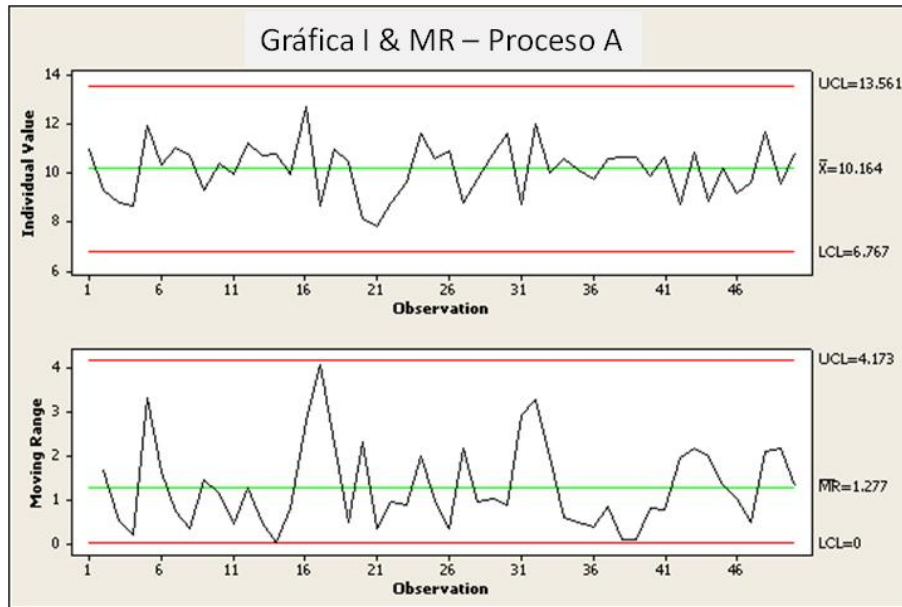


Figura 3.3 Gráfica de Control de Individuales mostrando estabilidad en la gráfica de Rango Móvil y variación controlada en la gráfica de Individuales

Aunado a lo anterior el Sistema de Producción Toyota, el cual es un sistema referente en cuanto a la forma de operar los procesos, establece que la Estabilidad es un elemento fundamental para la mejora y la satisfacción del cliente

El enfoque grafico de esta herramienta facilita la evaluación de la variación y estabilidad al poder comparar puntos individuales, rangos o subgrupos. Ya sea usando una gráfica de Rango Móvil o de Rangos, se necesita tener estabilidad, la cual está claramente explicada en las reglas dictaminadas por la Western Electric Guidelines.

Existe pocas acciones en un proceso que es inestable. Como se comentó anteriormente, lo único por hacer es eliminar las causas asignables y a fin de tener estabilidad.

- El uso de información de corto y largo plazo.

Cuando las industrias evalúan a proveedores potenciales, es común pedir información sobre sus actuales procesos en una intención de conocer su desempeño. La información se evalúa mediante el cálculo de métricos típicos, de entre los cuales se encuentra la

capacidad de proceso. El reto inicia en el momento de definir un método de toma de información y la ejecución misma de la toma de datos.

Es muy común seguir la guía de pedir 30 muestras. En ocasiones se piden 32 o aún más, sin embargo la justificación es muy general o empírica que es aplicable a industrias de mediano a alto volumen de producción. Como ejemplo, consideremos una empresa que construye motores para avión que quizá tenga la posibilidad de producir 12 motores al año. En este caso, la regla de usar 30 muestras tendría que ser reconsiderada.

Una alternativa a este predicamento es la consideración de datos de corto y largo plazo, según definido en acuerdo entre clientes y proveedores. Recordemos que la diferencia entre ambos periodos de tiempo se resume en que en el largo plazo se presentan mayor cantidad de fuentes de variación. Por tanto si es que tenemos datos de corto plazo, sería necesario tener en cuenta las fuentes de variación que actúan en ese periodo de tiempo reducido así como las fuentes potenciales que puedan impactar el proceso.

Por ejemplo, considerando la regla típica de las 30 muestras, si las tomamos todas en un día determinado (por ejemplo un martes), entonces los elementos de variación que actúan en lunes o viernes no actuarían sobre esa muestra en particular. Dependiendo del conocimiento que se tenga del proceso, se podría argumentar que todos los días son similares, sin embargo es común pensar que en viernes la fuerza laboral tiene su mente el fin de semana y en base a esto, existe una posibilidad de que se dé un cambio en el proceso especialmente al finalizar el turno.

Para contrarrestar este fenómeno pudiéramos tomar 30 muestras de manera aleatoria a lo largo de una semana de trabajo. Esta muestra tiene más posibilidades de representar las fuentes de variación que se presentan dentro de una semana completa. Pero ahora se tiene un nuevo reto en el que se debe evaluar que tan representativa es la semana bajo observación en referencia a las demás semanas de trabajo en el año. Para ilustrar lo anterior, habrá solo que hacer referencia de las industrias que presentan patrones

cíclicos o estacionales en cuanto a sus ventas. De tener que entender completamente la Voz del Proceso, se buscaría obtener muestras de esos periodos de tiempo. Para poder hacer frente a este nuevo reto, se tendría que obtener información de largo plazo.

Con lo anterior podemos ver que la regla de 30 muestras es de enfoque limitado dependiendo mucho de la naturaleza del proceso bajo análisis.

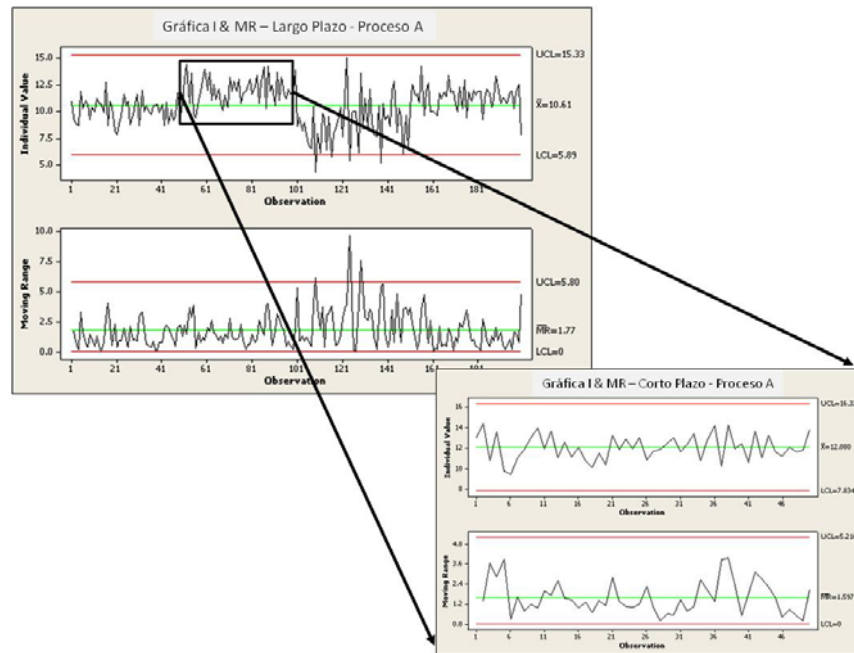


Figura 3.4 Gráfica de Control de Individuales mostrando datos de Largo Plazo vs muestra de Corto Plazo la cual muestra variación controlada

Podemos considerar que la información de largo plazo muestra casi todas las fuentes de variación que han actuado en el proceso. La información de corto plazo representa una fotografía, una imagen estática que limita la variación que se pueda capturar y es solo un elemento que compone la larga historia de un proceso.

Para tener un verdadero entendimiento de la voz del proceso, se requieren ambos tipos de información. Los nuevos datos se usaran para generar información de corto plazo que represente el estado actual del proceso. Esto a su vez serán datos históricos que se usaran para obtener la realidad completa del proceso.

- Subgrupos Racionales y Variación total

Si se considera usar las gráficas de control para descifrar la Voz del Proceso, es claro que para tener mejor un entendimiento de mayor profundidad será necesario el uso de subgrupos racionales. Un subgrupo racional consiste en un conjunto de datos que representan cierto fenómeno del proceso y al analizar la localización y dispersión del mismo, se podrán hacer conclusiones formales del subgrupo en relación al proceso total.

Un subgrupo racional puede ser el resultado de la producción día a día; también pudiera ser la calidad de recibo de material por proveedor en una determinada materia prima. De forma general, los subgrupos a seleccionar deberán ser homogéneos o tener una base común entre ellos y con esto será posible dar oportunidad a resaltar la variación de un subgrupo a otro.

Usando una gráfica de Media y Rango (X-bar & R) se puede considerar varios esquemas de subgrupos y hacer comparar variación dentro de grupos con la variación entre grupos.

La complejidad en este tema radica en la forma de calcular la dispersión del proceso y esto crea confusión al evaluar la capacidad del proceso. Tomemos la fórmula de la desviación estándar de la muestra:

$$\hat{\sigma} = S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Aplicando una gráfica de Individuales y Rango Móvil (I&MR) con los mismos datos, la desviación estándar se estima con la fórmula:

$$\hat{\sigma} = s = \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

Este método típicamente da como resultado valores de menor magnitud dado que se enfoca a variación de corto plazo en vez de la variación total. Si omitimos esta consideración estaríamos concluyendo que tenemos un proceso con mejor desempeño que el real.

Además de los 2 métodos anteriores, si tomamos en cuenta el uso de subgrupos racionales para entender aspectos específicos del comportamiento del proceso, la estimación de la desviación estándar sería:

$$\hat{\sigma} = s = \frac{\overline{R}}{d_2}$$

Con este cálculo también tendríamos magnitudes menores en la estimación de la dispersión del proceso dado que esta fórmula se enfoca a la variación “interna” o dentro del subgrupo. Esto tiende a filtrar la variación entre grupos. De tal forma que si quisiéramos entender la variación total del proceso, tendremos que:

$$\sigma_{Total} = \sigma_{Entre} + \sigma_{Dentro}$$

- Patrones cíclicos debido al comportamiento del mercado

Esta situación es importante considerarla puesto que incorpora la realidad de un mercado cambiante o susceptible cambios en temporadas a lo largo de un año. Un claro ejemplo es el incremento en la venta de flores para el día de las madres o el día de San Valentín.

Quizá sería injusto considerar estas condiciones especiales al momento de evaluar el comportamiento total del proceso, así que una sugerencia al respecto es evaluar el proceso de manera independiente en cada etapa o ciclo. De esta forma se tendrán varios indicadores que permitirán una evaluación clara en cada momento especial del año o ciclo correspondiente.

El riesgo de no hacer esta consideración recae en que al evaluar la variación total del proceso, se crea una percepción de desempeño reducido dado que claramente en ciertos momentos o ciclos, el proceso cambia y este cambio implica una diferente dispersión o variación. Sin tomar esto en cuenta, es posible que una decisión sobre qué proceso es mejor sea errónea puesto que se asumirá un mal desempeño del proceso actual. De ahí que es necesario entender la información de largo y corto plazo.

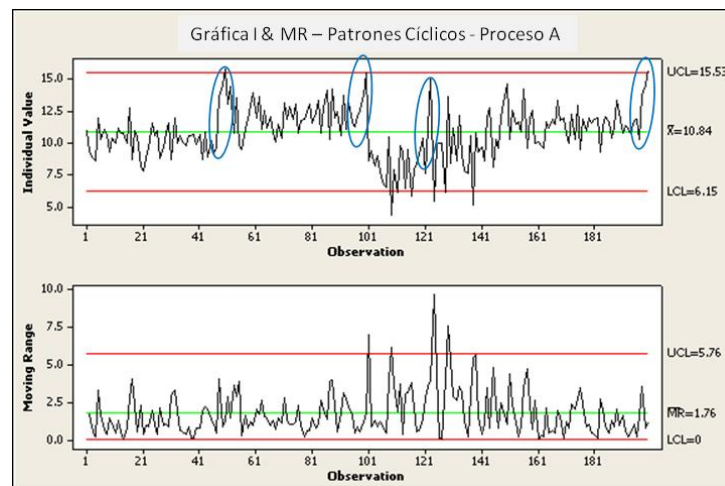


Figura 3.4 Gráfica de Control mostrando patrones cíclicos al final de periodos específicos

3.1.2 Capacidad de Proceso. Comparando la Voz del Proceso con la Voz el Cliente.

Ahora que se tiene un claro entendimiento del comportamiento del proceso será necesario evaluar el nivel de cumplimiento con los requerimientos del cliente.

El cliente transmite sus requerimientos a los proveedores en forma de especificaciones. Y estas especificaciones serán las que determinen un índice llamado Capacidad de Proceso.

Existen 2 índices para evaluar capacidad los cuales son Cp y Cpk. El primero revela el nivel potencial para cumplir con los requerimientos del cliente y el segundo muestra como el proceso se desempeña en realidad. Las reglas para el cálculo de los índices están determinadas en el manual de SPC de la AIAG.

- Un proceso estable es un prerequisite para la Capacidad

Antes de poder hacer cualquier mejora significativa el proceso debe de ser estable. Esto aplica al cálculo de la capacidad de proceso. Es común y erróneo omitir este requerimiento al pedir información de procesos a potenciales proveedores de productos o servicios.

Para validar si un proceso es estable usamos las gráficas de control. Solo entonces podemos hacer uso de los índices a fin de tomar decisiones para el mantenimiento, mejora o cambio de los procesos.

- Cp – La capacidad de proceso en el “mejor de los casos”

Cp es un índice que expresa las veces en que un proceso puede “caber” dentro de las especificaciones que el cliente define para una característica en particular. Hay 2 consideraciones principales de este índice, las cuales son:

- Un proceso se considera distribuido normalmente con una media y desviación estándar calculadas a partir de una muestra
- El tamaño del proceso se considera ser de 3 desviaciones estándar alrededor de la media o $X \pm 3\sigma$. Esto es un convencionalismo determinado por la AIAG

dado que en un enfoque estadístico, esta cantidad de desviaciones estándar solo engloba alrededor del 99.7% del total del proceso.

El índice se calcula usando la siguiente fórmula:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\hat{\sigma}}$$

Como ejemplo, tener $C_p = 1$ implica que el proceso (con un ancho de ± 3 sigma) cabe 1 vez dentro de los límites de especificación del cliente. Otra forma de expresar esto es que el 99.7% del proceso está dentro de los límites de aceptación del cliente y por tanto se tendría un 0.3% de rechazos si es que el proceso continua desempeñándose de la misma forma.

Es claro que en el cálculo no hay referencia de la localización del proceso, solamente cuantas veces cabe dentro de la tolerancia. En la figura vemos que aun con un $C_p=1$, se pueden presentar diferentes condiciones de cumplimiento de especificaciones del cliente

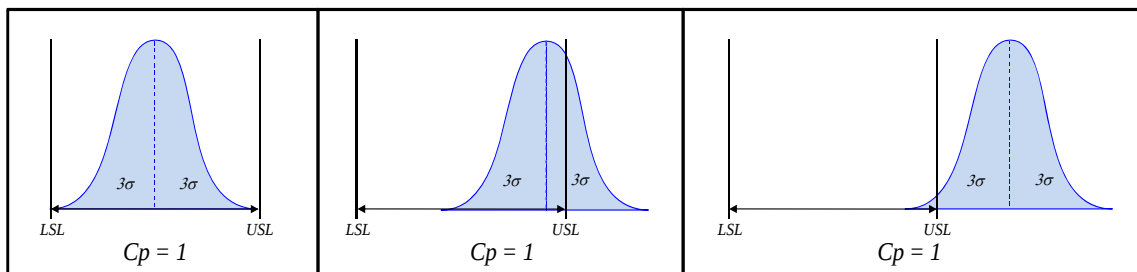


Figura 3.5 Proceso con $C_p=1$ en diferentes localizaciones del proceso

La conclusión a la que llegamos con éste índice es que tan bueno puede llegar a ser un proceso en el supuesto de que se encuentre justo en el centro de la especificación del cliente, sin embargo esto no es suficiente en la intención de poder tener un entendimiento completo de cómo la Voz del proceso cumple con la Voz del cliente. Es en esta situación que usamos el índice de Cpk.

- Cpk – La capacidad del proceso considerando su localización real

Cpk es un índice que expresa la mínima distancia de cualquiera de los 2 límites de especificación hacia la media del proceso. La meta de este número es mostrar la falta de “alineación” que un proceso tiene cuando se compara con ambos límites de especificación.

En éste índice, la distancia está determinada en unidades de 3 desviaciones estándar.

Esto significa que 3 desviaciones estándar son iguales a 1 unidad.

$$3\hat{\sigma} = 1 \text{ unit}$$

La fórmula para el cálculo de Cpk se muestra a continuación:

$$C_{pk} = \min(C_{pu}, C_{pl})$$

where :

$$C_{pu} = \frac{USL - \bar{x}}{3\hat{\sigma}}$$
$$C_{pl} = \frac{\bar{x} - LSL}{3\hat{\sigma}}$$

En éste índice, dependiendo de la localización de la media respecto a los límites del cliente, el valor mínimo cambiará. El primer objetivo será centrar el proceso, esto significa que $C_{pu} = C_{pl}$. Cuando esto es posible, entonces $C_{pk} = C_p$.

Pero el verdadero entendimiento de este análisis no son los valores en sí, más bien como se obtuvieron los datos para generar los valores y también como se usarán para realizar una comparación adecuada a fin entre procesos.

3.1.3 Realizando comparaciones Válidas

Considerando la situación donde se tiene un proceso de bajo desempeño. Es estable pero tiene mucha variación. Hay cambios y saltos en la media del proceso lo cual da pie a valores de Cp y Cpk menores que 1. En este caso estamos viendo datos de largo plazo, los cuales incluyen cambios estacionales, variación en materia prima y cambios en el proceso. Con tal desempeño sería fácil empezar a evaluar el plan de hacer “outsourcing” o subcontratar el proceso.

Cuando una empresa evalúa a un proveedor, se piden varios indicadores de desempeño de sus procesos. En el estudio hecho por Dickinson (1966), se recopila una lista de los indicadores típicos usados para evaluar proveedores de los cuales se tiene a la Calidad como de extrema importancia y Capacidad Técnica como de considerable importancia.

Number	Factor	Mean	Relative Importance
1	Quality	3.508	Extreme Importance
2	Delivery	3.417	Considerable Importance
3	Performance History	2.998	
4	Warranties & Claims Policies	2.849	
5	Production Facilities and Capacity	2.775	
6	Price	2.758	
7	Technical Capability	2.545	
8	Financial Position	2.514	
9	Procedural Compliance	2.488	Average Importance
10	Communication System	2.426	
11	Reputation and Position in Industry	2.412	
12	Desire for Business	2.256	
13	Management and Organization	2.216	
14	Operating Controls	2.211	
15	Repair Service	2.187	
16	Attitude	2.120	
17	Impression	2.054	
18	Packaging Ability	2.009	
19	Labor Relations Record	2.003	
20	Geographical Location	1.872	
21	Amount of Past Business	1.597	
22	Training Aids	1.537	
23	Reciprocal Arrangements	0.610	Slight Importance

Figura 3.6 Tabla de Factores de Evaluación de Proveedores (Dickinson, 1966)

Si consideramos realizar un estudio de capacidad, pudiéramos usar alguna de las varias reglas “típicas” a fin de considerar el estudio como válido. Algunas empresas consideran 30 muestras individuales, otras consideran 50 muestras y otras inclusive evalúan 120; otro enfoque es el de tomar 20 subgrupos de 4 observaciones cada uno.

Como se ha planteado anteriormente, la validez del tamaño de la muestra depende de la naturaleza del proceso y es necesario tomar cuidado en este aspecto a fin de poder hacer una evaluación adecuada.

La siguiente tabla muestra la dimensión de una cierta característica dimensional en una parte. Se tienen 4 muestras de 30 observaciones cada una, tomadas en 4 semanas consecutivas de un proceso productivo. El análisis mostrará que tanto pueden variar los índices de capacidad según la interpretación de la variación del proceso.

Week 1	Week 2	Week 3	Week 4
11.27	8.84	12.35	10.54
10.79	8.27	11.68	11.32
11.45	9.58	11.91	10.30
11.39	9.69	11.69	11.60
11.10	9.47	11.09	11.71
10.96	9.69	12.45	10.02
12.03	8.61	12.57	10.09
10.82	9.00	12.96	11.61
11.27	8.79	11.54	12.09
11.40	9.44	11.86	12.02
11.15	8.47	11.73	11.32
11.96	9.50	12.21	11.08
11.61	9.67	12.03	9.66
11.07	8.36	11.97	11.52
11.11	9.13	12.50	11.98
11.22	8.93	11.53	10.36
11.16	9.17	11.34	12.75
10.56	9.37	11.18	11.38
11.07	8.90	12.30	11.18
11.00	9.36	12.27	11.52
10.98	9.21	11.85	10.15
10.84	9.08	11.94	9.86
10.65	9.41	13.28	10.85
10.77	9.14	11.81	11.05
11.00	9.93	11.90	10.54
11.04	8.56	12.43	10.73
10.28	8.98	11.78	11.56
10.93	10.14	10.94	11.09
10.65	9.27	11.93	10.03
11.09	8.81	11.75	9.24

El primer paso es usar una gráfica de control para entender la variación del proceso. Se usa una gráfica de individuales y rango móvil (figura 3.7) separando por secciones que corresponden a cada semana de información. Seguido de esto, se realiza una grafica de promedios y rangos tomando un subgrupo de 30 valores por subgrupo representando cada una de las 4 semanas (Figura 3.8).

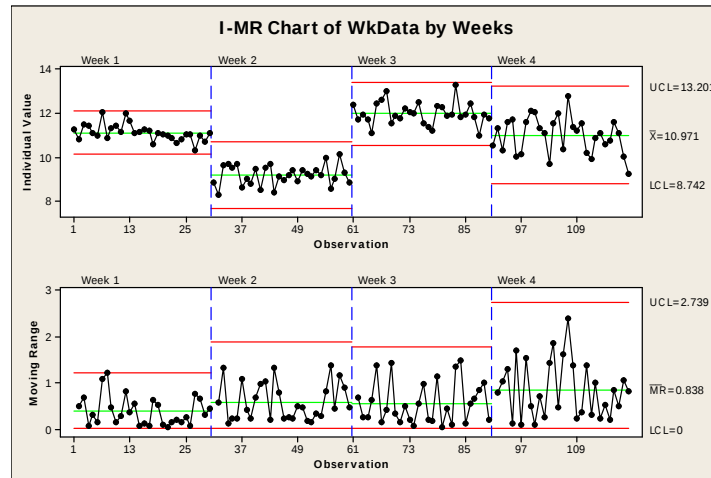


Figura 3.7 Gráfica de Individuales segmentada por semanas.

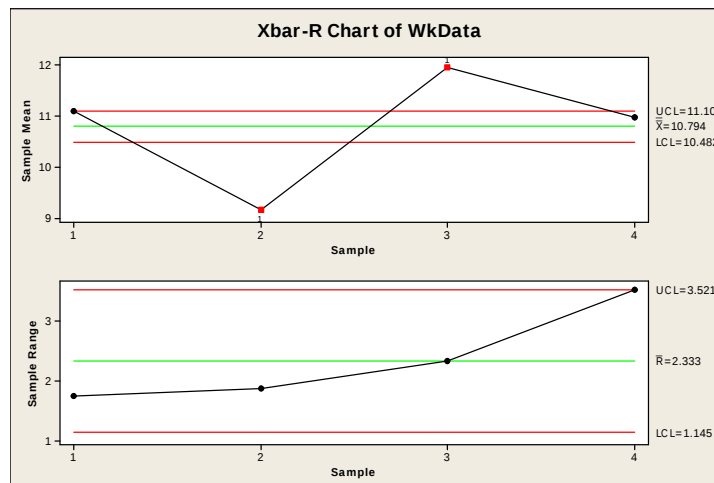


Figura 3.8 Grafica de Media y Rango con donde el subgrupo es una semana.

Los valores estimados de la desviación estándar serán diferentes en cada caso. Los resultados se muestran en la Tabla 3.1:

Estimaciones de Desviación Estándar	
I & MR	0.554
Xbar & R	0.578
Total	1.167

Tabla 3.1 Estimaciones de Desviación Estándar.

Con esos valores y considerando que la especificación del cliente para dicha característica es con un límite inferior de 8 y un límite superior de 13, tenemos los siguientes resultados mostrados en la Tabla 3.2:

Estimaciones de Desviación Estándar			Cp	CPk
I & MR	0.554		1.51	1.33
Xbar & R	0.578		1.44	1.27
Total	1.167		0.71	0.63

Tabla 3.2 Desviaciones Estándar y su correspondiente valor de capacidad.

Se puede apreciar el gran cambio en los valores de los índices de capacidad según el cálculo de desviación estándar utilizado. Y aunque la aplicación de la fórmula de los índices de capacidad fue de manera correcta, la interpretación puede dar como resultado el considerar que un proceso es inadecuado cuando en realidad lo es o viceversa.

3.2. Planteamiento de modelo de desarrollo de proveedores.

En la búsqueda de mejorar los procesos, se tiene varios mecanismos de evaluación. En los temas anteriores se expuso la problemática sobre el uso correcto y adecuado de algunas medidas de desempeño que son fundamentales en el mejoramiento.

Sin embargo el aspecto de fondo en la discusión se centra en cómo incorporar este enfoque de para desarrollar los procesos actuales a fin de que logren un desempeño apropiado para cumplir con las expectativas de los clientes.

Al inicio de este estudio se planteó la historia del mejoramiento de procesos desde su aspecto reactivo hasta un enfoque de búsqueda de las causas raíz a los problemas.

En los últimos años se ha desplegado una filosofía de mejoramiento continuo llamada Seis Sigma. Fue originada en Motorola alrededor de 1986 por el Dr. Mikel Harry y un grupo de colegas en la Universidad de Motorola. La meta de este enfoque fue el establecer una metodología de mejoramiento que sea permeada a todos los niveles de una compañía y lograr fomentar carácter de responsabilidad directa hacia los resultados financieros.

La metodología de seis sigma es fundamentalmente similar al ciclo PDCA del Dr. Deming, sin embargo la gran diferencia radica en el varios elementos, los cuales son:

- Aplicación directa de la metodología en lo que se denomina “proyectos de mejora”
- Un proceso de certificación para lograr el grado de implementador de Seis Sigma. Denominado “Cinta Negra” o “Cinta Verde” según la profundidad del estudio
- Establecimiento de una infraestructura de soporte al programa de Seis Sigma con un enfoque de alta gerencia hacia el nivel más básico de operación
- Establecimiento de metas financieras tangibles con responsabilidad centrada en el implementador y el equipo gerencial de soporte.

Para que un esfuerzo de mejora se denomine Seis Sigma debe de pasar por 5 etapas:

- a. Definir. Validación de la oportunidad de mejora, estableciendo alcances, objetivos, plan de trabajo y magnitud de impacto financiero.
- b. Medir. Evaluación del estado actual del proceso y recopilación de la información existente para su futura evaluación. Definición de métricas y plan de acción inmediato.
- c. Analizar. Evaluación estadística de los datos. Búsqueda de causas raíz y ramificaciones de los problemas. Segregación de las variables críticas vitales del proceso.

- d. Mejorar. Manipulación de las variables críticas del proceso mediante pruebas estadísticas avanzadas y el uso de diseño de experimentación y simulación.
- e. Controlar. Consolidación de las mejoras y desarrollo de un plan de mantenimiento para transferencia a las áreas operativas.

La Figura 3.9 muestra un esquema operativo de las 5 etapas de Seis Sigma.

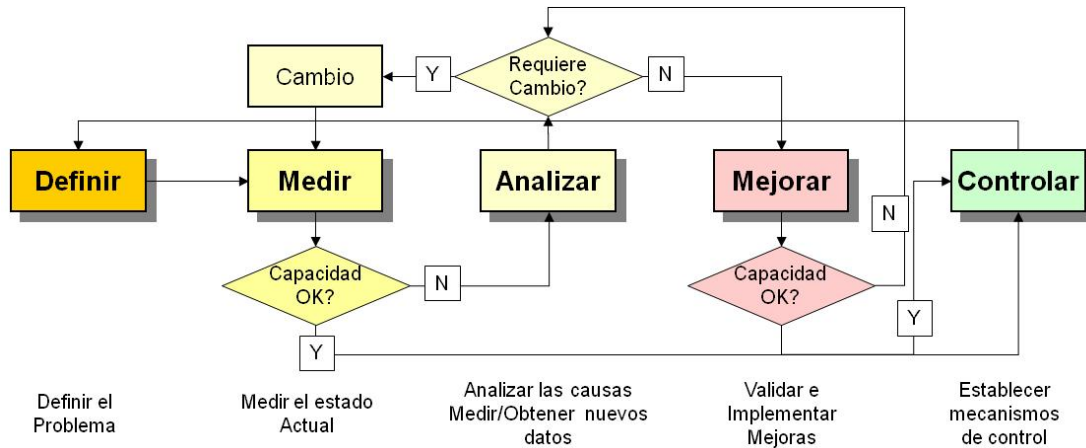


Figura 3.9 Esquema operativo de la metodología Seis Sigma.

Es importante recalcar que mucho de lo que se habló anteriormente se basa en la situación donde se presenta un enfoque reactivo y de contención hacia la problemática del bajo desempeño.

Este modelo que lleva más de 25 años en operación en Estados Unidos ha sido adoptado por muchas empresas a nivel mundial y se considera el modelo referente de mejoramiento.

Dentro de este modelo, el uso de herramientas estadísticas alto, inclusive ha sido de los pocos modelos que reiteran el entendimiento del uso de la información en el corto y largo plazo.

Muchas otras empresas han tomado el modelo Seis Sigma como base y ha sufrido modificaciones que permite tener una mejor adaptabilidad al entorno de cada empresa. Sin embargo la esencia del uso de información para la toma de decisiones permanece como un elemento fundamental para la mejora.

El considerar un modelo para el desarrollo de proveedores internos, aplicable a proveedores externos también, busca fomentar el enfoque de largo plazo que permita hacer frente a lo inmediato sin llegar a una perspectiva reactiva.

4. CAPITULO 4

4.1. Aplicabilidad y requisitos de éxito.

El modelo con el que se finalizo es tan solo una parte de poder lograr un proveedor con capacidades de entrega en el aspecto de calidad. Es necesario poder tener una estructura que permita que el modelo se lleve a cabo en su totalidad.

El reto que prevalece en el entorno industrial de Baja California es que en el modelo de maquiladora, el bajo costo es prioridad sobre muchos esfuerzos que pudiesen considerarse de mayor valor o que buscan resultados a mediano plazo.

Existen algunas empresas con presencia mundial en las cuales se implementan programas de desarrollo de procesos internos y desarrollo de proveedores. Estas empresas han servido de modelo para muchas donde los recursos son escasos. Típicamente inician sus esfuerzos de implementación en el país sede o donde se encuentra su cuartel general y a partir de ahí se procede a dar implementación en diferentes regiones según la prioridad que definan.

En algunos casos, la implementación es por mandato y en otras ocasiones es basada en las prioridades que el país o región. Sin embargo se cuentan con los recursos totales o parciales para realizar el programa de mejoramiento.

Al hacer una revisión de los programas de mejoramiento continuo de empresas globales encontramos una serie de elementos comunes los cuales pueden considerarse como prioritarios considerar a fin de lograr el éxito del programa. Las empresas son:

- Honeywell
- ExxonMobil
- Parker Hannifinn
- Delphi
- McKormick
- Sanofi-Aventis

Entre los elementos comunes podemos destacar:

-
- a. El Programa de mejoramiento está alineado con las metas estratégicas de la empresa.

Empresas tiene su planeación de corto plazo (1 año) y su planeación de largo plazo (5 años). Dentro de esta planeación se encuentra el programa de mejoramiento continuo no solo como un elemento independiente que busca metas cuantitativas monetarias y tangibles, sino como un elemento interrelacionado con otras áreas para lograr un mayor desempeño de manera anual.

- b. Existe un grupo líder comprometido con una visión clara sobre del programa.

Aún que la iniciativa de mejoramiento fue por mandato, existe un compromiso claro de la alta gerencia por hacer del programa un medio para elevar el nivel productivo y de entusiasmo en la compañía. Se tiene claridad sobre lo que se pretende lograr con el programa y se hace presente en todo momento. Se busca incorporar el lenguaje, la filosofía y el deseo de mejora en la cultura de trabajo de la empresa.

- c. Se hace una planeación sobre qué actividades generarán el mayor beneficio a la empresa según las prioridades del plan anual.

La incorporación del programa de mejoramiento va más allá de simplemente escoger “problemas” y buscar resolverlos con una metodología forma. Periódicamente se realizan reuniones con un equipo coordinador que evalúa todas las oportunidades de mejoramiento, las cuales son evaluadas según varios criterios tales como:

- Impacto a los requerimientos del cliente
- Costo Operativo
- Incremento de Capacidad
- Reducción de Desperdicio y de Limitaciones al flujo productivo
- Oportunidad de Crecimiento

Estas oportunidades se concretizan en proyectos formales que son asignados a elementos aptos que servirá como líderes de proyecto.

-
- d. Se provee de capacitación adecuada para el recurso humano para poder ser líder y guía del proyecto de mejoramiento.

Se menciona que desde hace más de 25 años en enfoque de Seis Sigma se ha considerado como el modelo a seguir para mejoramiento de procesos. Sin embargo en este punto se busca enfatizar que la capacitación es lo que permite que el empuje del programa sea vigente. La capacitación da pie a una motivación directa del recurso humano y un desarrollo de la organización.

- e. Hay un mecanismo de seguimiento y apoyo para solución de problemas.

Cada iniciativa de mejora tiene a un líder asignado y también a un elemento de mando ejecutivo que tiene la responsabilidad de lograr que el proyecto logre las metas trazadas. El líder del proyecto puede encontrarse con limitantes que estén fuera de sus posibilidades resolver y es en ese momento que el elemento ejecutivo podrá evaluar como mejor apoyar al líder y proyecto para resolver la problemática en cuestión

- f. Existe un elemento independiente para el cálculo de beneficios.

Cada proyecto debe tener como objetivos resultados tangibles y medibles. A fin de tener una evaluación por un 3º, se asigna al área de finanzas con la labor de evaluar los beneficios potenciales y la lógica seguida para el cálculo de dichos beneficios. Solo entonces se podrá validar el resultado de la mejora.

- g. La realización de proyectos es parte integral de la descripción de puesto.

Los proyectos de mejora son incorporados a las actividades del personal. Si bien al inicio del programa se perciben como una actividad “extra”, a medida que la empresa establece el compromiso y la línea de seguir promoviendo actividades similares, estas actividades son parte del día con día.

4.2. Resultados y Discusión.

En ejercicio de evaluar empresas, proyectos y resultados para plantear un modelo que pudiera ser útil para el entorno de Baja California, se presentan algunos elementos que son importantes mencionar dado que pueden presentar un reto en el proceso de adoptar una iniciativa de mejora.

- Cambios en el equipo directivo: Cualquier iniciativa, por más bien planeada que se encuentre, estará a la merced del enfoque que el equipo de liderazgo tenga en un momento dado. Empresas cuya planeación es sólida, sufren menos de este fenómeno, sin embargo en la intención de robustecer el liderazgo de una empresa, posiblemente se incorporen elementos externos, que provean de un enfoque fresco, mismo que puede ser diferente de la actual perspectiva de mejoramiento que pudiese existir.
- Cambios en el entorno económico local-global: En el momento que se viven crisis financieras, muchas de las prioridades cambian en todas las industrias. En situaciones de dificultad económica, pocas iniciativas prevalecen activas en aras de “sobrevivir” a un declive en ventas o a una emergencia operativa. Inclusive proyectos cuyo potencial resultado es el ahorro, se ven detenidos al buscar actividades de resultados inmediatos.
- Prioridades cambiantes en el plan anual: La mayoría de los programas de mejoramiento presentan patrones cíclicos en cuanto en lo que se refiere al énfasis de implementación y seguimiento. En la evaluación de empresas grandes, se pudiera decir que cada 1.5 a 2 años, el énfasis del programa se reduce. Esto es porque existen varios proyectos que se están ejecutando pero aun no dan los resultados deseados y por tanto hay que dar más tiempo para que se logren las metas. Por otra parte, en el enfoque de desarrollo del capital humano, dichas empresas buscan tener un balance entre gente capacitada y un retorno de la inversión. Esto significa que evitan entrenar por entrenar y el resultado es que si ya se tiene el nivel de personal capacitado meta, se esperaran

un tiempo a que se tengan nuevo personal o el personal existente sea promovido. Este es un muy buen enfoque en cuanto a dosificar apropiadamente el recurso, sin embargo esto tiene una repercusión no deseada en el sentido de una menor atención al enfoque de mejoramiento.

CONCLUSIONES.

La discusión sobre la presión que las industrias en Baja California, particularmente las maquiladoras tiene en relación a los costos operativos es constante. La competencia de proveedores de servicios y productos encierra una problemática compleja puesto que empresas globales tienden a evaluar diferentes países, no solo comparar uno solo contra el país sede.

Cada vez es más fuerte la tendencia de “outsourcing”. La industria de Baja California ha sido víctima de esto en los últimos años y el único mecanismo que existe para contrarrestar la pérdida de procesos es elevar el nivel operativo y entender la parte que denominamos “voz del proceso”.

Es difícil poder argumentar que el proceso actual, que pudiese estar desempeñándose por debajo de lo esperado, pudiera tener un mejor desempeño en el largo plazo al ser comparado con procesos nuevos donde los datos que se presenten muestran excelentes resultados.

Para poder tener un soporte adecuado y claro sobre el desempeño de los procesos internos se debe de tener en cuenta la historia y poder mostrar claramente la evolución de un proceso maduro.

Retomando el aspecto técnico del análisis, vimos que las diferencias que pueden presentarse al considerar diferentes estimaciones de desviación estándar. Por tanto debe de existir claridad sobre cuál debe de ser la válida a utilizar con el fin de poder mostrar el real desempeño del proceso interno y poder también cuestionar el desempeño de un proceso que se pretende subcontratar.

De forma directa, es necesario saber si la información que se obtiene es de corto plazo o de largo plazo. Esto significa que se debe evaluar si los datos representan un subgrupo de las fuentes de variación potenciales o son una representación completa de los elementos variantes del proceso.

El uso de índices de capacidad para evaluar los procesos va más allá de la simple aplicación de fórmulas para obtener un número. Se tiene que considerar cómo es que la información representa el comportamiento del proceso en periodos cortos y en periodos largos también.

Cuando se presenta la decisión de hacer “outsourcing” en la comparativa de desempeño, es necesario obtener información que represente realmente la forma en el que el proceso opera. Desafortunadamente nuestra falta de entendimiento da pie a una interpretación inapropiada de la variación del proceso y no sabemos lo que los números quieren informar. Con lo anterior, se termina por hacer una simple comparación de valores en base a un estándar de calidad conocido.

En el ejemplo mostrado en este documento, la capacidad verdadera es la que muestra el total de la variación, en otras palabras, refleja todos los elementos que actúan en el proceso. Considerando esto, la estimación de la variación a usar es la que se denomina Variación Total. Esta es la variación que el cliente estará recibiendo en el producto que llega a su área productiva. Los otros estimados de variación son solo posibles resultados que solo si las condiciones del proceso fueran estáticas, serían adecuados, pero esto es prácticamente imposible.

A través de una gráfica de control es posible ver los cambios en el tiempo, digamos como ejemplo semana tras semana. Esto genera una situación donde se puede detectar cambios entre semana, los cuales al ser mayores que los cambios dentro de la semana. Cuando esto sucede, los cálculos de la desviación estándar serán diferentes, tal como el ejemplo mostrado.

Lo anterior nos lleva a concluir que para tener una comparación válida entre procesos, independientemente que sean candidatos a ser eliminados o subcontratados, se debe de contar con datos que muestren el comportamiento del proceso en el corto plazo así como en el largo plazo. El omitir este punto dará una interpretación limitada del desempeño del proceso bajo análisis.

A la par de tener la adecuada interpretación y entendimiento de la Voz del Proceso, es necesario dar un paso atrás y evaluar el esfuerzo de largo plazo que una industria está haciendo para que sus procesos cumplan continuamente con la Voz del Cliente.

En cuanto a la interpretación de los datos, existen mecanismos que faciliten la evaluación correcta. En lo que se refiere a la implementación de un programa que da soporte al esfuerzo estratégico de la industria, será necesario considerar varios aspectos y el nivel de compromiso del grupo líder de la empresa.

La generación del modelo de desarrollo de proveedores es algo que existe de manera general en muchas industrias globales y es posible adaptarlo al entorno de Baja California. El reto será en poder crear una consciencia donde la falta de estrategia y alineación a las metas y objetivos de las industrias generará un esfuerzo de corto plazo, limitado al resultado inmediato.

Esto es posible que sea útil en un tiempo de dificultades económicas, sin embargo el objetivo es que el enfoque de largo plazo sea el que prevalezca y por tanto el desarrollo de procesos internos sea una constante y parte de la cultura industrial.

BIBLIOGRAFIA.

- 1) Breve Historia de Baja California. Marco Antonio Samaniego Lopez, UABC. Departamento de Editorial Universitaria. Meixcali, Mexico, 2006.
- 2) Secretaria de Economia. Industria Manufacturera Maquiladora y de Servicios de Exportación (IMMEX). 2013.
- 3) Toward a Theory of Continuous improvement and the learning curve, Zanwill / Kantor - Management Science. Vol. 44. No. 7. Julio 1998.
- 4) Lynn Mckee - Presentacion en el 'Calgary Software Discussion Group' Sep 2009, Alberta, Canada.
- 5) Nancy R. Tague's The Quality Toolbox, Second Edition, ASQ Quality Press, 2004
- 6) Bizmanualz. How Are PDCA Cycles Used Inside ISO 9001?. 2013.
- 7) W. Edwards Deming (1982) Out Of The Crisis. The MIT Press. (2e ed. 1986)
- 8) MindTools. Deming's 14-Point Philosophy. A Recipe for Total Quality.2012.
- 9) ASQ. Deming's 14 Points on Total Quality Management. 2012.
- 10) Roberta S. Russell, Bernard W. Taylor. Operations Management: Creating Value Along the Supply Chain, 7th Edition. 2010.
- 11) Economic Control of Quality of Manufactured Product, Walter Shewhart, American Society for Quality Control (December 1980).
- 12) Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control, Walter Shewhart, Dover Publications (June 1986).
- 13) Toyota Production System, Taiichi Ohno, Productivity Press; 1st Edition (March 1, 1988).
- 14) Statistical Quality Control Handbook by Western Electric, Western Electric Co., Mack Printing Company; 2 Edition (1958).
- 15) Statistical Quality Control, E. Grant & R. Leavenworth, McGraw-Hill Science/Engineering/Math; 7 Edition (January 1, 1996).
- 16) SPC, AIAG, AIAG Press 2nd Edition.
- 17) MSA, AIAG, AIAG Press 2nd Edition.
- 18) Donald J. Wheeler, Understanding Variation: The Key to Managing Chaos. SPC Press, 2000.

-
- 19) David S. Chambers, Donald J. Wheeler. Understanding Statistical Process Control. SPC Press, 1992.
- 20) George, Maxey, Rowlands, Price. The Lean Six Sigma Pocket Toolbook: A Quick Reference Guide to 100 Tools for Improving Quality and Speed. McGraw-Hill. 2004.
- 21) Mikel Harry. The Vision of Six Sigma, Sigma Publishing Company (1994).