



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
CARRERA DE INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

**ELABORACIÓN DE UN MANUAL TÉCNICO
SEIS SIGMA, NIVEL; “GREEN BELT”**

**TESIS:
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA: INDUSTRIAL.**

**PRESENTA:
LUIS ALBERTO ALONSO AXOTLA**

**ASESOR:
M en I. JUAN CARLOS AXOTLA GARCÍA**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

**DRA. SUEMI RODRÍGUEZ ROMO
DIRECTORA DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE**

**ATN: L.A. ARACELI HERRERA HERNÁNDEZ
Jefa del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán**

Con base en el Art. 28 del Reglamento de Exámenes Profesionales nos permitimos comunicar a usted que revisamos **LA TESIS:**

“Elaboración de un Manual Técnico de Seis Sigma, Nivel; “Green Belt”

Que presenta el pasante: **Luis Alberto Alonso Axotla**
Con número de cuenta: **09723647-0** para obtener el Título de: **Ingeniero Mecánico Electricista**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE
“POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU”
Cuautitlán Izcallí, Méx. a 31 de Julio de 2012.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Dr. Armando Aguilar Márquez	
VOCAL	Ing. Casildo Rodríguez Arciniega	
SECRETARIO	M.I. Juan Carlos Axotla García	
1er SUPLENTE	M.I. Miguel de Nazareth Pineda Becerril	
2do SUPLENTE	M.I. Marco Alberto Torres Olvera	

AGRADECIMIENTOS.

A DIOS.

A mis PADRES por darme la vida, por apoyarme en los momentos difíciles de mi vida por su ayuda y comprensión durante este largo tiempo de estudios. Gracias por no dejar que cayera y seguir levantándome, por la gran confianza que en mi depositaron.

A mis hermanos: Sonia, Lilia, Luis. A Soni por darme muchos consejos que me han servido de mucho. Lila por dejar que no me venciera y José por su apoyo incondicional

A mis TIOS: Sergio, Toño, Hugo, Gerardo por su apoyo y comprensión durante este tiempo de estudios. Por darme un oficio.

A mi compadre Manuel y mi cuñado Héctor gracias por estar conmigo.

Al motor de mi vida SHARI, por ella es este gran triunfo.

A lupita por demostrarme que si existe el amor verdadero y por su comprensión y apoyo.

A mis primos el flaco, Fabián, rosario por demostrarme que la hermandad si existe.

A mis amigos rafa, Gerardo, Cristian, tony, Ricardo, que siempre me insistían en que terminara esta tesis gracias

A mi primo y **Asesor M.I. Juan Carlos García Axotla** por su apoyo y conocimientos, sin los cuales no seria posible realizar este sueño. Y gracias por no darte por vencido conmigo.

Y sobre todo a la **UNAM** por ser mi máxima casa de estudios y así poder vivir esta maravillosa experiencia.

¡POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU!

**ELABORACION DE UN MANUAL TECNICO DE SEIS SIGMA
NIVEL: "GREEN BELT"**

INDICE

INTRODUCCIÓN.....I

Capitulo 1.- Antecedentes de Seis Sigma.....2

 1.1.- Principios de Seis Sigma.....3

 1.2.- Fundamentos de Seis Sigma.....6

Capitulo 2.- Caracterización de problemas.....22

 2.1.-Definir proyecto.....23

 2.2.-Definir alcance de la investigación.....25

 2.3.-Definir medible(s).....26

Capitulo 3.- Convertir el problema práctico a un problema estadístico.....27

 3.1.-Evaluar desempeño inicial.....28

 3.2.-Validar confiabilidad de la medición.....30

 3.3.-Establecer objetivos de desempeño.....32

 3.4- Identificar probables fuentes de variación.....35

 3.5.-Simplificar y ordenar el proceso.....43

 3.6.-Plantear hipótesis de la investigación.....54

Capitulo 4.- Encontrar la solución estadística.....56

 4.1-Identificar factores vitales/causa raíz.....57

 4.2-Characterizar región optima de operación.....64

 4.3-Determinar condiciones optimas de operación.....65

Capitulo -5.- Convertir la solución estadística a una solución practica.....	66
5.1.-Establecer plan y programas de mejora.....	67
5.2.-Ejecutar acciones de mejora.....	75
5.3.-Implementar controles de proceso.....	110
5.4.-Trasladar las mejoras.....	111
5.5.-Evaluar beneficios del proyecto.....	112
5.6.-Documentar proyecto.....	112
Conclusiones.....	114
Bibliografía.....	117
Símbolos, acrónimos y abreviaturas.....	118

INTRODUCCION.

Seis sigma es una filosofía de calidad basada en la asignación de metas alcanzables a corto plazo enfocados a objetivos a largo plazo. Utiliza las metas y los objetivos del cliente para manejar la mejora continua a todos los niveles en cualquier empresa. El objetivo a largo plazo es el de diseñar e implementar procesos mas robustos en los que los defectos se miden a niveles de solamente unos pocos por millón de oportunidades.

Seis Sigma proporciona medidas que se aplican tanto a las actividades tanto de producción como de servicios: los defectos por millón de oportunidades (DPMO). Históricamente discutimos que la capacidad de un proceso de negocios en términos estadísticos es como obtener tres Sigma. Esto se refiere a un proceso en que el promedio (media) es fijo y cuya medida de la variabilidad (Sigma) seria de 66.807 DPMO. Un proceso de cuatro Sigma que es donde muchas compañías están actualmente, tendría 6.210 DPMO, un procesos de Seis Sigma tendría 3.4 DPMO.

Algunos recordaran los programas llamados “cero defectos” en los años 60 ¿Qué hace a Seis Sigma diferente? Por un lado Seis Sigma se enfoca a definir la satisfacción del cliente, midiendo y usando los equipos para reducir de manera continua los DPMO en cada medición. El número (3.4 DPMO) es demasiado pequeño y puede percibirse como la “perfección virtual”. De hecho no es cero, lo que permite a la gente comprar Seis Sigma inteligentemente. Ellos probablemente estarán dispuestos a esforzarse a alcanzar esas tres partes por millón por que es un objetivo finito.

Un esfuerzo mayor en las organizaciones con Seis Sigma ha sido la creación de expertos altamente entrenados que han sido asignados, a tiempo completos (por un determinado periodo de tiempo), a organizar equipos de trabajo en proyectos de mejora. También actúan como agentes de cambio, la mayoría de ellos domina las herramientas de Seis Sigma y los ha aplicado a varios proyectos con éxito.

Algunas empresas utilizan la metodología Seis Sigma como metodología obligatoria en sus plantas. Se citan tres razones importantes:

- I. Seis Sigma se hace imperativo cuando hay que evaluar y mejorar la capacidad de los procesos.
- II. Seis Sigma es un medio para reducir la complejidad de diseños de productos y procesos al tiempo que se aumenta su fiabilidad.
- III. Seis Sigma es una puesta en escena para combatir lo que muchas veces se achaca a la “mala suerte”; esta puesta en escena es valida no solo en el taller si no en cualquier lugar de organización.

Dos aspectos sobre los que gira la metodología Seis Sigma.

1. El fabricante de calidad es a la vez el fabricante que es capaz de producir a bajo costo. Es menos costoso fabricar bien a la primera que gastar dinero en ajustes y correcciones.
2. La calidad se puede cuantificar, y es mas, la calidad tiene que cuantificarse. El diagnostico y el seguimiento de la calidad es un compromiso de calidad a largo plazo. A corto plazo, Seis Sigma se sustenta en medidas más que en experiencias, juicios y creencias pasadas. Si no se puede medir, no sabes donde estas; si no sabes donde estas, te encuentras a merced del azar.

Seis Sigma tiene dos dinamizadores. El primero es la reducción de costos ocasionados por deficiente calidad. Seis Sigma se orienta a resultados concretos, beneficios en la cuenta de resultados, que son beneficios a largo plazo; pero con la metodología Seis Sigma se enfatizan resultados a corto plazo mientras trabajamos para obtener resultados a largo plazo.

Se trata de reducir los costos mejorando la calidad; específicamente luchamos contra las equivocaciones, los fallos, no solo los que se detectan en el banco de prueba, si no incluyendo por ejemplo, el de aceptar márgenes demasiados amplios con el consiguiente aumento de costos, defectos que provoca repetición de trabajo, defectos administrativos, trabajos innecesarios, etc. Todos los defectos son por supuesto, trabajos sin valor añadido.

El segundo Dinamizador es la ruptura de la complacencia. Seis Sigma impulsa hacia una sensación de urgencia y necesidad de situarse en los niveles de estándar mundial. Seis Sigma es un instrumento esencial para crear tal concienciación, con el propósito último de mejorar la rentabilidad y la competitividad.

Seis Sigma tiene como principal fundamento el establecer un compromiso con los clientes para ofrecer productos de la más alta calidad a un menor costo. Seis sigma es un metodología rigurosa que utiliza herramientas y métodos estadísticos para Definir los problemas: tomar datos, es decir, Medir; Analizar la información; emprender mejoras; Controlar procesos; rediseñar procesos o productos existentes o hacer nuevos diseños, con la finalidad de alcanzar etapas optimas, retornando nuevamente a alguna de las otras fases, generando un ciclo de mejora continua.

Capitulo 1: Antecedentes de Seis Sigma.

1.1.- PRINCIPIOS DE SEIS SIGMA

Bajo el liderazgo de Bob Galvin y Art Sundry se creó un plan de cuatro puntos que presentaron en 1980 con el ánimo de asegurar el liderazgo global de Motorola:

1. Competitividad global. Asegurar la superioridad de mercado y producto comparando las empresas contra sus competidores globales.
2. Administración participativa. Establecer en la filosofía tradicional de la administración de calidad total (ACT).
3. Mejora de calidad. Establecer métodos de mejora de calidad de veces (10X) en un plazo de 5 años y colocar las metas de mejora de calidad en los paquetes de incentivos de todos los ejecutivos; esta iniciativa sembró la semilla de Seis Sigma.
4. Centro de entrenamiento y educación de Motorola.

La meta de mejora de calidad de 10X realizó un cambio significativo en cada unidad de negocios, sin embargo, en esa época los esfuerzos de mejora de calidad estaban enfocados exclusivamente en la función de manufactura, porque la sabiduría tradicional dictaba que la manufactura era el origen de la mayoría de los problemas y tenía la posibilidad de mejorarse.

Con esta premisa, la compañía estableció el Instituto Motorola de Manufactura (IMM) en 1984. Este programa de dos semanas para gerentes experimentados de manufactura, enfocado en desarrollar y compartir metas de mejora de calidad. Al retroalimentarse, los primeros grupos de gerentes que completaron el programa, comentaban que la meta de calidad 10X nunca podría lograrse si se enfocaba solamente en la función de manufactura. Estaban convencidos de que necesitaban involucrarse todas las funciones y particularmente la ingeniería de diseño.

La mejora de calidad junto con las reducciones de costo y tiempos de ciclo se lograría involucrando a todos los que impactaba o eran impactados por el desarrollo de nuevos productos y servicios de Motorola. Esta parte de la historia de Seis Sigma representó que Motorola se diera cuenta a tiempo, que todas las partes del negocio impactaban en el logro de resultados estratégicos y todos los esfuerzos debían alinearse hacia la mejora de resultados para lograr metas de mejora de calidad y satisfacción del cliente.

A finales de 1985 el ingeniero de calidad Bill Smith programó una junta con Bob Galvin quien después de escuchar el punto de vista de Smith, instruyó a Jack Germain corporativo de calidad para trabajar con bases en las ideas de Smith. Como resultado se creó un programa de tres días titulado “Diseño para Facilitar la Manufacturabilidad” (DFM). Que prosiguió con los **“Seis Pasos para el Seis Sigma”**.

Otro ingeniero de Motorola Craig Fullerton desarrolló y enseñó la “Metodología para Diseños Seis Sigma” [MDSS hoy llamada Diseño para Seis Sigma (DSS)]. La metodología para el diseño Seis Sigma se enfocó en diseñar productos ganadores. El éxito de Seis Sigma llevo a los gerentes de Motorola a fijarse metas más ambiciosas, de calidad 10X a 100X.

Para 1990, Motorola presionaba para aplicar Seis Sigma en todo lo que hacia, sin embargo parecía estar estancada en 5,4 sigma, Bill Wiggenhorn, presidente de la universidad de Motorola propuso establecer un Instituto de Investigación seis Sigma (IISS) para reunir a los ingenieros y estadígrafos líderes, con objeto de encontrar nuevas maneras de acelerar el logro Seis Sigma y mas allá. Este instituto se convirtió en la alianza de IBM, Texas, Instruments, Kodak y otros. El resultado fue la adopción de nuevas y poderosas herramientas de programas de computo (software) necesarias para analizar grandes cantidades de datos generados por los proyectos Seis Sigma. La base de este trabajo fue encontrar la raíz de los problemas y reducir las fuentes de variaciones. Otro concepto clave fue el de “cinta negra”.

Las cintas negras fueron creadas originalmente como expertos en mejoras que dirigían a los equipos para asegurar alta probabilidad de éxito. En esta etapa de la evolución de Seis sigma, Motorola logro exitosamente tres de los cuatro principales componentes del modelo de mejora de negocios que alimenta al que se utiliza actualmente: los conceptos de alineación con las metas del negocio, Movilizar equipos y Acelerar la velocidad de los resultados. Este proceso de “aprendizaje-acción-retroalimentación” aceleraba el cambio a una velocidad sin precedentes, incorporándose a las unidades de negocios mediante el desarrollo de equipos de satisfacción Total del cliente (STC). Estos equipos reunirían a la gente y los recursos necesarios para mejorar la calidad del trabajo en manufactura, ingeniería, recursos humanos, finanzas y todas las demás funciones. Los equipos de STC compartían sus resultados globalmente de manera que el nuevo aprendizaje logrado en algún lugar pudiera ser duplicado en cualquier parte del mundo.

Motorola había aprendido que mantener y aun ir mas allá de Seis Sigma requería un fuerte liderazgo comprometido con el desarrollo e implementación de procesos: alinear, movilizar, acelerar y gobernar. Estos conceptos facilitan crear nuevas culturas o cambiar las existentes dentro y a través de todas las funciones del negocio. La mejora continua requiere cambio continuo, el cual a su vez requiere aprendizaje continuo.

La metodología Seis Sigma estudia un problema real apoyándose en métodos estadísticos, se realizan análisis estadísticos para identificar las fuentes de variabilidad, se identifican estadísticamente las variables que tienen más influencia en la variabilidad de los procesos y los niveles en que el desempeño es óptimo, al final se monitorean las variables críticas y se mantiene el proceso en control estadístico. Conjuntando la experiencia y metodología de implantación de Seis Sigma publicada por varias empresas, se puede resumir en general en las siguientes siete fases básicas: **Definición del proyecto de mejora, Medición, Análisis, Mejoramiento, Control, Estandarización y Reconocimiento**. A continuación se detallan:

Medición: Esta fase se refiere a la recolección de toda la información relevante sobre el proyecto de mejora, para lo cual es muy importante asegurarse de la confiabilidad de los dispositivos de medición, que pueden ser instrumentos de medición o cuestionarios de evaluación para servicios. Se recolecta información de los indicadores clave del negocio. Las herramientas más comunes son el análisis de errores en los sistemas de medición (repetitividad y reproducibilidad), mapeo del proceso, análisis de defectos por unidad (DPU), Comparación competitiva (*Benchmarking*), despliegue de la función de calidad (*QFD*) o matriz de causa efecto, cartas multivariadas, Análisis del modo y efecto de la falla (AMEF) y capacidad del proceso, pruebas de vida y funcionamiento. Como salidas de esta fase se tienen: planteamiento claro del problema (qué, dónde, cuándo, cuánto y costos); validación del sistema de medición; diagrama de flujo del proceso, capacidad del proceso e índice de defectos por millón de oportunidades (DPMO's). Se estudia el problema real con apoyo de métodos estadísticos.

Análisis: Esta fase consiste en el análisis de la información de la fase de medición, identificando las fuentes de variabilidad a través de pruebas estadísticas de hipótesis (t de Student, ANOVA, Chi – Cuadrada, F de Fisher, y pruebas no paramétricas); análisis estadísticos diversos como la distribución de Weibull para determinar la confiabilidad, análisis de tolerancias lineales, análisis de correlación y regresión, simulación de Monte Carlo, AMEF y análisis de capacidad de procesos. Como salidas de esta fase se tienen el análisis de la influencia de variables, capacidad del proceso, identificación de fuentes de variabilidad, preparación de la fase de mejora.

Mejora: Esta fase se refiere a la búsqueda de variables que tienen mayor influencia en la variabilidad y la determinación de los niveles en que deben operar para tener el mejor desempeño del proceso; posteriormente, se afinan sus niveles para optimizar el desempeño del proceso. Para identificar las variables de influencia y sus niveles se utilizan diversos métodos de diseño de experimentos, tales como el método clásico de Box Jenkins, la ingeniería de calidad de Genichi Taguchi y los métodos de ingeniería estadística de Dorian Shainin; para optimización de los procesos se utilizan los métodos de análisis evolutivo del proceso (EVOP), superficies de respuesta, búsqueda de variables, etcétera. Como salidas de esta fase se tienen la identificación de las variables que causan la variabilidad y la magnitud de su contribución, se establecen los niveles en que deben operar para minimizar la variabilidad, se determina la validez e incertidumbre del sistema de medición, se fijan parámetros de control para variables críticas. El apoyo de los métodos estadísticos permite identificar las soluciones de mejora.

Control: Consiste esta fase en el control de las variables críticas que causan la variabilidad de los procesos, para lo cual existen diversas herramientas tales como el plan de control, los instructivos de operación, las cartas de pre-control, el control estadístico de los procesos de Shewhart (Cartas de control $X - R$), los dispositivos “A prueba de error” (*Poka Yokes*) y el control de documentos. Como salida principal de esta fase se tiene la evaluación de los resultados después de un cierto periodo de operación del proceso mejorado, tanto económica como en otros aspectos tales como seguridad, calidad de vida en el trabajo, etc. Se realiza un control estadístico del problema.

Estandarización: Es la fase dedicada a la documentación de la solución encontrada, cambiando los procedimientos e instructivos necesarios de acuerdo con las normas adoptadas ISO 9000 o QS 9000 y expandiendo la solución a otras áreas con problemas similares en la empresa.

Reconocimiento: Esta última fase se refiere a los incentivos y apoyos que se deben dar al equipo de trabajo en función de los resultados logrados, que pueden incluir viajes, bonos, un porcentaje de las reducciones de costo o mejoras en la productividad logradas, etcétera.

Definición del proyecto de mejora: Como temas de proyectos de mejora pueden incluirse los siguientes indicadores clave del negocio: bajo desempeño en características del producto apreciadas por el cliente (críticas para la calidad); áreas de operación con costos altos; aspectos deficientes de servicio al cliente como tiempo de respuesta lento; aspectos ambientales y de contaminación. Esta fase incluye el análisis de impacto económico, análisis de uso de recursos y de impacto con el cliente de una serie de oportunidades de mejora. Para esta fase las herramientas más utilizadas son la matriz de selección, el diagrama de Pareto y el análisis de factibilidad de proyectos. Como salidas de esta fase se tienen el proyecto seleccionado, un análisis de factibilidad económica del proyecto autorizado, el equipo de trabajo formado con su líder de proyecto y el programa de trabajo en gráfica de Gantt o similar.

1.2.- FUNDAMENTOS DE SEIS SIGMA.

La nueva piedra filosofal de la calidad permite satisfacer siempre mejor al cliente y siempre más barato. Se demuestra que la calidad no cuesta más caro; al contrario, rinde porque permite vender. Lo que cuesta caro es la no-calidad, es decir, el fracaso, los costos inútiles, los retrasos; todo esto es producto de una mala organización que se le factura como multa al cliente y que le sorprende, le disgusta y finalmente le desvía hacia otros proveedores, porque tienen de ahora en adelante el dilema de elegir.

En este proceso destinado a lograr el cero defecto (Seis Sigma implica 3,4 defectos por millón de oportunidades) se enfocan en siete cambios.

1. Este cambio implica que se interesa más en su mercado, en sus clientes que en sus máquinas, en sus fines que en sus medios, y que sus dirigentes sustituyen la lógica del ingeniero o del contable, centrada en una confianza desmedida en la capacidad de su técnica, por la lógica del empresario comercial, que reconoce la inutilidad de un producto soberbio que no se ha podido vender.
 2. Es el establecimiento de las relaciones clientes-proveedores en el interior mismo; cada departamento, cada servicio, cada función, cada trabajador debe esforzarse en especificar mejor lo que desea de su fuente y en responder mejor a las demandas de su consumidor.
-

La organización atomizada cede su lugar a una organización por flujos. Se caen los muros que defendían los territorios funcionales para dar lugar a un desarrollo de procesos integrales en los cuales todos toman parte de forma armónica.

3. Consiste en dejar de “producir más” para pasar a “producir mejor de entrada”. Los ritmos infernales no fabrican más que productos de calidad mediocre y asalariados amargados, cansados y cada vez menos competentes. La calidad total persigue el autocontrol y las acciones colectivas, produciendo bien a la primera, arreglando el defecto en el momento de producirse.
4. Sustituir el modelo mecanicista de una organización que asigna a cada individuo un puesto instrumental de ejecutante, por un modelo biológico donde los equipos responsables asumen misiones, uniéndose colectivamente su talento para hacerlo. Se sustituye la empresa piramidal por la empresa multicelular.
5. Pasar de una organización aislada e intransigente frente a sus proveedores y subcontratistas, en una implicada en profundas relaciones de confianza.
6. La sustitución del control por la prevención. Un incremento en los costos de prevención traen como resultado una disminución en el costo total de calidad al reducirse significativamente los costos por fallos internos y externos, y disminuir las necesidades de evaluación.
7. El último cambio implica la eliminación de todos los desperdicios y despilfarros, no sólo los relativos al proceso productivo, sino también los atinentes a las actividades administrativo – burocráticas.

Lograr estos cambios permite llegar a Seis Sigma: cero defectos, cero stocks, cero averías, cero plazos, cero papeles y cero accidentes.

Seis Sigma implica tanto un sistema estadístico como una filosofía de gestión.

Seis Sigma es una forma más inteligente de dirigir un negocio o un departamento. Seis Sigma pone primero al cliente, usa datos para impulsar mejores resultados. Los esfuerzos de Seis Sigma se dirigen a tres áreas principales:

- Mejorar la satisfacción del cliente
- Reducir el tiempo del ciclo
- Reducir los defectos

Las mejoras en estas áreas representan importantes ahorros de costos, oportunidades para retener a los clientes, capturar nuevos mercados y construirse una reputación de empresa de excelencia.

Podemos definir Seis Sigma como:

- 1.- Una medida estadística del nivel de desempeño de un proceso o producto.
- 2.- Un objetivo de lograr casi la perfección mediante la mejora del desempeño.
- 3.- Un sistema de dirección para lograr un liderazgo duradero en el negocio y un desempeño de primer nivel en un ámbito global.

La letra griega minúscula sigma se usa como símbolo de la desviación estándar, siendo ésta una forma estadística de describir cuánta variación existe en un conjunto de datos.

La medida en sigma se desarrolló para ayudarnos a:

- 1.- Enfocar las medidas en los clientes que pagan por los bienes y servicios. Muchas medidas sólo se concentran en los costos, horas laborales y volúmenes de ventas, siendo éstas medidas que no están relacionadas directamente con las necesidades de los clientes.
- 2.- Proveer un modo consistente de medir y comparar procesos distintos.

El primer paso para calcular el nivel sigma o comprender su significado es entender qué esperan sus clientes. En la terminología de Seis Sigma, los requerimientos y expectativas de los clientes se llaman CTQs (Críticos para la Calidad).




Se usa la medida en sigma para observar que tan bien o mal operan los procesos y darles a todos una manera común de expresar dicha medida.

Niveles de desempeño en sigma.

Nivel en sigma	Defectos por millón de oportunidades
6	3,40
5	233,00
4	6.210,00
3	66.807,00
2	308.537,00
1	690.000,00

Cuando una empresa viola requerimientos importantes del cliente, genera defectos, quejas y costos. Cuanto mayor sea el número de defectos que ocurran, mayor será el costo de corregirlos, como así también el riesgo de perder al cliente.

Costos de calidad.

	Nivel Sigma	Defectos por Millón de Oportunidades	Costos de Calidad
	2	308,537 (Compañías no competitivas).	No aplicable.
	3	66,807 (Industria Mexicana)	25 a 40% de las ventas
	4	6,210 (Ind. Europa y Norteamérica)	15 a 25% de las ventas
	5	233 (Industria Japonesa)	5 a 15% de las ventas
	6	3.4 (compañía de Clase Mundial).	< 1% de las ventas

La meta de Seis Sigma es ayudar a la gente y a los procesos a que aspiren a lograr entregar productos y servicios libres de defectos. Si bien Seis Sigma reconoce que hay lugar para los defectos pues estos son atinentes a los procesos mismos, un nivel de funcionamiento correcto del 99,9997 por 100 implica un objetivo donde los defectos en muchos procesos y productos son prácticamente inexistentes.

La meta de Seis Sigma es especialmente ambiciosa cuando se tiene en cuenta que antes de empezar con una iniciativa de Seis Sigma, muchos procesos operan en niveles de 1, 2 y 3 sigma, especialmente en áreas de servicio y administrativas.

Debemos tener en cuenta que un cliente insatisfecho lo contará su desafortunada experiencia a entre nueve y diez personas, o incluso más si el problema es serio. Y por otro lado el mismo cliente sólo se lo dirá a tres personas si el producto o servicio lo ha satisfecho. Ello implica que un alto nivel de fallos y errores son una fácil ruta a la pérdida de clientes actuales y potenciales.

Como sistema de dirección, Seis Sigma no es propiedad de la alta dirección más allá del papel crítico que esta desempeña, ni impulsado por los mandos intermedios (a pesar de su participación clave). Las ideas, soluciones, descubrimientos en procesos y mejoras que surgen de Seis Sigma están poniendo más responsabilidad a través del empowerment y la participación, en las manos de la gente que está en las líneas de producción y/o que trabajan directamente con los clientes.

Los principios de Seis Sigma.

1.- Enfoque genuino en el cliente; El enfoque principal es dar prioridad al cliente. Las mejoras Seis Sigma se evalúan por el incremento en los niveles de satisfacción y creación de valor para el cliente.

2.- Dirección basada en datos y hechos: El proceso Seis Sigma se inicia estableciendo cuales son las medidas claves a medir, pasando luego a la recolección de los datos para su posterior análisis. De tal forma los problemas pueden ser definidos, analizados y resueltos de una forma más efectiva y permanente, atacando las causas raíces o fundamentales que los originan, y no sus síntomas.

3.- Los procesos están donde está la acción: Seis Sigma se concentra en el proceso, así pues dominando éstos se lograrán importantes ventajas competitivas para la empresa.

4.- Dirección proactiva: Ello significa adoptar hábitos como definir metas ambiciosas y revisarlas frecuentemente, fijar prioridades claras, enfocarse en la prevención de problemas y cuestionarse por qué se hacen las cosas de la manera en que se hacen.

5.- Colaboración sin barreras: Debe ponerse especial atención en derribar las barreras que impiden el trabajo en equipo entre los miembros de la organización. Logrando de tal forma mejor comunicación y un mejor flujo en las labores.

6.- Busque la perfección: Las compañías que aplican Seis Sigma tienen como meta lograr una calidad cada día más perfecta, estando dispuestas a aceptar y manejar reveses ocasionales.

Como se determina el nivel de Sigma

En primer lugar debemos definir y aclarar términos y conceptos:

Sigma (σ) es un parámetro estadístico de dispersión que expresa la variabilidad de un conjunto de valores respecto a su valor medio, de modo que cuanto menor sea sigma, menor será el número de defectos. Sigma cuantifica la dispersión de esos valores respecto al valor medio y, por tanto, fijados unos límites de especificación por el cliente, superior e inferior, respecto al valor central objetivo, cuanto menor sea sigma, menor será el número de valores fuera de especificaciones y, por tanto, el número de defectos.

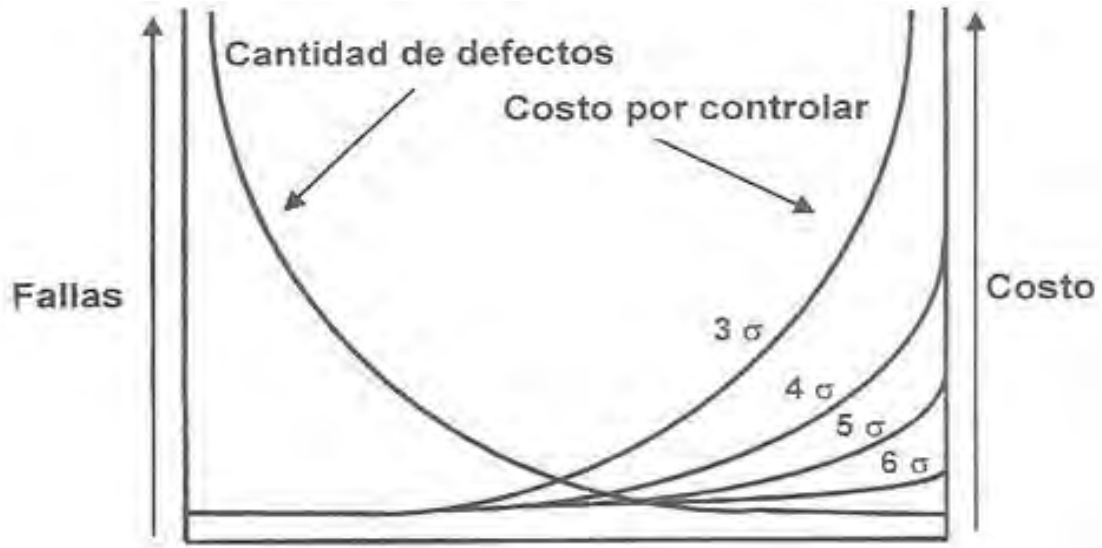
De tal forma en la escala de calidad de Seis Sigma se mide el número de sigmas que caben dentro del intervalo definido por los límites de especificación, de modo que cuanto mayor sea el número de sigmas que caben dentro de los límites de especificación, menor será el valor de sigma y por tanto, menor el número de defectos.

La diferencia entre la Tolerancia Superior (TS) y la Tolerancia Inferior (TI) dividido por el desvío estándar nos da la cantidad (o nivel) de sigmas.

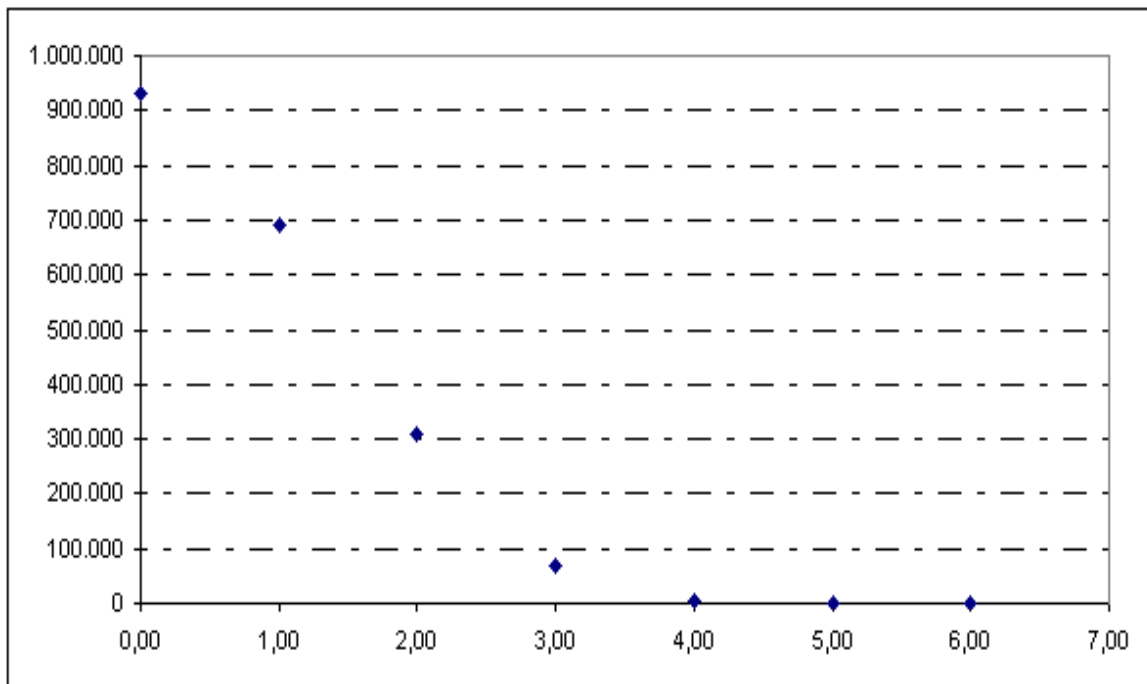
La Capacidad del Proceso para un nivel Seis Sigma es igual a 2, resultante dividir la diferencia entre las Tolerancias Superior e Inferior por Seis Sigma.

Siempre que la medición esté dentro del intervalo TS-TI diremos que el producto o servicio es conforme o de calidad. En este caso se siguen las ideas de Crosby, quien considera la calidad como sinónimo de cumplimiento de las especificaciones.

Así pues cuando más cercanos estén los valores de las mediciones al Valor Central Optimo, más pequeño será es valor de sigma, y de tal forma mayor números de sigmas entrarán dentro de los límites de tolerancia.



DPMO



Nivel de Sigma

Calcular el nivel de sigmas para la mayoría de los procesos es bastante fácil. Dado un determinado producto o servicio, se determina los factores críticos de calidad (FCC), luego se multiplica estos por la cantidad de artículos producidos obteniéndose el total de defectos factibles (oportunidades de fallos). Si dividimos los fallos detectados (con los distintos sistemas de medición en función del tipo de bien o servicio) por el total de defectos factibles (TDF) y luego lo multiplicamos por un millón obtenemos los defectos por millón de oportunidades (DPMO). Luego revisando la tabla de sigma se tienen los niveles de sigma.

Los factores críticos de calidad pueden ser determinados tanto por los clientes internos como externos, y serán aplicados a las distintas etapas de los diversos procesos. En cuanto a la metodología de medición, ésta se efectuará por muestreo internos (mediciones) o mediante requisitoria (cuestionario) para la totalidad o parte de los consumidores.

Así si para un producto se han determinado 12 factores críticos de calidad (FCC) y se han producido un total de 250.000 artículos, tomando una muestra de 1.500, el total de defectos factibles es de (1.500×12) 18.000. Si el total de errores o fallos detectados asciende a 278, ellos implican que tenemos 15.444,44 DPMO (resultante de dividir 278 por los 18.000 y multiplicarlos por 1.000.000). Para este nivel de DPMO la cantidad de Sigmas es de 3,67 (lo cual implica un rendimiento entre el 99,80 y el 99,87 por ciento) (apéndice II).

Metodología de Resolución de Problemas.

Se ha desarrollado como sistema para la resolución de problemas el método DMAIC (**Definir-Medir-Analizar-Mejorar-Contrólar**).

Este método es llevado a la práctica por grupos especialmente formados a los efectos de dar solución a los diversos problemas.

Las claves del DMAIC se encuentran en:

1. Medir el problema. Siempre es menester tener una clara noción de los defectos que se están produciendo en cantidades y expresados también en valores monetarios.
 2. Enfocarse en el cliente. Las necesidades y requerimientos del cliente son fundamentales, y ello debe tenerse siempre debidamente en consideración.
 3. Verificar la causa raíz. Es menester llegar hasta la razón fundamental o raíz, evitando quedarse sólo en los síntomas.
 4. Romper con los malos hábitos. Un cambio de verdad requiere soluciones creativas.
-

5. Gestionar los riesgos. El probar y perfeccionar las soluciones es una parte esencial de la disciplina Seis Sigma.
6. Medir los resultados. El seguimiento de cualquier solución es verificar su impacto real.
7. Sostener el cambio. La clave final es lograr que el cambio perdure.

Definir el problema.

¿Debe definirse claramente en que problema se ha de trabajar?, porqué se trabaja en ese problema en particular?, quién es el cliente?, cuáles son los requerimientos del cliente?, cómo se lleva a cabo el trabajo en la actualidad?, cuáles son los beneficios de realizar una mejora?

Siempre debe tenerse en cuenta que definir correctamente un problema implica tener un 50% de su solución. Un problema mal definido llevará a desarrollar soluciones para falsos problemas.

Medir.

El medir persigue dos objetivos fundamentales:

- 1.- Tomar datos para validar y cuantificar el problema o la oportunidad. Esta es una información crítica para refinar y completar el desarrollo del plan de mejora.
- 2.- Nos permiten y facilitan identificar las causas reales del problema.

El conocimiento de estadística se hace fundamental. **“La calidad no se mejora, a no ser que se la mida”**.

Analizar.

El análisis nos permite descubrir la causa raíz. Para ello se hará uso de las distintas herramientas de gestión de la calidad. Ellas son las siete herramientas estadísticas clásicas y las nuevas siete herramientas. Las herramientas de análisis deben emplearse para determinar dónde estamos, no para justificar los errores.

Al respecto cabe acotar que el Diagrama de Pareto es a los efectos de darle prioridad a los factores que mayor importancia tienen en la generación de fallos o errores, pero no debe significar dejar de atender las demás causas. Al respecto Crosby señala que “a los numerosos pero triviales ni siquiera les hacen caso; les dejan que envenenen el producto o servicio para el consumidor. Consideran que no vale la pena dedicar tiempo a solucionarlos. En cambio para un auténtico enfoque de cero defectos, todos los elementos son importantes”.

Mejorar.

En esta etapa asume una preponderancia fundamental la participación de todos los participantes del proceso, como así también la capacidad creativa, entre los cuales se encuentran el uso de nuevas herramientas como el Pensamiento Lateral y la Programación Neuro-Lingüística (PNL).

La fase de mejora implica tanto el diseño como la implementación. En esta fase de diseño es muy importante la actividad de benchmarking a los efectos de detectar en otras unidades de la misma empresa o en otras empresas (competidoras o no) formas más efectivas de llevar a cabo un proceso.

Controlar.

Es necesario confirmar los resultados de las mejoras realizadas. Debe por tanto definirse claramente unos indicadores que permitan visualizar la evolución del proyecto. Los indicadores son necesarios pues no podemos basar nuestras decisiones en la simple intuición. Los indicadores nos mostrarán los puntos problemáticos de nuestro negocio y nos ayudarán a caracterizar, comprender y confirmar nuestros procesos. Mediante el control de resultados lograremos saber si estamos cubriendo las necesidades y expectativas de nuestros clientes.

Es además primordial verificar mediante el control la estabilidad de los procesos. Distintos indicadores vinculados a Seis Sigma pueden y deben ser articulados en los Tableros de Comandos o Cuadros de Mando Integral a los efectos de permitir un monitoreo constante en la evolución de los mismos por parte de los diferentes funcionarios y responsables de los procesos productivos y de mejoras.

Entre los indicadores a monitorear tenemos:

- Indicadores relacionados con el costo, el mismo incluye costos correspondientes a las operaciones, las materias primas, de despilfarro y reciclaje, de comercialización, de desarrollo de productos.
 - Indicadores relacionados con el tiempo de: los ciclos (productivos, comerciales, de respuestas) y de cumplimiento de las etapas de los procesos de implementación de mejoras.
 - Indicadores relacionados a las prestaciones, tales como cuota de mercado, cotización de las acciones, imagen de la empresa, niveles de satisfacción de los clientes y consumidores, y participación de los empleados (cantidades de sugerencias por período de tiempo y niveles de ahorros o beneficios subsecuentes).
-

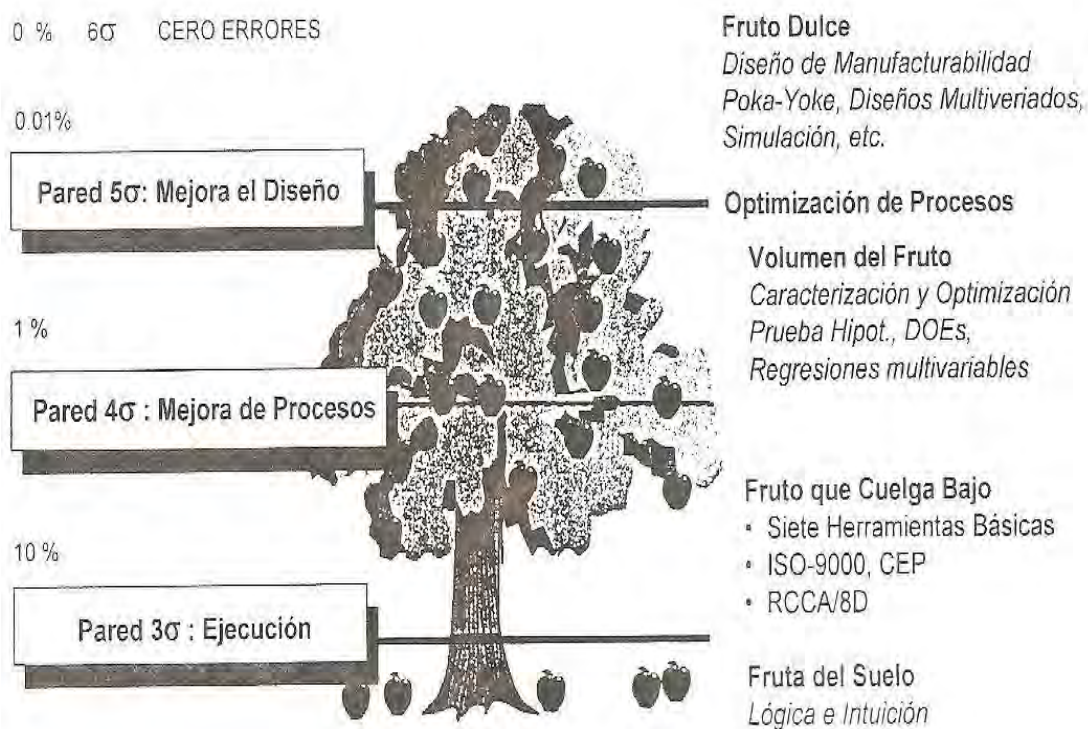
A manera de resumen podemos decir que en primer lugar se define el problema, valorándose o midiéndose posteriormente el punto en el cual se encuentra. Luego se estudia la causa raíz del problema, procediéndose a diseñar y poner en práctica las respectivas mejoras. Procediéndose en última instancia a controlar los resultados obtenidos para verificar la efectividad y eficiencia de los cambios realizados.

Herramientas de Mejora de Procesos Seis Sigma

El sistema Seis Sigma es mucho más que un trabajo en equipo, implica la utilización de refinados sistemas de análisis relativos al diseño, la producción y el aprovisionamiento.

En materia de Diseño se utilizan herramientas tales como: Diseño de Experimentos (DOE), Diseño Robusto y Análisis del Modo de Fallos y Efectos (AMFE).

En cuanto a Producción se utilizan las herramientas básicas del control de calidad entre los cuales se encuentran: los histogramas, el Diagrama de Pareto, el Diagrama de Ishikawa, AMFE, SPC (Control Estadístico de Procesos) y DOE.



Mejores herramientas ----> Mejores resultados
 Mejores herramientas ---> Mayor necesidad de entrenamiento y práctica.

Equipo de Mejora Seis Sigma.

El mismo atraviesa por seis fases, siendo éstas las siguientes:

1. Identificación y selección de proyectos. La dirección considera los diversos proyectos de mejora presentados, seleccionando los más prometedores en función de posibilidades de implementación y de los resultados obtenibles. El proyecto tiene que tener un beneficio tanto para el negocio, como para los clientes. El uso del Diagrama de Pareto es una herramienta beneficiosa para dicha selección.
2. Se procede a la formación de los equipos, entre los cuales se encuentra el Líder del grupo (Cinturón Negro), que poseen las cualidades necesarias para integrarse al proyecto en cuestión.
3. Desarrollo del documento marco del proyecto. El documento marco es clave como elemento en torno al cual se suman las voluntades del grupo, sirviendo de guía para evitar desvíos y contradicciones. El mismo debe ser claro, fijar claramente los límites en recursos y plazos, y por sobre todas las cosas el objetivo supremo a lograr.
4. Capacitación de los miembros del equipo. Los mismos son capacitados, de no contar ya con conocimientos y/o experiencia en Seis Sigma en estadísticas y probabilidades, herramientas de gestión, sistema de resolución de problemas y toma de decisiones, creatividad, pensamiento lateral, métodos de creatividad, PNL, planificación y análisis de procesos.
5. Ejecución del DMAIC e implementación de soluciones. Los equipos deben desarrollar los planes de proyectos, la capacitación a otros miembros del personal, los procedimientos para las soluciones y son responsables tanto de ponerlos en práctica como de asegurarse de que funcionan (midiendo y controlando los resultados) durante un tiempo significativo.
6. Traspaso de la solución. Luego de cumplido los objetivos para los cuales fueron creados los equipos se disuelven y sus miembros vuelven a sus trabajos regulares o pasan a integrar equipos correspondientes a otros proyectos.

Cinturones y Líderes

Como una forma de identificar a determinados miembros del personal que cumplen funciones específicas en el proceso de Seis Sigma, e inspirados en las artes marciales como filosofía de mejora continua y elevada disciplina, se han conferido diversos niveles de cinturones para aquellos miembros de la organización que lideran y ayudan a liderar los proyectos de mejoras.

Así con el **Cinturón Negro (Black Belt)** tenemos a aquellas personas que se dedican a tiempo completo a detectar oportunidades de cambios críticas y a conseguir que logren resultados. El Cinturón negro es responsable de liderar, inspirar, dirigir, delegar, entrenar y cuidar de los miembros de su equipo. Debe poseer firmes conocimientos tanto en materia de calidad, como en temas relativos a estadística, resolución de problemas y toma de decisiones.

El **Cinturón Verde (Green Belt)** está formado en la metodología Seis Sigma, sirviendo como miembro de equipo, sirviendo de apoyo a las tareas del Cinturón Negro. Sus funciones fundamentales consisten en aplicar los nuevos conceptos y herramientas de Seis Sigma a las actividades del día a día de la organización.

El **Primer Dan (Máster Black Belt o Maestro Cinturón Negro)** sirve de entrenador, mentor y consultor para los Cinturones Negros que trabajan en los diversos proyectos. Debe poseer mucha experiencia en el campo de acción tanto en Seis Sigma como en las operatorias fabriles, administrativas y de servicios.

Establecimiento de técnicas que eviten errores.

- En muchas organizaciones, cometer errores y luego corregirlos es parte de sus operaciones diarias. Los empleados anotan información de forma errónea, usan mal las herramientas, proporcionan información equivocada, ignoran pasos de un proceso, cometen errores en mediciones y así sucesivamente. Los errores son una señal de que los procesos no están bien entendidos y que la información necesaria no está disponible para los empleados. Pueden y deben introducirse cambios que ayuden a los empleados a comprender que los errores no tienen que ser parte de las operaciones, utilizando para ello diversas técnicas entre las cuales podemos describir:
 - Recordatorios. Los recordatorios incluyen listas de verificación, manuales, gráficas, formas especiales –cualquier cosa que ayude a los empleados a recordar lo que deben hacer-. Los pilotos de aviación siempre usan una lista de verificación escrita de los pasos a seguir antes de despegar y aterrizar, sin importar cuántas veces lo hayan hecho. El usar recordatorios asegura que no se ignorará ningún paso de una actividad o proceso importante.
 - Eliminar similitudes que confunden. Cuando se presentan similitudes entre dos artículos –por ejemplo, formas, colores, ubicaciones o números de partes- existe la posibilidad de que los empleados cometan errores. Para evitar este tipo de equivocaciones, supervisores y empleados deben revisar, primero, el tipo de errores que se presentan; luego podrán hacer cambios en formas, colores, ubicaciones o cualquier característica que esté causando confusión. De esta manera, pueden reducirse considerablemente la posibilidad de errores por similitud. Pensemos al respecto en los errores que suelen tener lugar en los hospitales con los tubos de oxígeno o de otro tipo de insumos médicos.
-

- Establecer restricciones. Otra técnica para reducir la posibilidad de errores es el desarrollo de restricciones. Las restricciones son obstáculos físicos que impiden que las personas realicen mal una tarea. Por ejemplo, una restricción puede impedir que alguien siga los pasos de un proceso en el orden equivocado. Considere el uso de restricciones para impedir que los empleados hagan mal las cosas. Si las herramientas utilizadas en un quirófano ocupan un lugar claramente identificado, una vez utilizada la misma dicha herramienta debe ocupar ese lugar, de quedar vacío el mismo es porque puede estar en el interior del paciente. Piense cuantas agujas y otros elementos se olvidan en el interior por no tomar en cuenta ésta práctica.
- Usar la capacidad de realización. La capacidad de realización es un entorno o circunstancia que facilita hacer un trabajo como es debido. La capacidad de realización es el opuesto a las restricciones.
- Cuestionario o Matriz de Análisis Preventivo. Para cada operación o proceso los empleados de línea y los supervisores y demás personal jerárquico deben cuestionarse que puede salir mal (haciendo por ejemplo uso de la Tormenta de Ideas) y luego analizar la forma de evitar de que ello ocurra. Así si un corte de energía eléctrica puede hacer perder archivos, como así también dañar los sistemas de cómputos una medida preventiva es utilizar baterías que permitan cerrar los programas y apagar los equipos con suficiente tiempo e inclusive si la capacidad lo permite continuar realizando labores mientras falta la energía corriente.
- Interruptores de paro. Para detener el equipo cuando una máquina detecta una condición de error.

Estos dispositivos mecánicos y de memoria, y muchos más, ayudan a los empleados a impedir que ocurran errores al ejecutar los procesos.

Diseño consistente

Un motivo por el cual los productos fallan es que los diseños son demasiados complejos y las partes quedan fuera de servicio al someterlos a circunstancias extremas o fuera de control. Para hacer frente a esto, los desarrolladores de productos tienen la meta de presentar diseños consistentes, que son planes que reducen la posibilidad de fallas en el producto y optimizan la confiabilidad del mismo. Los diseños consistentes privilegian la simplicidad sobre la complejidad, sin sacrificar la funcionalidad que buscan los clientes; reduciendo las oportunidades de que ocurran defectos en los procesos de producción e incrementan la posibilidad de que un producto opere como se supone que debe hacerlo en una gran variedad de usos y condiciones ambientales. El diseño consistente es un ejemplo del control preventivo que puede ayudar a eliminar muchos problemas más adelante en el proceso de producción.

Estrategia de implantación de Seis Sigma

Decisión del cambio

Es necesario y primordial convencer y demostrar acerca de la imperiosa necesidad del cambio, ello se logrará mejor si se muestra la evolución de los mercados en general y de la industria específica en especial, tanto a nivel mundial como nacional y regional. En segundo lugar debe mostrarse claramente lo que acontece, describiendo su evolución y comparándola con la de los actuales y futuros competidores. Demostrada la necesidad de instaurar un proceso de mejora continua, y de reingeniería si es necesario para cubrir rápidamente brechas de performances, el paso siguiente es demostrar las características y cualidades de Seis Sigma, mostrando además las diferencias de este en relación a otros sistemas de calidad y mejora continua.

La etapa siguiente consiste en el cambio de paradigmas de los directivos y personal. Es necesario que eliminen de sus mentes que los errores son algo admisible y propios de la producción.

Se planifica estratégicamente definiendo claramente cuales son los valores, misión y visión, para fijar con posterioridad objetivos a lograr para hacer factible los objetivos de más largo plazo. En función de ello se debe lograr una visión compartida con la cual se alcance la energía suficiente para lograr un trabajo en equipo que permita lograr óptimos resultados en la puesta en marcha de Seis Sigma. En función de los planes se asignan partidas presupuestarias a los efectos de su puesta en marcha y funcionamiento.

Despliegue de la visión.



Se debe proceder a la capacitación y entrenamiento de los diversos niveles de cinturones y liderazgos, como así también al resto del personal. Esta capacitación incluirá diferentes aspectos dependiendo ello de las funciones y niveles que cubra dicho personal. Se incluirán aspectos vinculados con el significado y funcionamiento de Seis Sigma, los métodos de resolución de problemas y toma de decisiones, trabajo en equipo, liderazgo y motivación, creatividad, control estadístico de procesos, diseño de experimentos, herramientas de gestión, AMFE, estadística y probabilidades, muestreo, satisfacción del consumidor, calidad y productividad, costo de calidad, sistemas de información, utilización de software estadístico, supervisión y diseño de proyectos, entre otros.

Desarrollo del proyecto

Es primordial antes que nada definir los requerimientos de los clientes externos e internos, y la forma en que se medirán el logro de dichas especificaciones.

Los círculos de calidad o equipos de trabajo Seis Sigma (ETSS) proceden a aplicar la metodología DMAIC (Definir-Medir-Analizar-Mejorar-Controlar).

Metodología Seis Sigma

Fase	Objetivo	Enfoque	Etapa	Pasos
D	Definir problema practico	Y	C caracterizar	1)Definir el proyecto 2)Definir alcance investigación 3)Definir medible (s)
M	Convertir el problema practico a un problema estadístico	y		4) Evaluar desempeño inicial. 5) Validar confiabilidad de la medición. 6)Establecer objetivos de desempeño
A		$X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$	O Ordenar	7) Identificar probables fuentes de variación. 8) Ordenar y simplificar el proceso. 9) Plantear hipótesis de la investigación.
I	Encontrar la solución estadística	$Y=f(X_1, X_2)$	S Solucionar	10)Identificar factores vitales/causas raíz 11) caracterizar región optima de operación. 12) Determinar condiciones óptimas operación.
C	Convertir la solución estadística a una solución practica	X_1, X_2	M Mejorar	13) Estableces plan y programa de mejorar. 14) Ejecutar acciones de mejora. 15)Implementar controles de proceso
		$X_1, X_2 \longrightarrow y$	O operar	16)Trasladar las mejoras 17)Evaluar beneficios de proyecto 18)Documentar proyecto

Seis Sigma se construye con métodos científicos y herramientas estadísticas así como una casa se construye con ladrillos y cemento, no obstante, un montón de ladrillos y cemento no es una casa, así como tampoco un montón de métodos y herramientas de análisis de datos con Seis Sigma.

Capitulo 2: Caracterización de problemas.

2.1-DEFINIR PROYECTO.

a) Mapeo de proceso de alto nivel.

Herramienta: Mapeo de procesos.

Objetivo: Describir gráficamente el proceso que los involucrados creen tener.

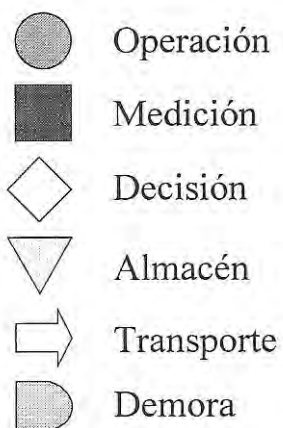
Procedimiento:

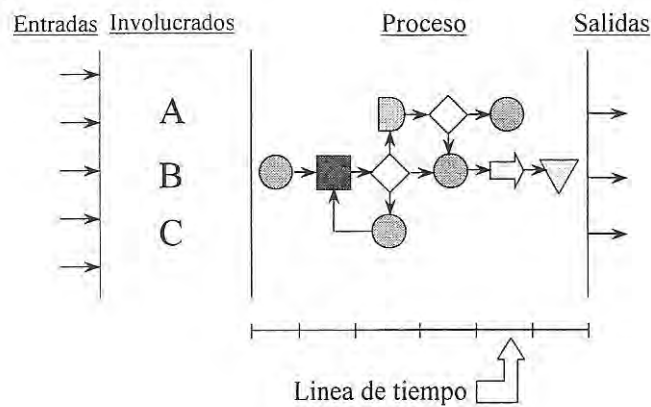
- 1) Seleccionar el proceso a “mapear”
- 2) Definir las entradas y salidas del proceso.
- 3) Identificar los involucrados y reúnalos en sesión de trabajo.
- 4) Defina un SIPOC (Proveedores, Entradas, Procesos, Salidas, Clientes [Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Costumer]).

* En la parte de procesos dibuje un diagrama de flujo describiendo los pasos acciones o subprocesos que cada involucrado dice realizar en una secuencia lógica en el tiempo.

- 5) Definir la línea de tiempo acorde a los tiempos que los involucrados dicen tomar en cada una de las actividades indicadas en el diagrama.

Consideraciones: se sugiere usar los siguientes símbolos.



Modelo :

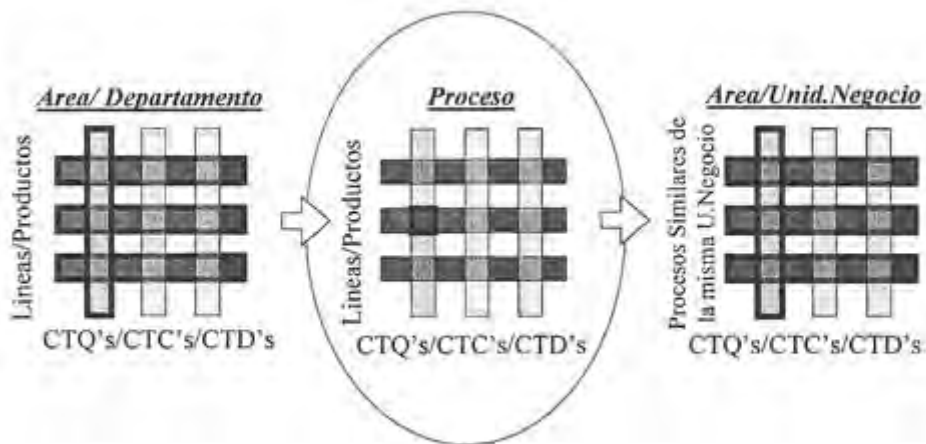
b) Descripción del proyecto.

Herramienta: Descripción del proyecto.

Generalidades: Una vez que ha seleccionado el proyecto, defínalo detalladamente considerando los siguientes elementos:

- Nombre del proyecto
- Numero de proyecto
- Fecha de inicio
- Fecha esperada de terminación
- Planta y área/departamento
- Miembros del equipo: Incluir al Gerente de proyectos, Líder de proyectos y Analista financiero.
- Descripción del problema
- Definir los objetivos del proyecto y el resultado final esperado.
- Justificación del proyecto.
- Costo de pobre calidad (beneficios esperados): incluir y explicar los ahorros directos (productividad), potenciales, “avoidance”, satisfacción del cliente, garantías, etc.
- Mapa de procesos de alto nivel (circular el área/proceso/operación de interés).

2.2.- DEFINIR ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.



Herramienta: Diagrama de Pareto.

Objetivo: Estratificar el problema por áreas, productos, grupos, etc. Para enfocar la investigación hacia lo que represente mayor problema/área de oportunidad.

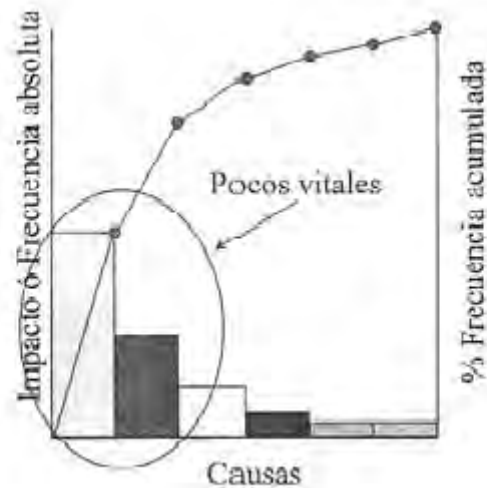
Procedimiento:

- 1) Recolectar los datos por causa (factor)
- 2) Ordenar de forma descendente según la frecuencia de los datos por causa
- 3) Calcular la frecuencia relativa por causa

$$frecuencia\ relativa(\%) = \frac{Frecuencia\ de\ causa}{Total\ de\ frecuencias} \times 100$$

- 4) Calcular la frecuencia acumulada relativa.
- 5) Graficar mediante barras los datos de frecuencia por causa y las de frecuencia acumulada usando una ojiva utilizando diferentes escala en el eje "y".
- 6) Mediante la ojiva determine cuales son los factores con mayor frecuencia absoluta que acumulen el 80% de la frecuencia total; esos son los factores vitales.

Modelo :



2.3.- DEFINIR MEDIBLE (S)

Objetivo: definir el medible mediante el cual determinaremos el comportamiento y desempeño del CTQ.



Capitulo 3: Convertir el problema práctico a un problema estadístico.

3.1.-EVALUAR DESEMPEÑO INICIAL.

a) Recolección de datos.

Recolecte la mayor cantidad de datos posibles:

- datos continuos
- datos discretos



b) Desempeño inicial en DPMO/PPM

Herramientas: Definiciones por calculo de DPMO para datos discretos.

Objetivo: Definir la forma en que se medirá la línea base del proceso a mejorar.


Procedimiento:

- 1) Definir el periodo de tiempo a evaluar.
- 2) Definir la unidad (u).
- 3) Definir que es un defecto.
- 4) Identificar las posibilidades u oportunidades de defecto por unidad (o).

Herramientas: Calculo de DPMO para datos discretos.

Consideraciones para el conteo de oportunidades.

		<u>Oportunidades</u>	
		<i>Activas</i> (Las que buscamos ó medimos)	<i>Pasivas</i> (Las que no buscamos ó no medimos)
<u>Defectos</u>	<i>Activos</i> (Las que se presentan)	<i>¡ Contarlos !</i>	<i>¡ Añadir una oportunidad como "Todos los otros" !</i>
	<i>Pasivos</i> (Las que no se han presentado)	<i>¡ No contarlos sino hasta que aparezcan !</i>	<i>¡ No Contarlos !</i>



¡ Las oportunidades deben de ser independientes entre si !

Objetivo: Definir la línea Base del proceso a mejorar en términos de DPMO (por datos discretos).

Procedimiento:

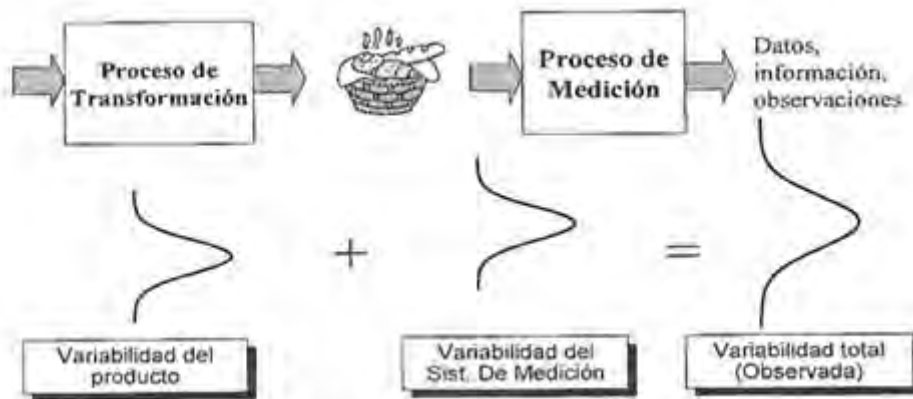
- 1) En el periodo de tiempo definido identifica las unidades defectos presentados.
- 2) Calcular los DPMO usando la siguiente formula:

$$DPMO \equiv \frac{d}{(u)(O)} \times 1000,000$$

Los DPU vs DPMO

- Los DPU es lo que el cliente ve y le importa
- Para hacer comparables los procesos hay que considerar su complejidad, lo cual se hace mediante las consideraciones de las oportunidades.
- Para reducir los defectos hay que atacar sus causas, y el primer paso es medirlas mediante DPMO.
- Los mas importante en la medición de DPMO para un proceso es ser consistente.

3.2.-VALIDAR CONFIABILIDAD DE LA MEDICIÓN.

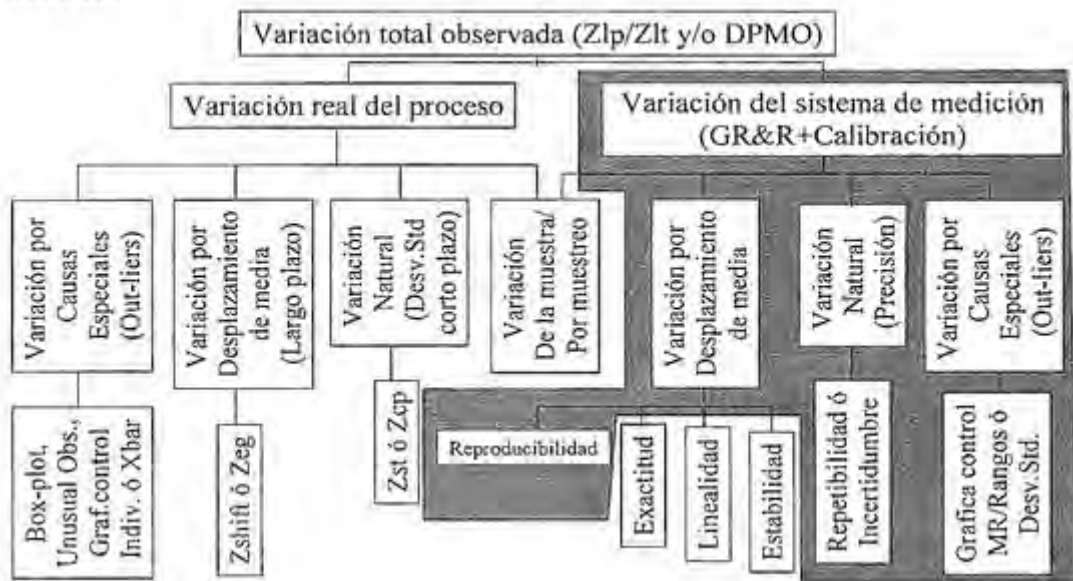


Generalidades: Todo proceso tiene variabilidad y en los procesos de medición no son la excepción; Los valores observados son el resultado del comportamiento verdadero mas el “ruido” de la medición, por lo que se hace entonces necesario evaluar el sistema de medición de la variable de respuesta para determinar si este es aceptable para la necesidad.

Métodos para estudio de R&R: Los métodos de estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad pueden clasificarse por la naturaleza de las mediciones en:

- Métodos para mediciones de datos continuos
 - Para pruebas no destructivas:
 - Método Corto o Rangos (Mediciones cruzadas)
 - Método Largo o Medias y Rangos (Cálculos manuales)
 - Método ANOVA (Exacto, pero recomendable software)
 - Para pruebas destructivas
 - ANOVA modificado (diseños unificados)
- Métodos para mediciones de atributos o datos discretos.
 - Re-evaluación experta
 - Round Robin.

Modelo :



Los métodos para estudios de R&R mas usados para datos continuos son:

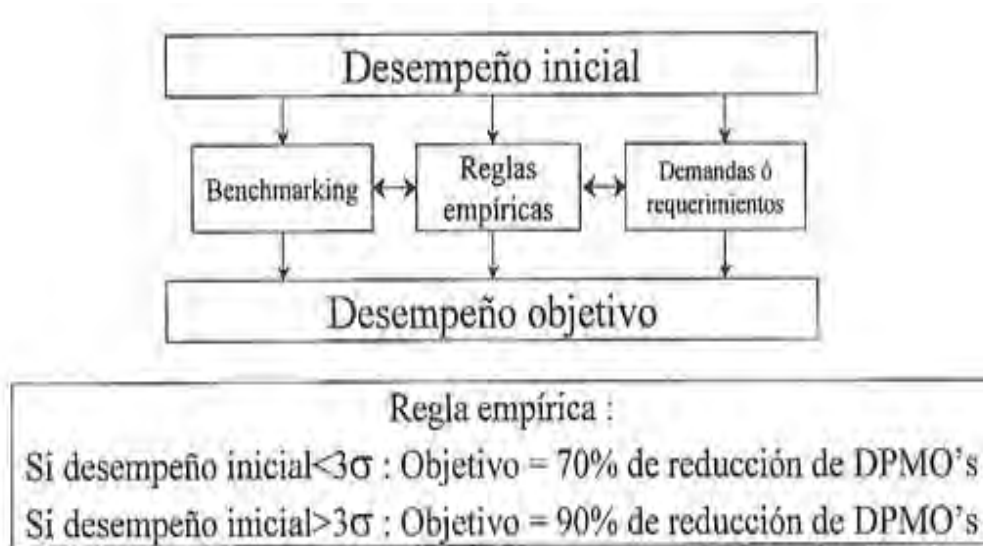
Para datos continuos:

Método de rangos ó corto	%R&R		
Método de medias y rangos ó método largo.	%Repetib.	%Reprod.	%R&R
Método ANOVA	%Repetib.	Reprod. Interacc.	%R&R

3.3.-ESTABLECER OBJETIVOS DE DESEMPEÑO.

Generalidades: Una vez que hemos determinado el desempeño inicial de la variable de respuesta, hemos de determinar un valor objetivo a alcanzar mediante el proyecto en curso.

Para definir este objetivo se recomienda seguir cualquiera de los siguientes métodos:



a) Establecer meta.

Herramienta: Benchmarking.

Objetivo: Atraves de un proceso estructurado identificar el proceso mejor en su clase para fijar su desempeño como objetivo del proyecto; mediante este proceso también se pueden identificar buenas practicas en procesos diferentes al proceso que se desea mejorar para adoptarlas.

Generalidades: Los estudios de Benchmarking pueden clasificarse en 3 tipos: Funcional (No importa el tipo de industria), Competitivo (Operaciones similares) e Interno (Dentro de la misma empresa).

“Benchmarking” es...

- Un proceso continuo
- Un proceso de investigación que proporciona información valiosa
- Un proceso de aprendizaje de los otros; una búsqueda pragmática de ideas
- Un proceso que requiere mucho tiempo y trabajo, y mucha disciplina
- Un instrumento que proporciona información útil para la mejora de cualquier tipo de proceso o de negocio

“Benchmarking” no es...

- Un hecho aislado
- Un proceso de investigación que proporciona respuestas sencillas
- Copiar e imitar a otros
- Rápido y fácil
- Una simple palabra, una novedad.

Paso 1: Seleccionar el Tópico para hacer “Benchmarking”

Paso 2: Estimar el costo de investigación

Paso 3: Tomar la decisión de continuar

Paso 4: Seleccionar el grupo que vaya a realizar el “Benchmarking”

Paso 5: Entrenar al grupo

Paso 6: Seleccionar las métricas claves

Paso 7: Seleccionar el tipo de encuesta

Paso 8: Desarrollar las preguntas

Paso 9: Desarrollar los métodos para la obtención de datos

Paso 10: Probar los métodos para analizar los datos

Paso 11: Efectuar el auto análisis

Paso 12: Identificar las compañías y contactos

Paso 13: Obtener los datos obtenidos al publico

Paso 14: Analizar los datos obtenidos al publico

Paso 15: Formular un plan para hacer “Benchmarking”

Paso 16: Llevar acabo la investigación

Paso 17: Analizar la información y los datos

Paso 18: Analizar la diferencia

Paso 19: Desarrollar las recomendaciones

Paso 20: Desarrollar el plan de acción

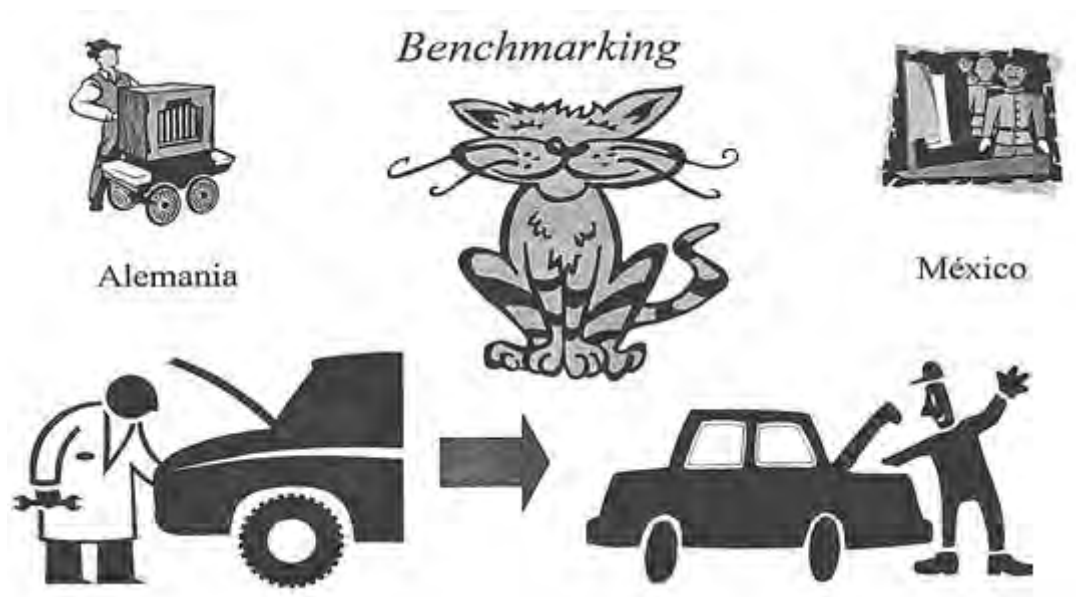
Paso 21: Identificar los departamentos de apoyo

Paso 22: Presentar los planes a la gerencia

Paso 23: Presentar los planes a los departamentos de apoyo

Paso 24: Ejecutar los planes y observar el progreso

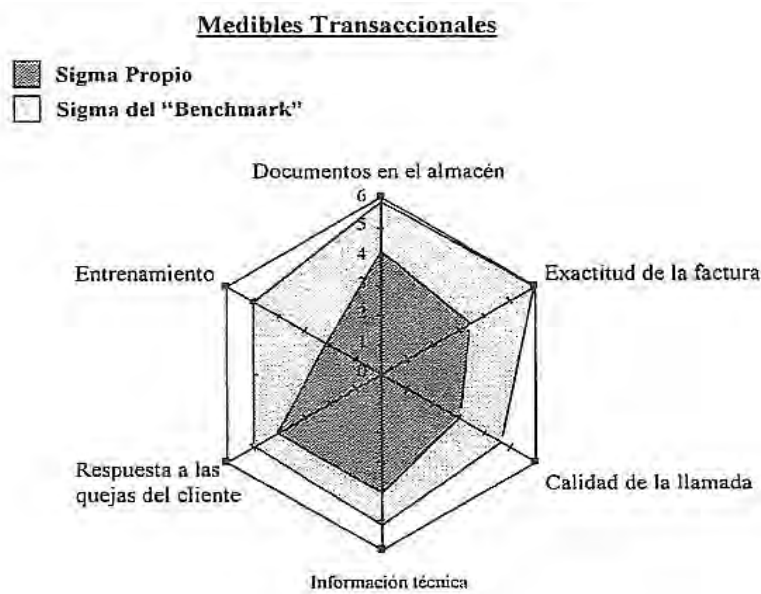
Paso 25: Calibrar el mercado nuevo



Herramienta: Grafico de radar, araña o tela de araña

Objetivo: Comprobar gráficamente los resultados de los medibles de los diferentes procesos evaluados o comparados obtenidos durante el Benchmarking.

Generalidades: Se recomienda los medibles, indicadores o métricos utilizados durante el Benchmarking sean comparados bajo una misma base para poder priorizar acciones de mejora de forma adecuada, por los que se recomienda que se use una escala de valor "Sigma" o de Z's (Z_{cp} o Z_{lp}).



3.4- IDENTIFICAR PROBABLES FUENTES DE VARIACIÓN.







a) Mapa de proceso detallado.

Herramienta: Describir gráficamente el proceso que los involucrados creen tener con el mayor detalle posible.

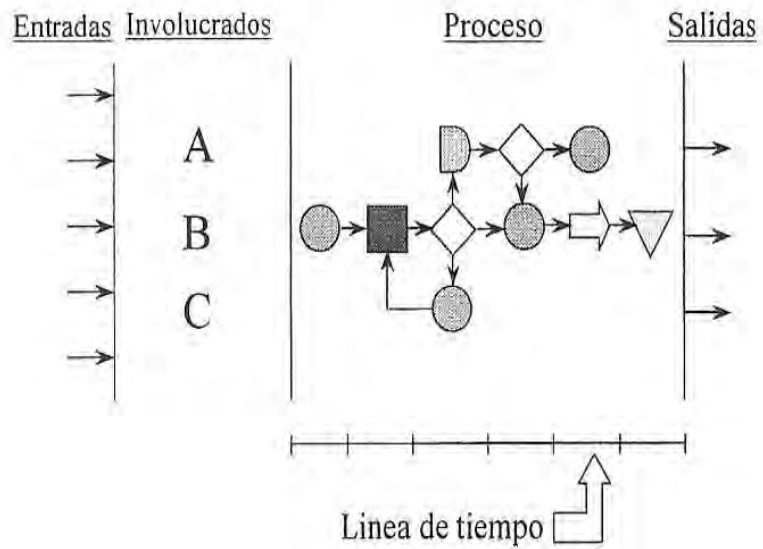
Procedimiento:

- 1) Seleccionar el proceso a "Mapear".
- 2) Definir las entradas y salidas del proceso.
- 3) Identificar los involucrados y reúnalos en sesión de trabajo.
- 4) Defina un SIPOC (Proveedores, Entradas, Proceso, Salidas, Clientes [Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers])
 - ❖ En la parte de procesos dibuje un diagrama de flujo describiendo los pasos, acciones o sub-procesos que cada involucrado dice realizar en una secuencia lógica en el tiempo.
- 5) Definir la línea de tiempo acorde a los tiempos que los involucrados dicen tomar en cada una de las actividades indicadas en el diagrama.

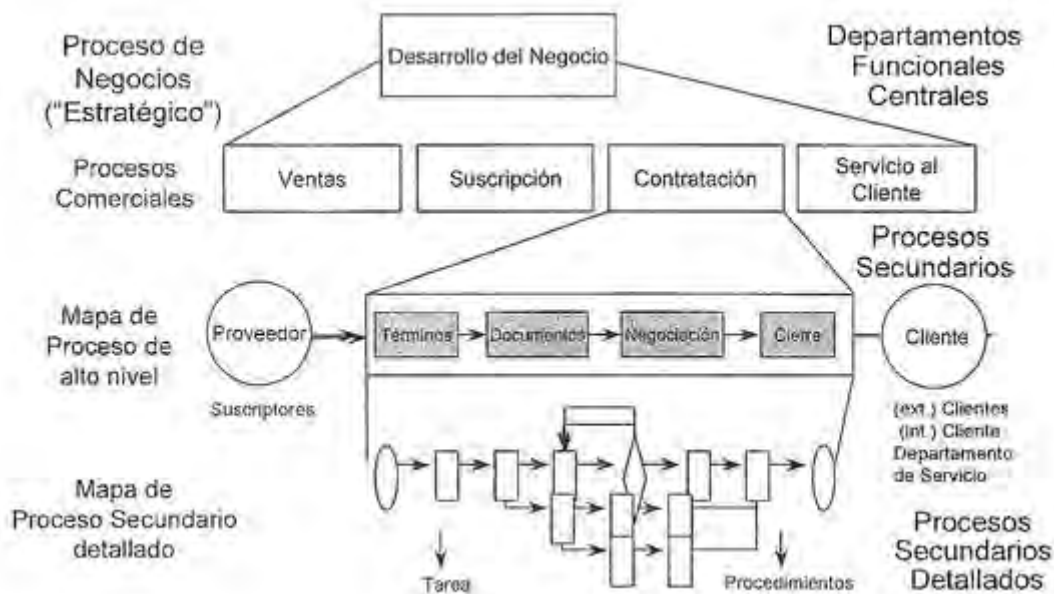
Consideraciones: Se sugiere usar los siguientes símbolos.

-  Operación
-  Medición
-  Decisión
-  Almacén
-  Transporte
-  Demora

Modelo :



Niveles y alcances del mapa de procesos



b) Identificar los elementos que agregan valor y los que no agregan valor.

Definiciones:

Valor agregado

- Es un paso en un proceso comercial o industrial que dada la opción, el cliente esta dispuesto a pagar.
 - Incluye aquellas actividades que se requieren por contrato o ley.
 - Es cualquier cosa que si no se realiza puede impactar en la satisfacción del cliente.

Valor agregado de negocios

- Es toda aquella actividad que cuando no se realiza, no impacta directamente en el cliente y puede ocasionar no insatisfacción.
 - Estos pasos pueden ser necesarios para soportar pasos de valor agregado.
 - Es cualquier actividad requerida por el negocio.

No valor agregado

- Es toda aquella actividad que cuando no se realiza, no impacta directamente en el cliente y no puede ocasionar insatisfacción.

Modelo para operación robusta.



Herramienta: Análisis de mapas de procesos estándar.

Objetivo: Identificar las operaciones que no agregan valor en el mapa de procesos para su posterior eliminación o simplificación.

Procedimiento:

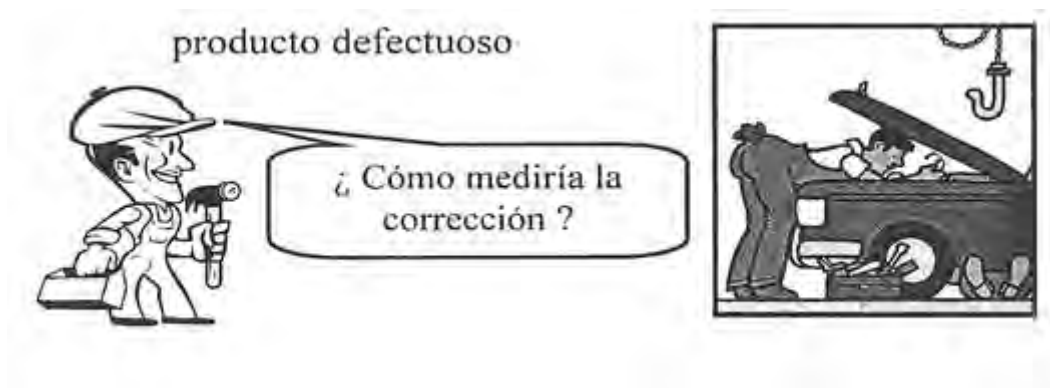
- 1) Revise con el equipo detalladamente cada una de las operaciones, mediciones, transporte, decisiones, almacenamiento, etc., definidas en su mapa de procesos y/o procedimiento estándar.
- 2) Identificar los posibles desperdicios existentes y márkuelos con las siglas NAV (No Agrega Valor).

Se consideran como desperdicios los siguientes elementos: Reparar, Sobre-producir, Actividad sin valor, Transportar, Inventarios, Movimientos, Esperas.

“Las operaciones que generan desperdicios contienen elementos que no agregan valor.”

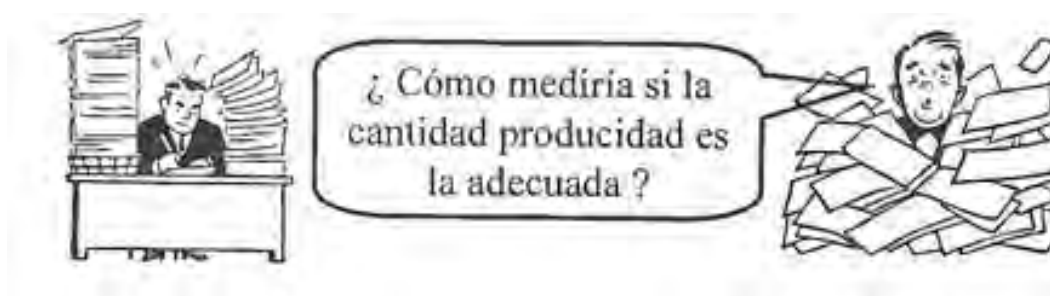
1) Corrección

- Corregir o reparar un defecto de partes o en materiales añade costo innecesario por mano de obra y uso de equipo.
- Ejemplo: El costo laboral asociado con programar empleados a trabajar en tiempo extra para reparar producto defectuoso.

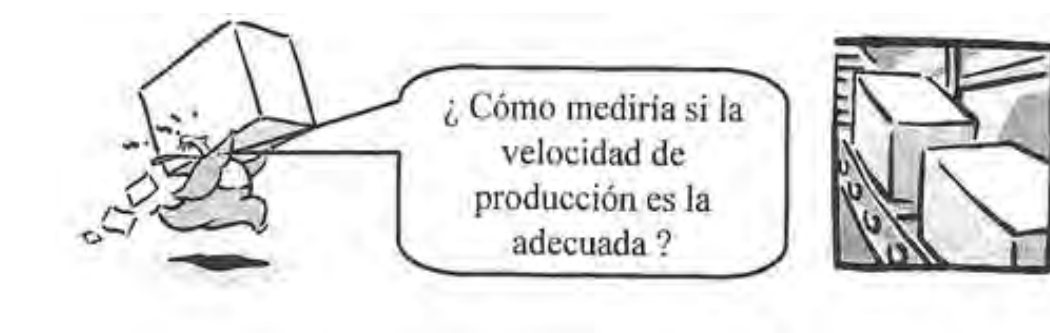


2) Sobre producción

- Producir más de lo necesario.



- Producir a una velocidad mayor de la requerida



$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tiempo neto de operacion*}}{\text{Demanda del cliente en el mismo periodo*}}$$

*El periodo debe de ser consistente (Ejemplo: Turno, día, semana).

Tiempo neto de operación (Por turno)

Turno = 480 minutos	480
Breaks -2 @ 15 minutos	-30
Limpieza -1 @ 5 minutos	-5
<hr/>	
Tiempo neto de operación por turno	445

Demanda del cliente:

Requerimientos mensuales (piezas)	4500
Numero de días hábiles por mes	20
<hr/>	
Demanda del cliente por día	(4500/20) = 225

$$\text{Takt time} = (445 \text{ minutos} / \text{día}) / (225 \text{ piezas} / \text{día}) = 1.98 \text{ minutos} / \text{piezas}$$

Tiempo de ciclo del operador.- Es el tiempo total requerido por un trabajador para un ciclo de una operación.

Incluir: Operaciones manuales, traslados, inspección, cargar y limpiar maquinaria. No incluye el tiempo de espera debido a que la maquina no ha terminado su ciclo.

Tiempo de ciclo de la maquinaria.- Es el tiempo total que le toma a una maquina en terminar un ciclo completo.

Debe de separarse el tiempo de ciclo de trabajo hecho por la máquina sin la intervención del ser humano y el tiempo que requiere el trabajo de ambos.

3) Sobre-actividad.

- Trabajar más de lo necesario debido a que esta actividad no tenga conexión con el flujo del proceso o mejorar la calidad.

- Ejemplo: Escribir a maquina un memorando cuando podría escribirse a mano, pintar componentes internos de un equipo, etc.



4) Transportación

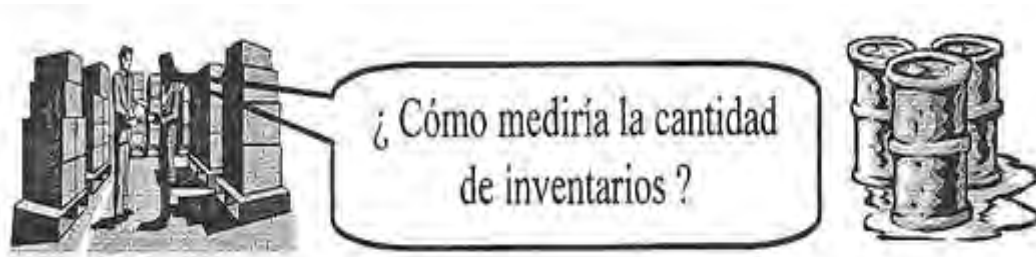
- Transportación es algo no contribuye directamente a añadir valor, es una acción incidental necesaria.
- Es vital evitar el transporte a menos que se trate de suministrar artículos cuando y donde se requiera (Ejemplo: JIT o Justo a Tiempo)



5) Inventarios

- Los inventarios son una carga de gastos para la organización.
- Si surge un problema de calidad y los inventarios no son mínimos, entonces el material defectivo estará escondido en el inventario final.
- Para poder ser flexibles a los requerimientos de los costos y asegurar control sobre la variabilidad de producto, debemos de minimizar los inventarios.

- Con exceso de inventarios enmascaramos tiempos muertos inaceptables, ineficiencia de operación y minimiza el sentido de urgencia de la organización.



6) Movimientos.

- Cualquier movimiento de personas o maquinaria que no contribuye a añadir valor.
- Ejemplo: Programar tiempos muertos, distancias excesivas de traslado entre operaciones.



7) Espera

- Tiempo muerto entre operaciones o eventos.
 - Ejemplo: Tiempo de espera del operador esperando a que la maquina termine cierta operación, maquina esperando a que el operador coloque partes nuevas.
-



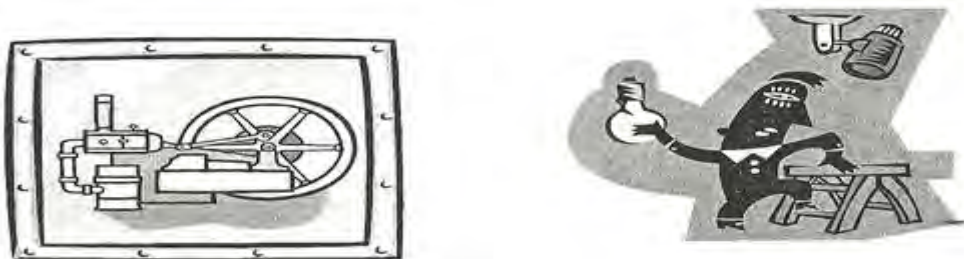
3.5.-SIMPLIFICAR Y ORDENAR EL PROCESO.

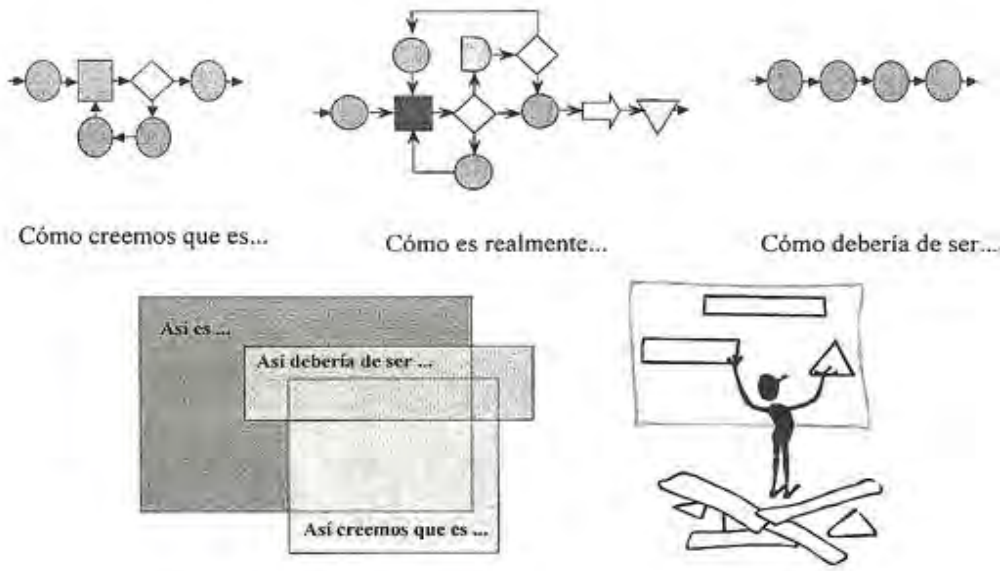
a) Eliminar elementos que no agregan valor.

Objetivo: Eliminar los desperdicios y funciones inadecuadas, dañinas y que no dan valor del sistema.

Procedimiento:

- 1) Programar las acciones para esbeltecer los procesos (Grafico de Gantt).
- 2) Ejecutar las acciones de mejora.





Programar las acciones para esbeltecer los procesos y ejecutar las acciones de mejora.

Herramienta: Grafica de Gantt:

FECHA DE ELABORACIÓN: Hoja ... de ...		(NOMBRE DE LA EMPRESA) GRAFICO DE GANTT (NOMBRE DEL AREA O FUNCION)		No. de Revisión: Fecha de Revisión:													
NOMBRE DEL PROYECTO:		OBJETIVO ESPECIFICO DEL PROYECTO:		ASPECTOS ESTRATEGICOS: CALIDAD COSTOS PRODUCCION MEDIO AMBIENTE/SEGURIDAD													
FUENTE:																	
FASE	ACTIVIDAD	RESP.	P/R	1	9	3	3	%									
				ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AVANCE	
			P														
			R														
			P														
			R														
			P														
			R														
			P														
			R														
			P														
			R														
			P														
			R														
			P														
			R														
			P														
			R														
COMENTARIOS GENERALES:		RESPONSABLE DEL PROYECTO:		EQUIPO:		INDICADORES DEL PROYECTO:											

b) Aplicar 5 S's al proceso esbelto.

- Los estándares de 5 S's son los fundamentos de lo que se conoce como Operación Esbelta. "El sistema no puede ser mas robusto que sus bases".
- Cualquier sistema de trabajo se fundamenta en un ambiente de trabajo LIMPIO y SEGURO. Su fortaleza depende del compromiso de los empleados y la empresa por mantenerlo.
- Todos en la organización deben de entender que el mantener estos estándares es condición de su empleo.

¿ Que significa "5S's" ?

Japones	Traducción Español	Traducción Inglés
Paso 1: Seiri	Clasificar	Sorting
Paso 2: Seiton	Organizar	Storage
Paso 3: Seiso	Limpiar	Shining
Paso 4: Seketsu	Estandarizar	Standardize
Paso 5: Shitsuke	Entrenamiento y disciplina	Sustaining

1) Clasificar (Decidir que es necesario).

- Definición
 - Identificar los artículos necesarios y los innecesarios.
 - Colocar los artículos mas usados cerca del área de trabajo, los menos utilizados mas alejados y deshacerse de los innecesarios.
- Razones
 - Elimina basura
 - Área segura de trabajo
 - Se gana espacio
 - Más fácil de visualizar el proceso.

- Sugerencias
 - Empiece en un área y luego clasifique todo lo que hay ahí.
 - Consulte con todas las personas involucradas antes de deshacerse de algún artículo.
 - Utilice los procedimientos de seguridad, descontaminación y ambientales que aplique.
 - Los artículos que no puedan ser eliminados de forma inmediata deben de ser etiquetados.



2) Ordenar (Identificar y Almacenar)

- Definición
 - Arreglar todos los artículos necesarios.
 - Designar un lugar para cada cosa.
 - Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar.
 - Razón
 - Fácilmente se observa cuando algo se encuentra fuera de lugar.
 - Los objetos o documentos se encuentran con mayor facilidad
 - Ahorra tiempo en búsqueda de objetos.
 - Menores distancias de desplazamiento.
 - Sugerencias
 - Mantenga juntas las cosas relacionadas.
-

- Utilice etiquetas, identificadores, marcas en el piso, señales, sombreados, diferentes colores, etc.
- los artículos que sean compartibles póngalos en una localidad centralizada (eliminar excesos).



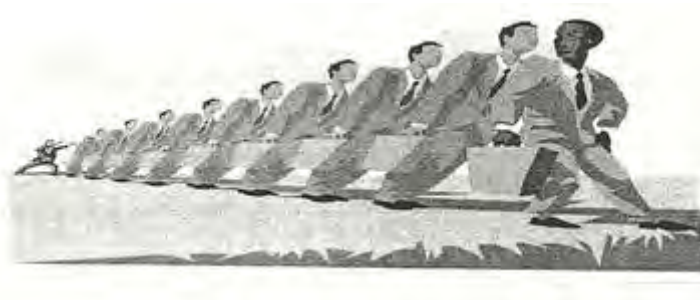
3) Limpiar (Barrer y Lustrar)

- Definición
 - Mantenga su área continuamente limpia.
 - Razones
 - Un lugar de trabajo limpio indica que se tiene un proceso limpio y un producto de calidad.
 - El polvo y la suciedad causa contaminación para el producto y posibles riesgos de salud y seguridad.
 - Un lugar de trabajo limpio ayuda a identificar condiciones fuera de lo normal.
 - Sugerencias
 - Tener “cada cosa en su lugar” permite tener tiempo disponible para limpiar.
 - No dejes áreas “en tierra de nadie”, cada área debe tener a un responsable de mantenerla limpia.
 - Limpiar el área de trabajo es como bañarse (Tomar una ducha). “Baja el estrés y relaja, elimina el sudor y la mugre, y prepara el cuerpo para el trabajo”.
-



4) Estandarizar

- Definición.
 - Mantener el lugar de trabajo a un nivel que revele y haga obvios los problemas.
 - Permite la mejora continúa mediante evaluaciones y acciones frecuentes.
- Razón.
 - Mantener permanentes las actividades de Clasificación, Orden y limpieza.
- Sugerencias.
 - Debemos mantener el lugar de trabajo suficientemente limpio y ordenado para identificar a simple vista problemas escondidos.
 - Desarrollar un sistema que permita a cualquier persona ver rápidamente los problemas cuando esto ocurra.



5) Entrenamiento y Disciplina (Sostenimiento)

- Definición
 - Mantener la disciplina, necesitamos practicar y repetir hasta que se haga una forma de vida.
-

- Razón
 - Hacer que las 5 S's sean parte de nuestro proceso diario.
- Sugerencias
 - Haga programas, lista de verificación, etc.
 - Los buenos hábitos son difíciles de romper.
 - El compromiso y la disciplina son esenciales para dar los primeros pasos hacia un orden y limpieza de clase mundial.



Beneficios por implementar 5 S's:

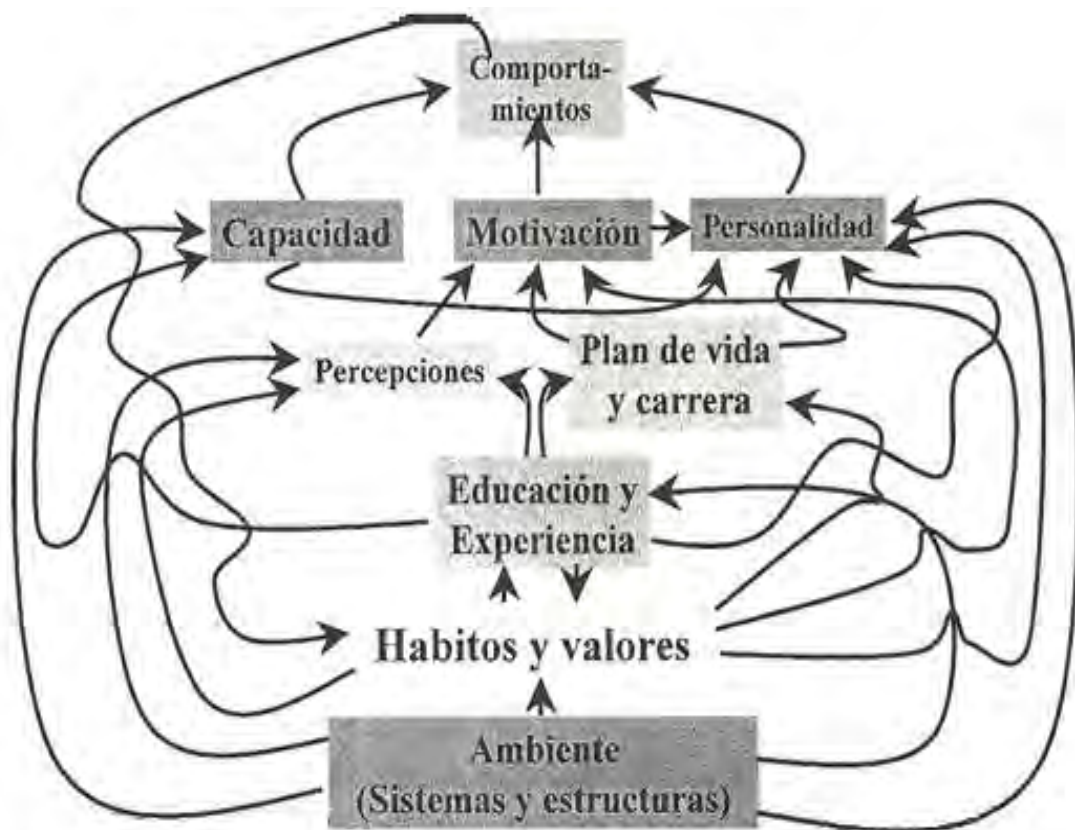
- ❖ Un lugar de trabajo limpio es un lugar de trabajo seguro.
- ❖ Contribuye a sentirnos mejor sobre nuestros productos, procesos, empresa y nosotros mismos.
- ❖ Se da buena imagen a visitantes promoviendo nuestro negocio.
- ❖ Se mejora la calidad de nuestro producto.
- ❖ Se incrementa la eficiencia.

Si un programa bien organizado de 5 S's da beneficios significativos con una inversión mínima, entonces...

¿Por qué razón no es fácil la implementación de 5 S's?

Por las misma razón por la que a pesar de saber que debemos o no debemos de hacer ciertas cosas, lo hacemos (comemos o bebemos en exceso, fumamos, no hacemos ejercicio, etc.)

- Nuestros peores hábitos como seres humanos se superponen a nuestras intenciones.



Las técnicas más comunes usadas como sistema para “forzar” el cambio de hábito son:

- La técnica de etiquetas rojas.
- Auditoria 5 S's.
- Fotografía de “antes y después”.
- Mejorar radicalmente un área a la vez.
- Tours diarios interdepartamentales.
- Programar visitas de todos los clientes críticos.

Modelo para operación robusta.



c) Aplicar fabrica visual al proceso esbelto.

La fabrica visual.

- El primer paso es cumplir con los estándares 5 S's
- En seguida, el equipo deberá responder a las siguientes preguntas:
 - ¿Podemos identificar de forma inmediata...
 - Los paros no planeados?
 - El Scrap generado?
 - Los problemas de cambio de productos?
 - Los problemas de balanceo de cargas de trabajo?
 - Niveles de inventarios excesivos?
 - Herramientas y suministros extraños?

- Si usted no puede identificar cualquiera de estas oportunidades echando un vistazo al área, entonces el equipo debe de buscar medios para identificarlos de forma inmediata.

Modelo para operación robusta.



d) Estandarizar proceso esbelto

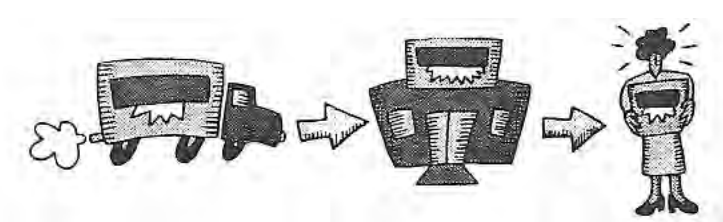
- Estandarizar es “la mejor manera” identificada y acordada por consenso general (No por mayoría) de realizar una operación.
 - Esto es el procedimiento “estándar” de trabajo.
- Los empleados involucrados deben de entender que una vez que han definido el estándar, se espera que ellos realicen su trabajo de acuerdo a dicho estándar.
- Tenemos que entender los siguientes principios;
 - Variación = Defectos
 - El trabajo estandarizado reduce la variación
 - Todos debemos de trabajar estandarizados.

Pre-requisitos para trabajar de forma estándar.

- Disponibilidad de herramientas requeridas para realizar el trabajo.
- Flujo consistente de materias primas.
- Alerta visuales de variación en los procesos (Fábrica visual, cartas de control, etc.).
- Inventarios en procesos identificados.
- Proceso documentado.

Proceso para estandarizar el trabajo.

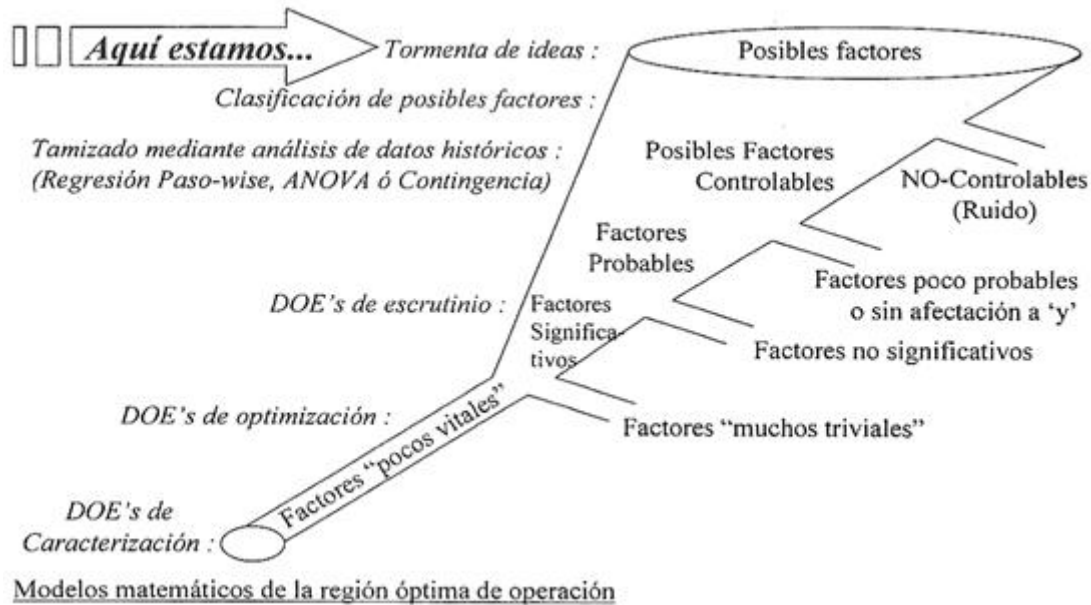
- 1) Crear o revisar del diagrama de flujo del proceso.
- 2) Documente los procesos nuevos y revise los existentes.
- 3) Comunicar a todos los empleados.
- 4) Entrene a todos los empleados.
- 5) Ponga los controles necesarios para asegurar que todos los empleados de nuevo ingreso sean entrenados de forma inmediata.
- 6) Establezca un sistema de monitoreo y seguimiento con responsables asignados.
- 7) Evaluar periódicamente para asegurar que las mejoras se mantienen.



3.6.-PLANTEAR HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.

a) Identificar posibles factores.

Buscando los posibles causas:



Herramienta: Mapa de proceso detallado.

Objetivo: Determinar todas las posibles fuentes de variación o posibles causas del problema y clasificarlas.

Procedimiento:

- 1) Mediante un mapa de proceso identifique todos los posibles factores de los cuales depende el comportamiento de la respuesta.
- 2) Clasifique las fuentes de variación de la "y" en controlables (aunque actualmente no se estén controlando) y no controlable (Ruido: Las que aunque se quieran controlar no se puedan controlar).
- 3) Seleccione las fuentes de variación controlables y clasifique dichas fuentes en los grupos dependiendo de la naturaleza de los mismo; de no encontrar grupos naturales, una manera de hacerlo es utilizando las 6M's (Materiales, Mano de obra, Materias primas, Métodos, Medición y Maquinaria).
- 4) Se puede utilizar el diagrama de forma espina de pescado indicado en el modelo mostrado mas adelante.

¿Por qué hacer una lista con los elementos de Entrada y Salida?

- Las X son fuentes de variación.
- La variación causa defectos.
- Las X deben estar bajo control para prevenir defectos.
- La causa raíz de los defectos es la variación de X.
- Las Y son elementos de salida de los procesos e incluyen modalidades de fallos de procesos.
- Los defectos son también elementos de salida de un paso de un proceso.

¡Para identificar las fuentes de variación y reducir los defectos!

Clasificación de los elementos de entrada.

- Elementos de entrada controlables (C).
 - Se pueden cambiar
 - A veces se les conoce como “Knob” (Perilla o de ajuste).
 - Elementos de entrada ruido (N).
 - Es difícil o imposible de controlar o se opta por no hacerlo.
 - Procedimiento operativo estándar (S) o constantes (K).
 - Procedimiento para ejecutar el proceso.
 - Elementos de entrada críticos (X)
 - Se comprobó estadísticamente que las X(s) afectan a las Y(s) del proceso.
-
-

Capitulo 4: Encontrar la solución estadística.

4.1-IDENTIFICAR FACTORES VITALES/CAUSA RAÍZ.

a) Identificar factores significativos.

Generalidades: Una vez que se han definido todos los posibles factores que afectan a la variable de respuesta, y considerando el supuesto de que 20% de los factores determinan el 80% del comportamiento de la respuesta, en este paso buscaremos identificar los factores “pocos vitales”, lo cual vamos a hacer en dos etapas:

- 1) Identificar que factores son significativos (Afectan a la variable de respuesta) y cuales no lo son.
- 2) De los factores significativos determinar aquellos que afectan en mayor medida a la respuesta y que la pueden explicar en al menos un 80%; estos son los factores “vitales”.

$$y = f[(x_1, x_2, x_3)(x_4, x_5, x_6, \dots x_n)]$$

↓
↓
 Pocas vitales muchas triviales



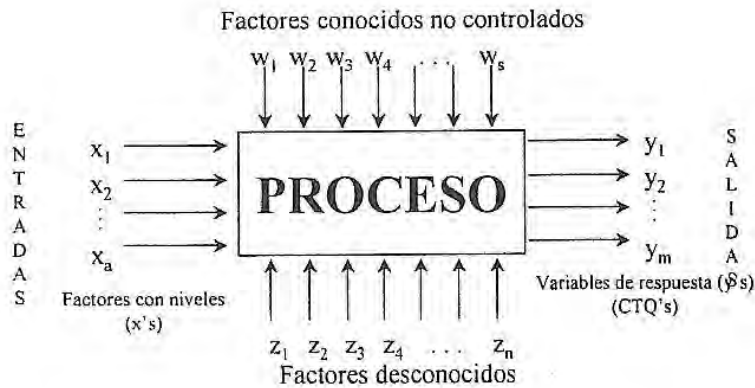
Herramienta: Introducción al diseño y análisis de experimentos.

Objetivo: Identificar los factores significativos (Que afectan) a la respuesta de corroborar o rechazar la hipótesis de la investigación.

Generalidades: Todo proceso cuenta con entrada y salidas. Las entradas son clasificadas en tres tipos:

- Conocidas y controlables.
- Conocidas y no controlables.
- Desconocidas.

En diseño y análisis de experimentos se mueven intencionalmente las entradas controlables para observar como se modifican las salidas.

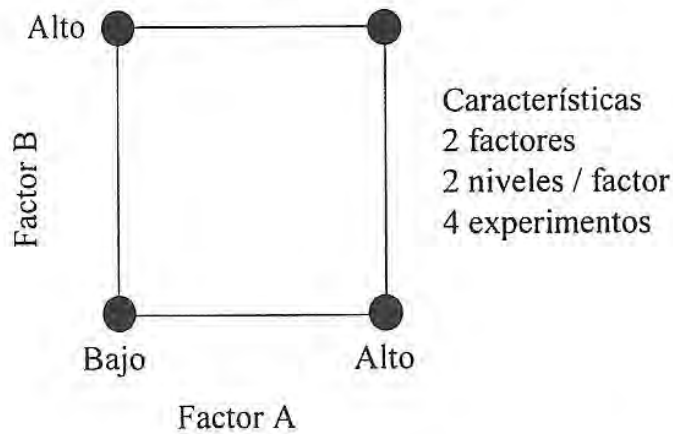


Definiciones:

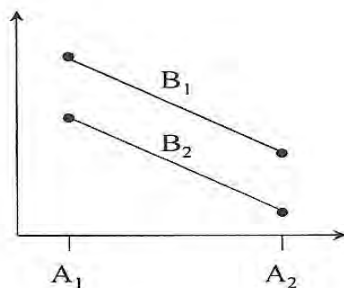
- **Diseño de experimentos:** Proceso proactivo y estructurado para investigar las relaciones entre los factores de entrada (x 's) y salida (y) de un proceso. Los múltiples factores de entrada son considerados y controlados simultáneamente de forma que asegura que el efecto en la(s) respuesta(s) es casual y estadísticamente significativo.
- **Diversos factores de entrada** son considerados y controlados simultáneamente para asegurar que la respuesta o salida sea casual y estadísticamente significativa.
- **Análisis de Experimentos:** Describir que significan los resultados de la experimentación, así como el planteamiento de la mejor alternativa a seguir en el diseño de otro experimento o al llevarlo a la práctica.

- Un experimento es eficiente cuando: Se obtiene la información requerida con el mínimo consumo de recursos.
- Variable de respuesta: Aquello que indica el resultado del experimento, es decir, es aquella variable que al medirla muestra indicios sobre el comportamiento de lo que se desea investigar. Es la variable que se desea modificar en un momento dado en cualquier proceso para cumplir con las especificaciones que el cliente requiere del producto.
- Factor: Es una parte del proceso que al cambiar de estado, modifica significativamente el comportamiento de la variable que se esta midiendo.
- Nivel: Los valores que el factor toma y que serán utilizados en el experimento.

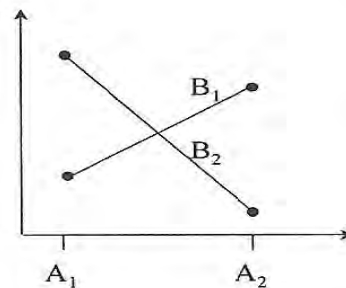
Representación geométrica



- Diseño: descripción completa de las corridas experimentales, incluyendo replicas, orden de experimentación, combinaciones, etc.
- Interacciones: Normalmente se asume que el efecto de un factor (x) no depende del nivel de otro. Esto, muy a menudo no es el caso. Cuando el efecto de un factor depende del nivel del otro, existe una interacción entre ambos.



Factores sin interacción entre ellos

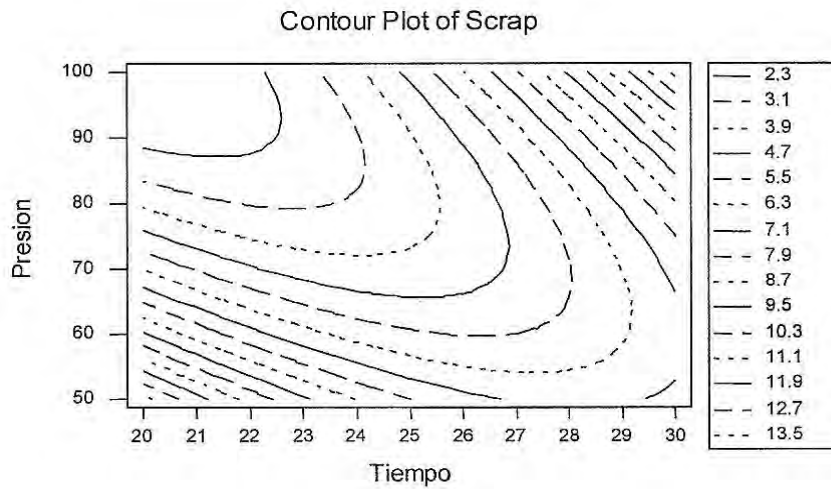


Interacción entre dos factores

Estrategia de experimentación.

1. Definir el problema.
 2. Establecer el objetivo: No es simplemente mencionar una variable y el valor óptimo que esta debiese tener.
 3. Seleccionar la variable de respuesta: indicador sobre el objetivo trazado.
 4. Seleccionar los factores: Elementos que al ser modificados, alteran la característica del proceso que esta bajo estudio.
 5. Escoger los niveles de los factores.
 6. Seleccionar el diseño experimental.
 7. Recabar datos: Recolectar los datos en la forma en que fue planeado.
 8. Analizar los datos.
 - Seguir la técnica.
 - Verificar que los supuestos se cumplan.
 - Verificar que la información sea congruente con lo se conoce del proceso.
 - Considerar aspectos no solo operativos.
 9. Establecer conclusiones.
 10. En caso necesario, correr experimentos adicionales.
 11. Trabajar hasta cumplir objetivos.
-

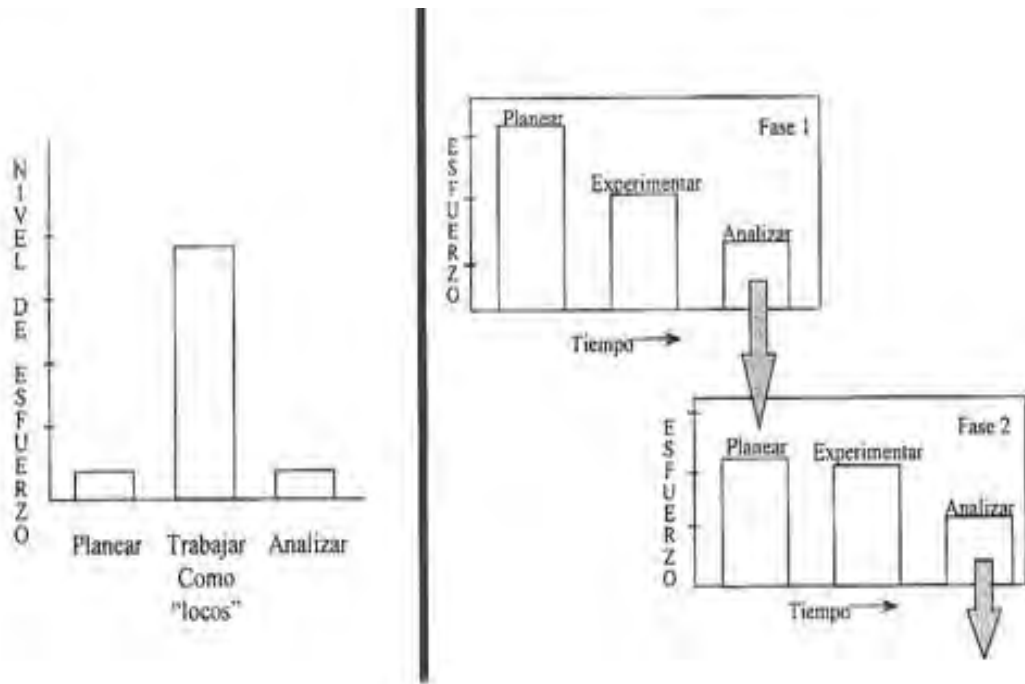
Experimentando un factor a la vez.



¿Por que realizar Diseño Estadístico de Experimentos?

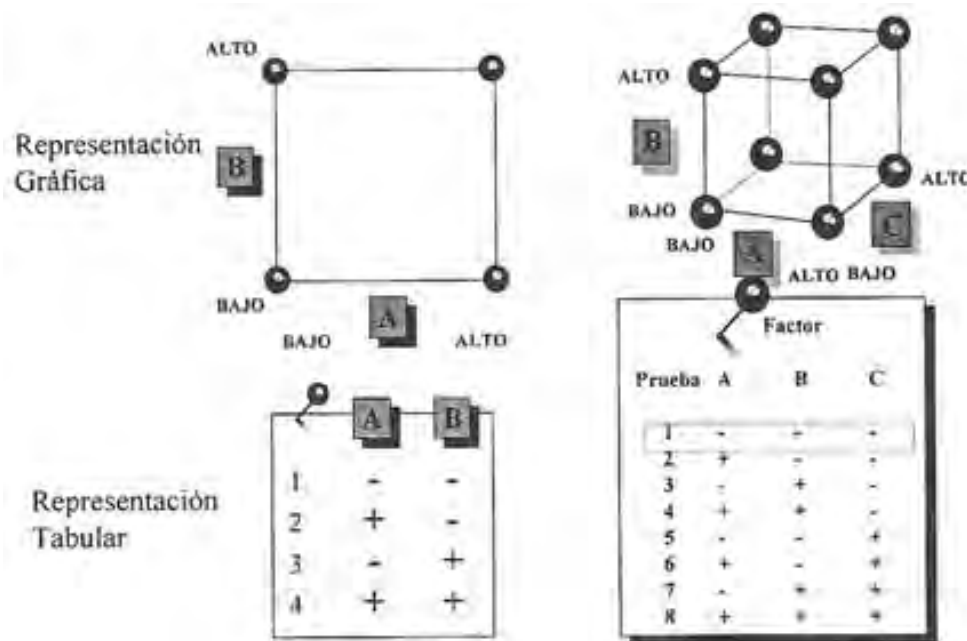
Criterio de evaluación	Observación	Suposiciones	Juicio de un experto	Prueba y error	Experimentación de un factor a la vez	Experimentación estadística
Tiempo en obtener resultados	Demasiado	Mucho	Medio	Mucho	Mucho en general	Poco
Costo	Muy alto	Alto	Medio	Alto	Alto en general	Relativamente bajo
Posibilidad de encontrar condiciones optimas de operación	Muy baja	Bajas	Moderada	Moderada	Sub-optima	Excelentes
Confiabledad de resultados	Muy baja	Baja	Moderada	Baja	Alta	Muy alta
Habilidad para identificar efectos principales e interacciones	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Si

Experimentación "Empírica" vs Experimentación planificada



Diseños de experimentos factoriales-activos.



Diseño factorial completo (2^k)

Requerimientos de un DOE factorial.

Herramienta: Diseño factorial completo.

Objetivo: Diseñar una serie de corridas experimentales mediante las cuales se determine las relaciones causa-efecto significativa entre cada uno de los factores y sus interacciones con la variable de respuesta.

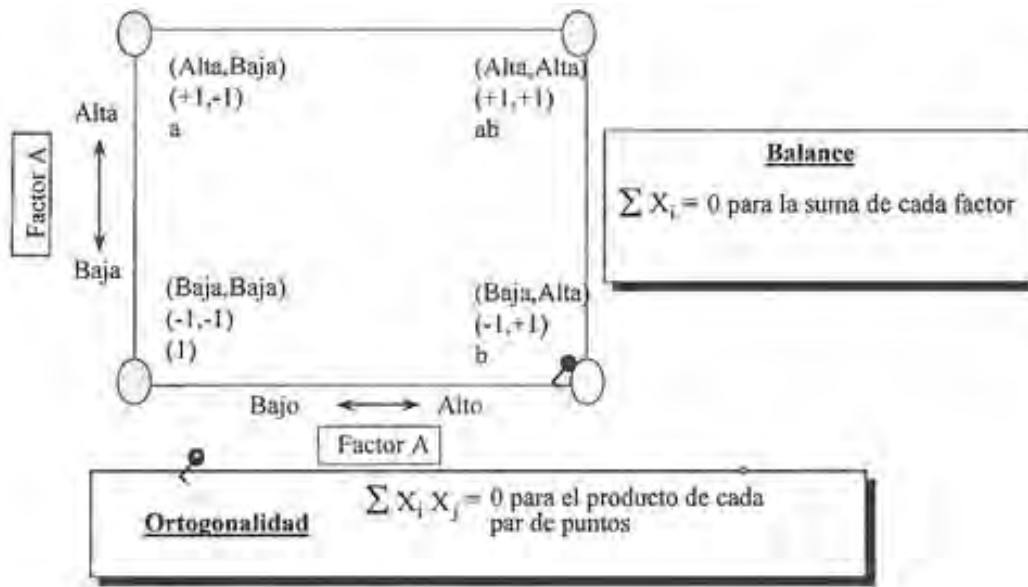
Requerimientos: Cualquier tipo de diseño de experimentos debe de cumplir con los siguientes 2 requisitos:

- Aleatoriedad: Lo cual lo cubrimos corriendo los tratamientos en orden aleatorio.
- Repetibilidad: La cual es indispensable para poder evaluar el error y lo hacemos por medio de las replicas.

Para un DOE factorial, hay 2 requisitos adicionales:

- a) Balance
- b) Ortogonalidad: La Ortogonalidad esta relacionada con la independenciam entre los factores, lo cual se puede verificar correlacionando los valores de los niveles de los factores entre si.

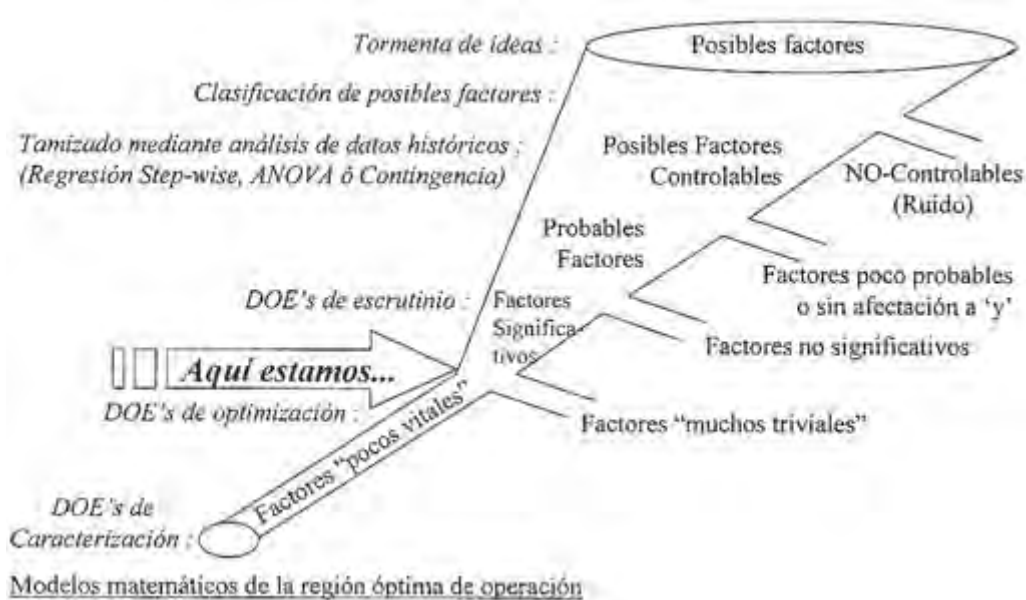
Balance y Ortogonalidad.



- Balance: Esta propiedad ayuda a simplificar el análisis.
- Ortogonalidad: Esta propiedad asegura que los efectos son independientes.

4.2-CARACTERIZAR REGIÓN ÓPTIMA DE OPERACIÓN.

a) Encontrar región óptima de operación.



Detección de no linealidad usando punto central.

Una vez que hemos determinado los pocos vitales o factores que afectan en mayor medida a la variable de respuesta, debemos determinar las condiciones óptimas de mejora, por lo que la primera fase es determinar si ya experimentamos u operamos dentro de esta zona o requerimos desplazarnos hacia está detectando la dirección de mejora, lo cual lo haremos añadiéndoles puntos centrales a nuestros diseños factoriales...

4.3-DETERMINAR CONDICIONES OPTIMAS DE OPERACIÓN.

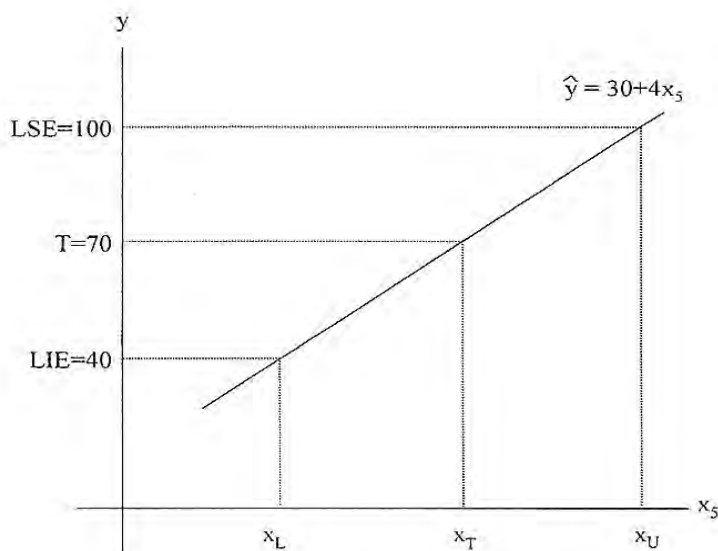
a) Determinar límites de diseño.

Objetivo: Determinar como debemos de operar o trabajar a fin de alcanzar el objetivo definido para el proyecto.

Generalidades: Si se cuenta con el modelo matemático que describe la relación de la variable de respuesta con los pocos vitales proceder a hacer un simulación en medias y desviación estándar de los factores a fin de lograr los objetivos de desempeño establecidos para la respuesta.

De haber usado otras herramientas como Pareto y/o AMEF, definir el plan de acción o propuesta operativa.

Proceso de definición de tolerancias de operación.



Considerando la variabilidad del sistema de medición de la "y" en la definición de tolerancias de operación.

**Capitulo 5:
Convertir la
solución estadística
a una solución
práctica.**

CAPITULO 5.- CONVERTIR LA SOLUCIÓN ESTADÍSTICA A UNA SOLUCIÓN PRACTICA.

5.1-Establecer plan y programas de mejora.

a) Identificar y analizar alternativas de solución.

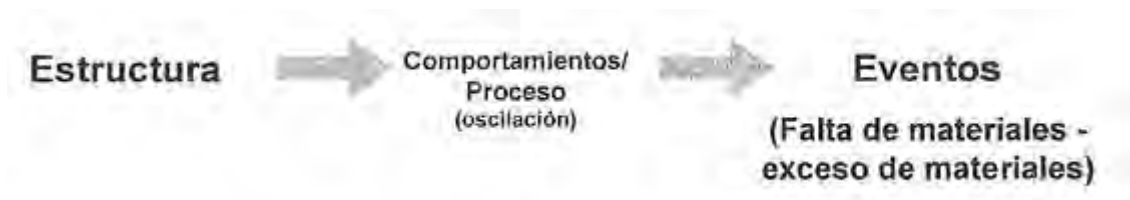
Herramienta: Pensamiento sistémico.

Generalidades: Las soluciones o propuestas de mejora que usted plantee deberán tener un enfoque sistémico, lo cual servirá tanto para evitar o preveer “efectos secundarios” como para asegurar su eficiencia, eficacia y perdurabilidad.

Un pensador sistémico siempre considera los siguientes elementos:

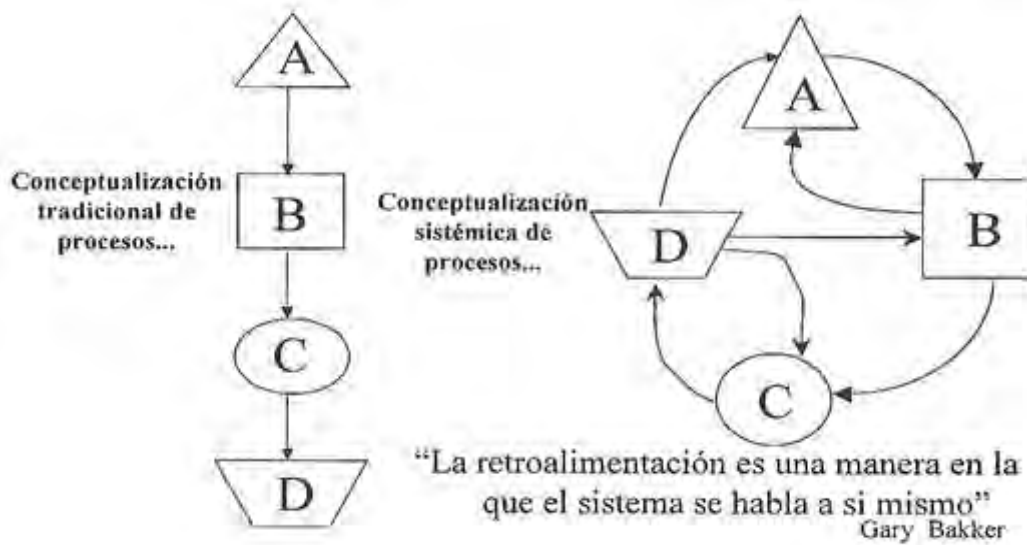
- Retroalimentación.
- Consecuencias en el tiempo.
 - Las cosas pueden empeorar antes de mejorar.
 - Las cosas pueden verse bien antes de empeorar.
- Las estructuras inducen comportamientos.

Dinámica sistémica.



- Una disciplina para ver el todo.
 - Forma de ver las interrelaciones en lugar de las cosas.
 - Marco de referencia para ver los patrones de cambio (Ver la película en lugar de la fotografía)
 - Disciplina para “ver” las estructuras detrás de situaciones complejas para percibir los cambios de alta influencia de los de baja influencia.
-

Retroalimentación.



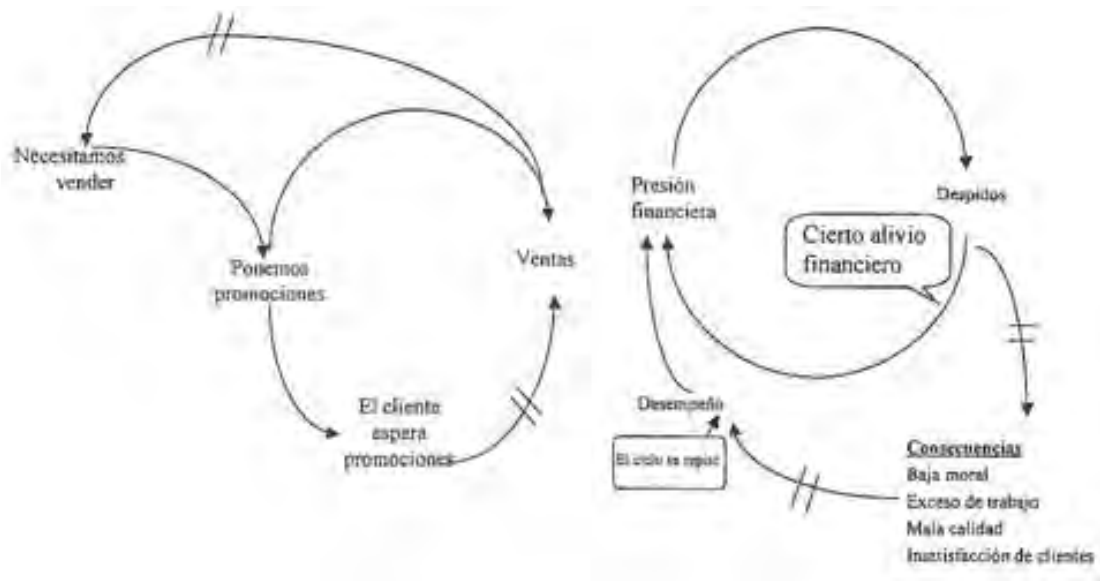
Considerar el efecto posterior en el tiempo.



Imagine que una persona lleva mucha prisa por no llegar a otra ciudad y no se detiene a cargar gasolina porque “pierde tiempo”...

- En sus propuestas de mejora, considere las implicaciones posteriores en el tiempo... un AMEF puede ayudarnos a preveer...

Consecuencias no anticipadas

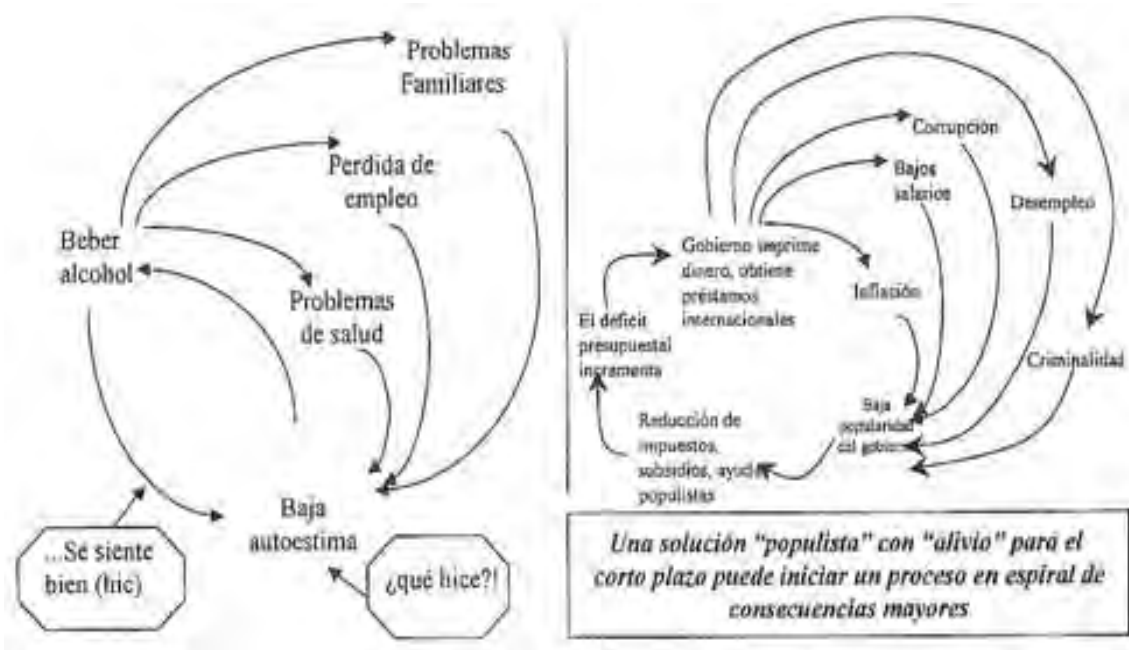


Las cosas pueden empeorar antes de mejorar.

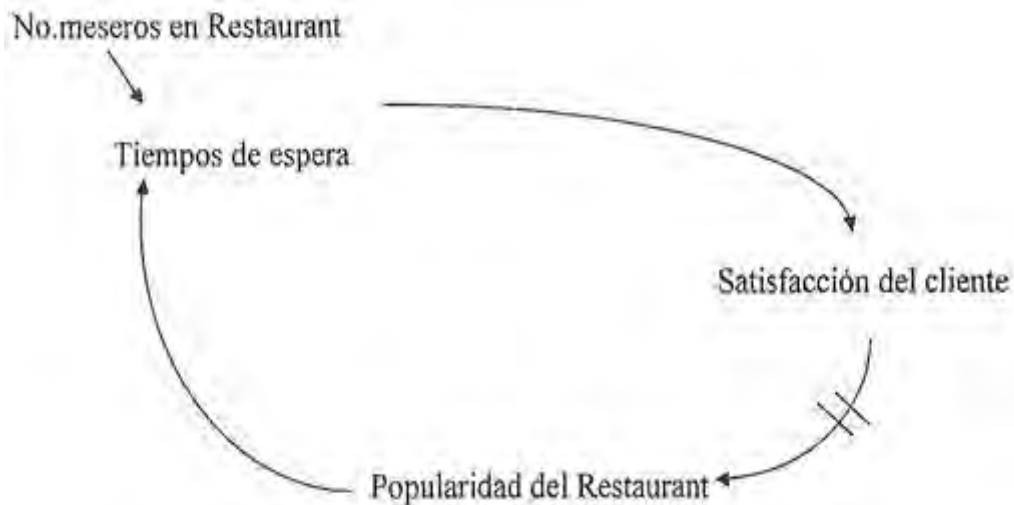
¿Por qué estudiamos o queremos que nuestros hijos estudien alguna carrera universitaria pudiendo trabajar desde jóvenes y percibir un ingreso económico con varios años de anticipación? ¿Por qué hacemos dieta?



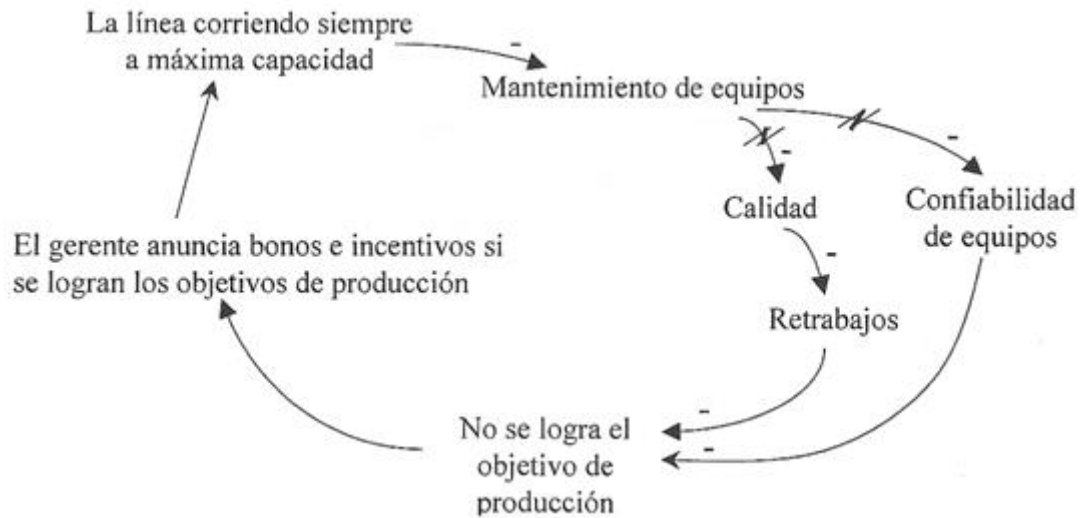
Las cosas pueden verse mejor antes de empeorar.



Las estructuras inducen comportamientos.



El pensador sistémico piensa en sistemas y estructuras no dependientes de las personas... “Si la falla es repetitiva, la falla es del sistema”.



El enfoque del pensamiento sistémico.

- Habilidad de ver “el todo”,
- Reconocer interrelaciones en situaciones complejas.
- Énfasis en las retroalimentaciones (Ciclos).
- Definición de comportamiento en el tiempo.
- Identificar puntos estratégicos para romper ciclos.
- Herramienta de análisis.
- Herramienta para la comunicación efectiva.

Mapas sistémicos.

- Empiece siempre con el problema o efecto seguido de la solución propuesta.
- Trate de generar al menos 2 “ramas” o efectos para cada elemento que vaya generando y tratar de incluir tanto “pros” como “contras” de las propuestas.
- En lo medida de lo posible trate de evitar adjetivos a los efectos, exprese el impacto mediante signos en las “ramas” de “llegada” a cada efecto. (“+” para efecto favorable y “-“ para efecto desfavorable)
- Realícelo lo mas rápido posible (De forma espontanea)).
- Trate de cerrar la mayor cantidad de ciclos posibles.

- Siempre piense en los elementos sistémicos (Impacto en el tiempo y a otros sistemas)
- Si es posible, genere al menos 2 mapas para el mismo problema de forma independiente: Ya sea hecho por 2 personas o equipos diferentes o bien. El mismo equipo o persona pero en diferente tiempo (Uno hoy y otro dentro de tres días o más).

Posteriormente compárelos y genere un tercer mapa considerando los elementos de los primeros 2 mapas.

Inferencia.



b) Seleccione la mejor alternativa de solución.

Herramienta: Análisis de riesgo.

Generalidades: Una vez que hemos determinado diferentes alternativas de solución y hemos analizado las implicaciones de cada una de ellas, es necesario seleccionar aquella que represente menos riesgo, para lo cual podemos utilizar la herramienta conocida como análisis de riesgos.

Procedimiento: El análisis de riesgo consta de los siguientes elementos:

- Criterios de decisión: Estos son los criterios que se utilizarán para tomar la decisión sobre la mejor alternativa de solución.
- En los criterios de decisión puede incluir o considerar las siguientes características para cada acción de mejora propuesta.

- Son efectivas.
 - Robustas.
 - Fáciles de implementar.
 - Baratas.
 - Sin efectos colaterales.
- Impacto: Se asigna un numero de impacto o importancia a cada uno de los criterios de decisión: 5= Muy importante, 3= Importancia media, 1= Importancia baja.
 - Probabilidad: Se asigna un numero de probabilidad de cumplir cada criterio para cada alternativa de solución: 5= Muy probable/Muy desfavorable, 3= Probabilidad media/Favorable, 1= Baja probabilidad/Muy favorable.
 - Riesgo: Se evalúa un riesgo por cada criterio de decisión/alternativa de solución. $Riesgo = Impacto * Probabilidad$.
 - Riesgo Total: Para cada alternativa de solución se evalúa el riesgo total sumando los riesgos de todos los criterios de decisión de dicha alternativa.

c) Definir plan de mejora.

Generalidades: Una vez que se ha decidido cuales van a ser las acciones de mejora y estas han sido consensadas por el equipo y aprobadas por la gerencia, deberá de planearse y programarse su implementación.

Para planear su implementación se puede utilizar la herramienta 5W2H:

- What = ¿Qué vamos a hacer?
 - Where = ¿En donde lo vamos a hacer?
 - Who = ¿Quién lo va hacer?
 - How = ¿Cómo lo vas a hacer?
 - Why = ¿Por que lo vamos a hacer?
 - When = ¿Cuándo lo vamos a hacer?
 - How much = ¿Cuanto nos va a costar la implementación?
-

Para programar la implementación de las soluciones se sigue haciendo mediante una grafica de Gantt.

d) Establecer programa de mejora.

Herramienta: Grafica de Gantt.

Procedimiento:

- 1) Llenar la información general del formato 2EF1.
- 2) Determinar las acciones a realizarse.
- 3) Definir responsables y fechas de compromiso.
- 4) Periódicamente graficar el estado que guardan las acciones.
- 5) Analizar el grafico poniendo especial atención a aquellas actividades retrasadas con respecto al plan.

Formato 2EF1

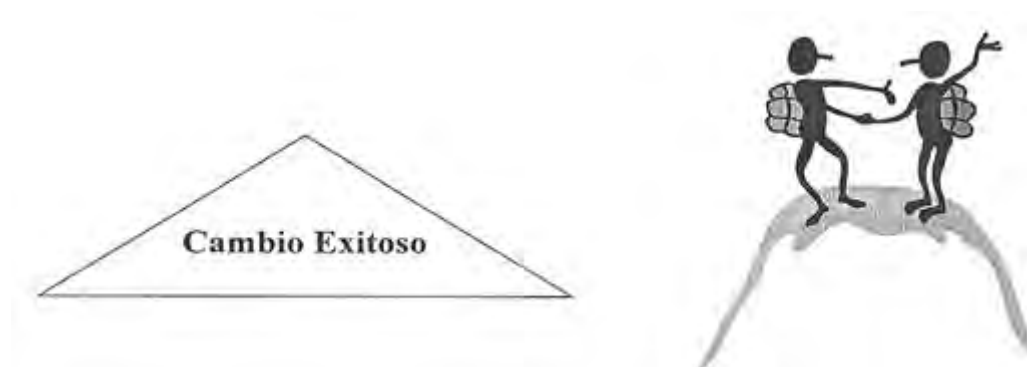
(NOMBRE DE LA EMPRESA)																
GRAFICO DE GANTT																
(NOMBRE DEL AREA O FUNCION)																
Fecha de Elaboración : Hoja ___ de ___														No. de Revisión : Fecha de Revisión :		
NOMBRE DEL PROYECTO :				OBJETIVO ESPECIFICO DEL PROYECTO :								ASPECTOS ESTRATEGICOS :				
FUENTE :												CALIDAD COSTOS PRODUCCIÓN MEDIO AMBIENTE/SEGURIDAD				
FASE	ACTIVIDAD	RESP.	P/R	1 9 9 9												%
				ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AVANCE
			P													
			R													
			P													
			R													
			P													
			R													
			P													
			R													
			P													
			R													
			P													
			R													
			P													
			R													
			P													
			R													
			P													
			R													
COMENTARIOS GENERALES :				RESPONSABLE DEL PROYECTO :				EQUIPO :				INDICADORES DEL PROYECTO :				

5.2.-EJECUTAR ACCIONES DE MEJORA.

Generalidades: una vez que se ha determinado las acciones necesarias para mejorar el proceso, es tiempo de ejecutar los cambios de forma exitosa.

Características de un cambio exitoso:

- Alcanzas los objetivos o metas establecidas.
- Se realiza en el tiempo y con los recursos planeados.
- Permanece (Perdura) en el tiempo.



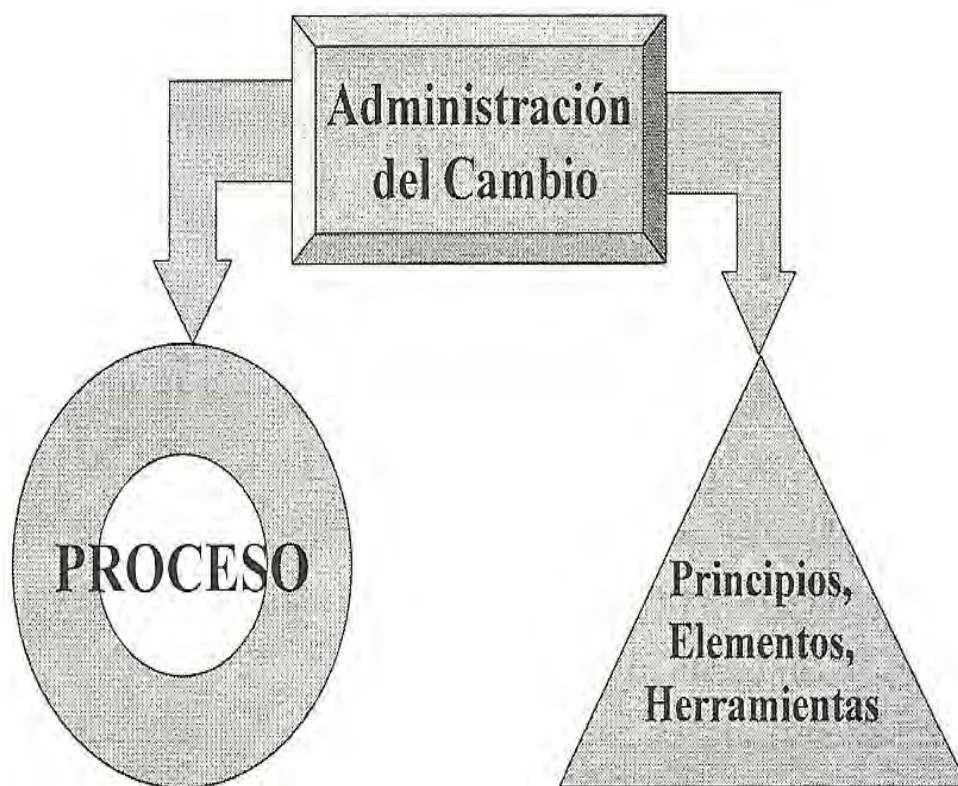
La mayoría de las iniciativas de cambio fracasan.

- Dos tercios de las iniciativas de TQM se paralizan debido a la falta de resultados.
- 70% de los esfuerzos de re-ingeniería fallan.
- Más del 50% de los esfuerzos de transformación corporativos fallan.
- El 75% de las empresas que hacen Downsizing buscan conseguir mejoras en su productividad pero solo el 25% de ellas lo consiguen.
- Más del 80% de las empresas certificadas en ISO-9000 realmente no tienen una operación de procesos estandarizada.
- ¿Por qué hacemos cosas que sabemos no deberíamos de hacer?
- ¿Por qué no hacemos cosas que sabemos que deberíamos de hacer?

Definición de administración del cambio.

Administración del cambio (Sustantivo): Es el proceso de manejar, tratar y controlar a las personas y las cosas de tal forma que se logre que algo sea diferente.¹

Administración del cambio (Sustantivo): Es el conjunto de principios, métodos y herramientas orientadas a reducir la resistencia de la gente a cambiar sus hábitos y comportamientos, así como manejar eficientemente los recursos disponibles con el fin de alcanzar exitosamente los objetivos del proyecto. En que consiste la administración del cambio.

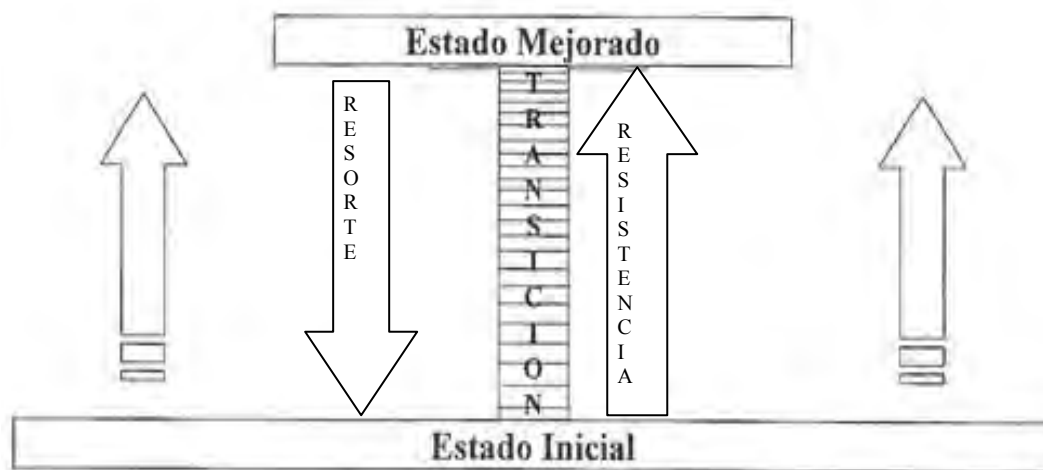


¹ Definición basada en "The New Oxford Dictionary of English", Universidad de Oxford 1998.

Ciclo de control del cambio.



Los estados del cambio.

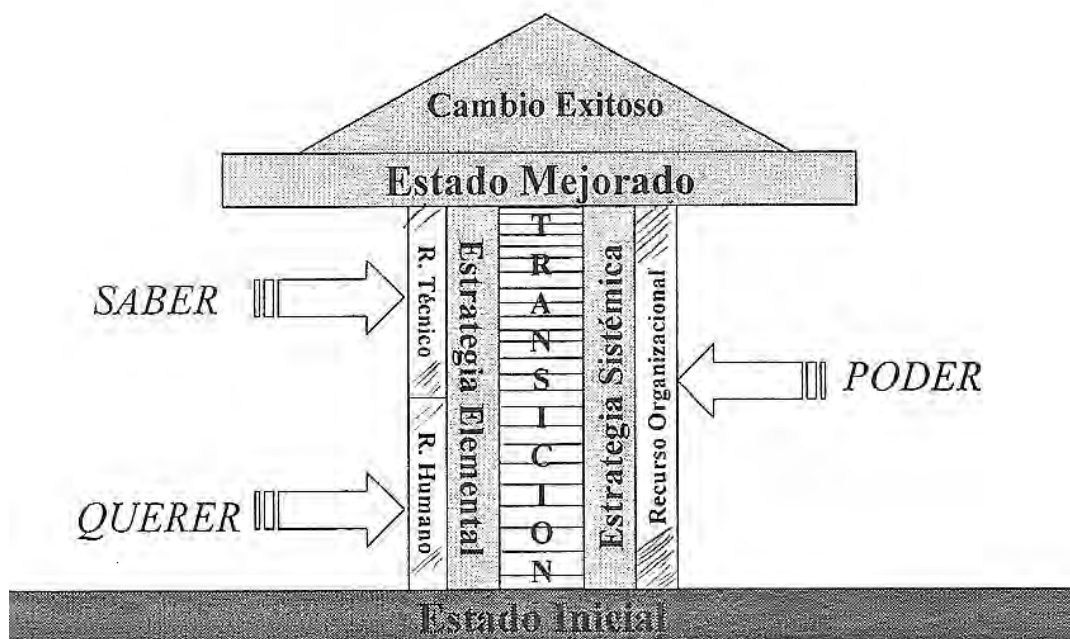


¿Cuál es el estado más peligroso y por que?

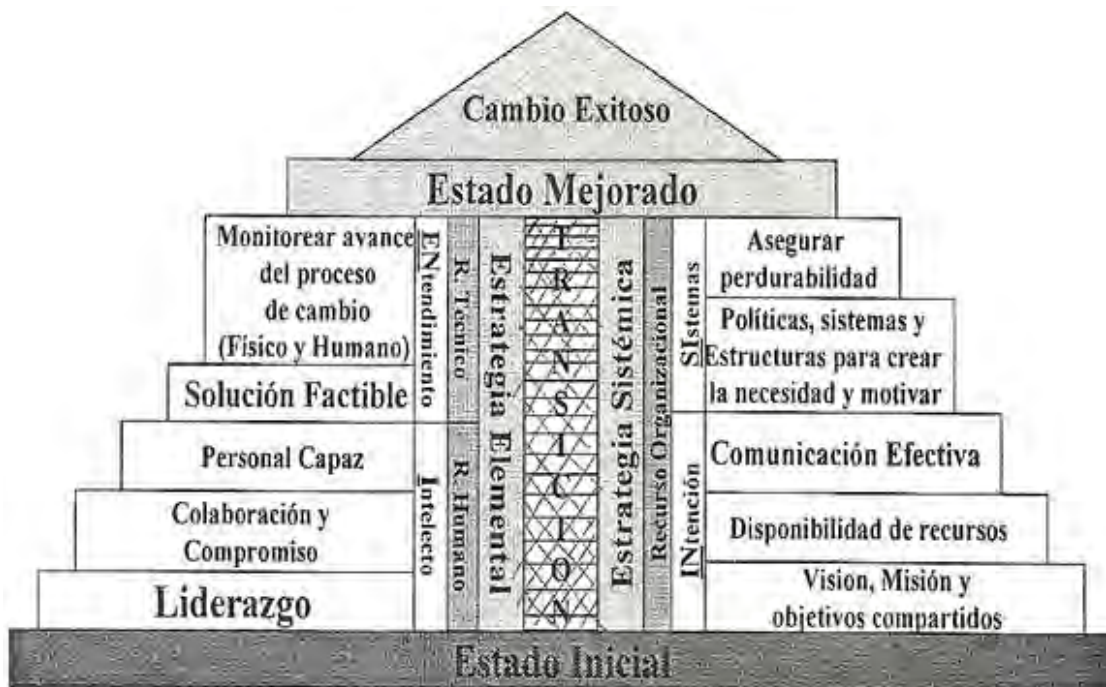
Estrategias para lograr un cambio exitoso.



Recursos para lograr un cambio exitoso.



Elementos para lograr un cambio exitoso.



Modelo de principios para la administración del cambio.

Vision, mision y objetivos compartidos.



Vision = Imagen mental vivida del futuro.²

Mision = Cometido, obra que una persona o colectividad se siente impelida a realizar.³

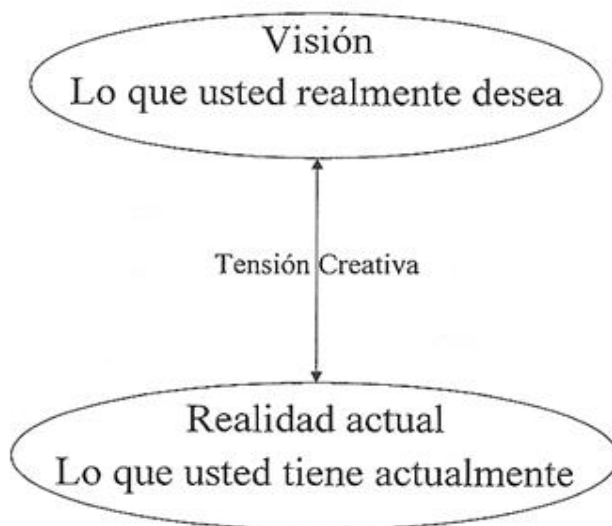
Despliegue de vision.

² Definición basada en "The New Oxford Dictionary of English", Universidad de Oxford 1998.

³ Diccionario Enciclopédico Éxito, Grupo Editorial Océano, 1990

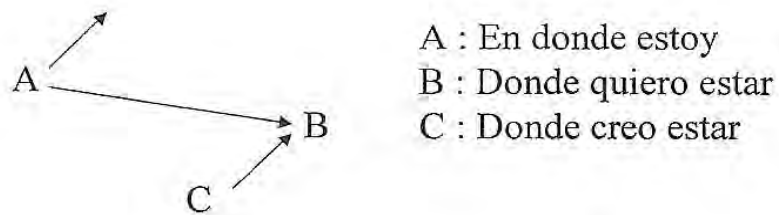


Visión vs. Estado actual.



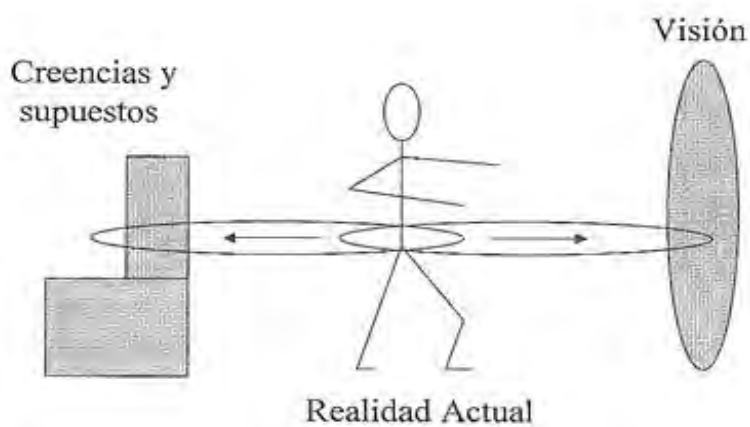
Encarando la realidad actual.

- La verdad vs. La verdad que vemos.
- Honestidad flexible vs. Lealtad a la verdad.
- Realidad actual: ¿Aliado o enemigo?
- Role de los modelos mentales.



**Una visión exacta de la realidad actual
Es tan importante como una visión clara**

Tension creativa.



Visión compartida.

- Compromiso: Crea las leyes y estructuras necesarias.
- Inscripción: sigue el espíritu de la ley.
- Cumplimiento genuino: Letra de la ley
- Cumplimiento formal: Acatamiento.

- Cumplimiento forzado.
- Incumplimiento.
- Apatía.

❖ *No existe visión.*

Modelo mentales.

Imágenes, supuestos e historias que llevamos con nosotros:

- Sobre nosotros mismos, los demás y el mundo en general.
- Son como lentes oscuros: ayudan, pero también distorsionan.
- Tácitos, no examinados y frecuentemente no han sido probados.
- Lo que peor, los modelos mentales determinan lo que vemos y hacemos.
- Clarificar los modelos mentales= Enfrentar la realidad.

¡Nuestras teorías determinan lo que medimos!

El poder de los modelos mentales.

- Una visión es un modelo mental.
- Una visión compartida es un modelo mental articulado.

¡Buenas noticias! Podemos crear nuevos y útiles modelos mentales.

La misión.

La misión es el que “Que vamos a hacer”, esto es, “para que vamos a hacer lo que estamos planeando”.

La misión tiene 4 elementos:

- Marco.
 - Acción.
 - Función.
 - Resultado.
-

Procedimiento para hacer una misión.

- 1) Determine el marco: Iniciativa, proyecto, cambio a realizar o implementar.
- 2) Identifique los posibles elementos que cree debe de contener su misión: pregúntese “Que es”, “Para que es” y “Que quiero obtener” de esta iniciativa/proyecto/cambio.
- 3) Agrupe las ideas y clasifique estas en Función (Que es), Acción (Para que) y resultado (Que voy a hacer).
- 4) Asigne un nivel de importancia a cada una de las ideas.
- 5) Redacte un texto que contenga los elementos anteriores dando mayor énfasis a los más importantes.

Disponibilidad de recursos:

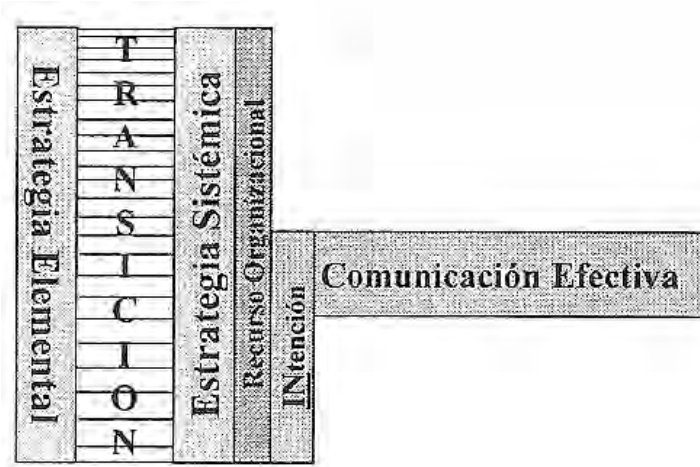
Recursos: Elemento de que una colectividad puede echar mano para acudir a una necesidad o llevar a cabo una empresa.⁴



Comunicación: La impartición o intercambio de información hablada, escrita, o por cualquier otro medio.

⁴ Diccionario Enciclopédico Éxito, Grupo Editorial Océano, 1990

La transmisión exitosa de ideas y sentimientos.⁵



Características de una comunicación efectiva:

- Clara/entendible.
- Concreta.
- Redundante.
- Confirmada.

Evolución del dialogo.



⁵ Definición basada en "The New Oxford dictionary of English", Universidad de Oxford 1998.

Liderazgo.

Líder: Jefe con la aceptación voluntaria de sus seguidores.

Líder: Impulsor o incitador de una conducta social.⁶

Liderazgo: Proceso de influir en el comportamiento de los individuos para el logro de un objetivo o meta.

Estilo de liderazgo: El comportamiento del líder según lo perciben los seguidores.



Evaluación del liderazgo.

$$L = 0.45 * S + 0.35 * B + 0.20 * C$$

Donde:

L = (Leadership) Liderazgo.

S = (Style) Compatibilidad de estilos de liderazgo.

B = (Behavior) Comportamientos y hábitos del líder.

C = (Characteristics) Características y habilidades.

⁶ Diccionario Enciclopédico Éxito, Grupo Editorial Océano, 1990

La mayoría de los líderes tienen las siguientes características:⁷

- 1) Visión.
- 2) Pasión.
- 3) Integridad.
- 4) Confianza.
- 5) Curiosidad.
- 6) Osadía/Toma de riesgos/Reto.

Los líderes tienen las siguientes habilidades:⁸

- 1) Visión de futuro.
- 2) Tiene control sobre los cambios.
- 3) Diseñan la organización.
- 4) Aprenden por anticipado.
- 5) Tienen iniciativa.
- 6) Independencia.
- 7) Alto nivel de integridad.

Los líderes tienen los siguientes hábitos:⁹

- 1) Proactivo.
- 2) Empieza con el final en su mente.
- 3) Pone las cosas importantes en primer lugar.
- 4) Actitud Ganar-Ganar.
- 5) Primero trata de entender a los demás y luego trata de que lo entiendan
- 6) Sinergia.
- 7) Se fija en los detalles.

⁷ Warren Benis, de la Universidad de Carolina del sur. (How to become a leader, Ed. Norma, 1990)

⁸ Burt Nanus, Universidad Carolina del Sur. (The leader's edge, New York contemporary books, 1989)

⁹ Stephen R. Covey (The Seven Habits of Highly Effective People, New York: Fireside, 1990)

Un líder es líder porque tiene seguidores y logra nuevos niveles de desempeño mediante el apoyo de ellos, por lo que un líder desarrolla otros:

- Selecciona a los mejores como parte de su equipo.
- Motiva e inspira mediante las condiciones de trabajo (El ambiente).
- Enseña habilidades para desarrollar competencias.
- Confronta: Se enfoca en la acción para obtener confianza.

Algunos factores de la situación que influyen en la eficacia del líder.

- El líder.
- Los seguidores.
- El supervisor.
- Los asociados claves.
- La organización.
- Los requerimientos de trabajo.
- El tiempo para las decisiones.

¡¡Estas variables no operan por separado, si no que interactúan!!

¡¡¡No hay líderes sin seguidores!!!

Gerente.

Misión: Convertir los talentos de las personas en desempeño (Resultados).



Función del gerente:

Acercar la reacción entre los talentos del empleado y las metas de la compañía: y entre los talentos del empleado y las necesidades del cliente.

Para hacerlo, el gerente debe de penetrar en cada empleado a la vez para liberar sus talentos singulares y transformarlos en desempeño.

Enfoque de un gerente.

Un gerente no trata de transformar o rediseñar a sus empleados, si no que reconoce que:

- Cada persona tiene motivaciones diferentes.
- Cada persona tiene su propia manera de pensar.
- Cada persona tiene su propio estilo de relacionarse con los demás.
- Cada persona tiene ciertas habilidades/capacidades y ciertas limitaciones.

Su enfoque es identificar los talentos de cada empleado individual y mejorarlos convirtiéndolos en mejores resultados para la compañía.

“La gente no cambia mucho, es mejor aprovechar lo que ya tiene”.

Responsabilidades de un gerente.

- 1) Seleccionar a los miembros de su equipo:”No se puede tener un equipo No.1 con jugadores No. 2 o No. 3. “La maldición de unos empleados mal seleccionados mengua todos los esfuerzos de motivación y desarrollo”
 - 2) Establecer expectativas: Equilibrar la necesidad presente de la uniformidad y la eficiencia con la necesidad igualmente apremiante de originalidad y creatividad.
 - 3) Motivar a sus empleados: El gerente debe de invertir mas tiempo en motivar y convivir con sus empleados que en papeleos, aprobaciones y controles.
 - 4) Desarrollar a las personas: Facilitar el éxito de sus empleados tanto en cargos actuales como hacia el futuro. ¡¡El gerente no tiene que saber todo!!
-

Gerente vs. Líder.

Los gerentes miran hacia dentro: Miran hacia dentro de la compañía, dentro de cada persona, hacia el interior de las diferencias de estilo, diferencias de metas, necesidades y motivaciones de cada quien orientándolos hacia la mejor manera de sacar a flote los talentos únicos de cada quien para convertirlos en desempeño.

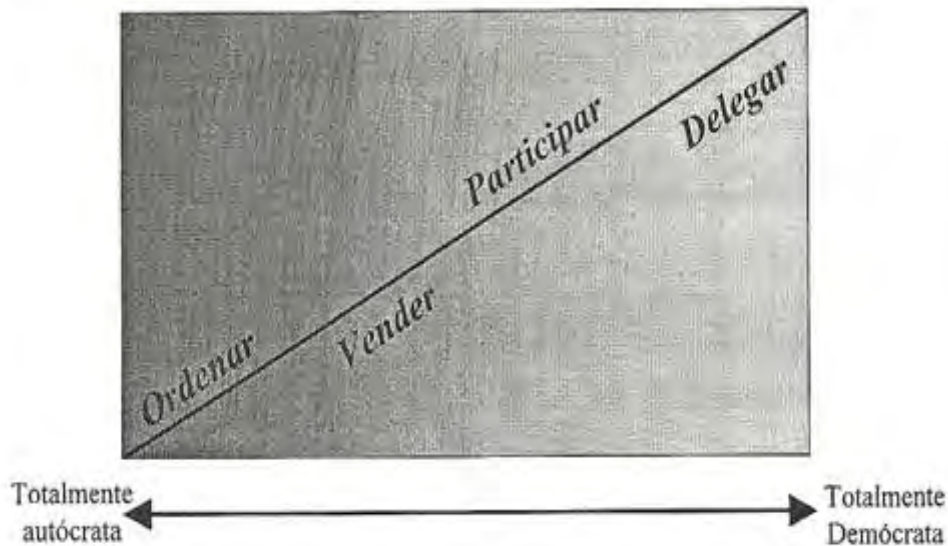
Los líderes miran hacia fuera:

Se ocupan de las competencias, del futuro, de otros caminos para salir adelante. Son visionarios, pensadores estratégicos, activadores. Se concentran en los patrones generales, las conexiones y las grietas para luego aplicar su ventaja en los puntos de menor resistencia.



Estilo de gestión.

Se pueden reconocer 4 estilos de gestión.



Madurez en el trabajo.

Cualquier estilo de gestión puede funcionar si se aplica adecuadamente, dependiendo de la situación o “madurez” de los individuos o el equipo liderado.

$$MW = Mo + Ed + Ex + Re$$

Donde:

MW = Madurez en el trabajo (Del equipo/grupo/individuo)

Mo = Motivación.

Ed = Educación.

Ex = Experiencia.

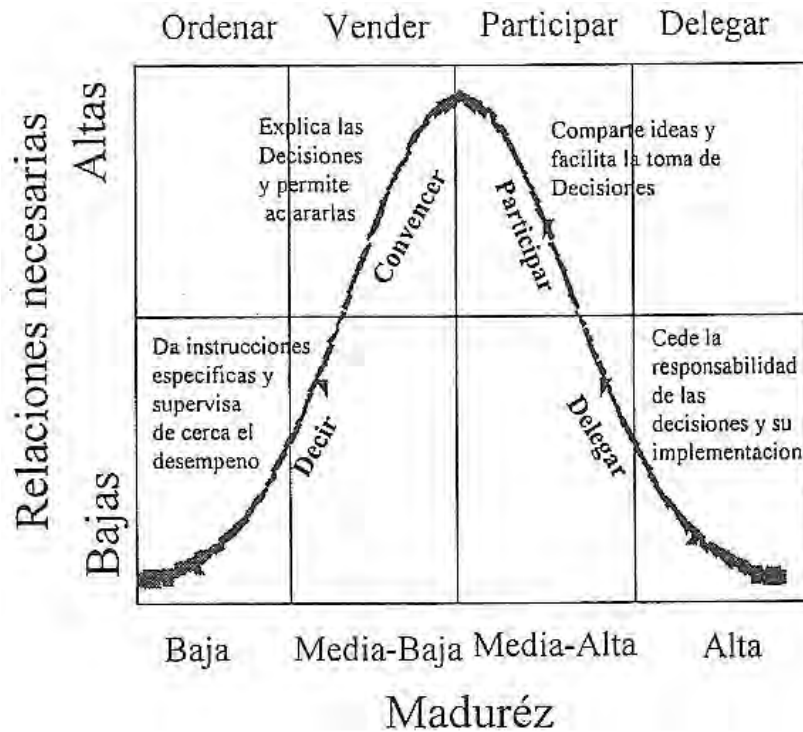
Re = Responsabilidad.

“Entre mayor sea la Madurez mejor debería de ser el nivel de “Democracia” en las decisiones”.



Matriz de decisión de estilo de gestion sugerido.

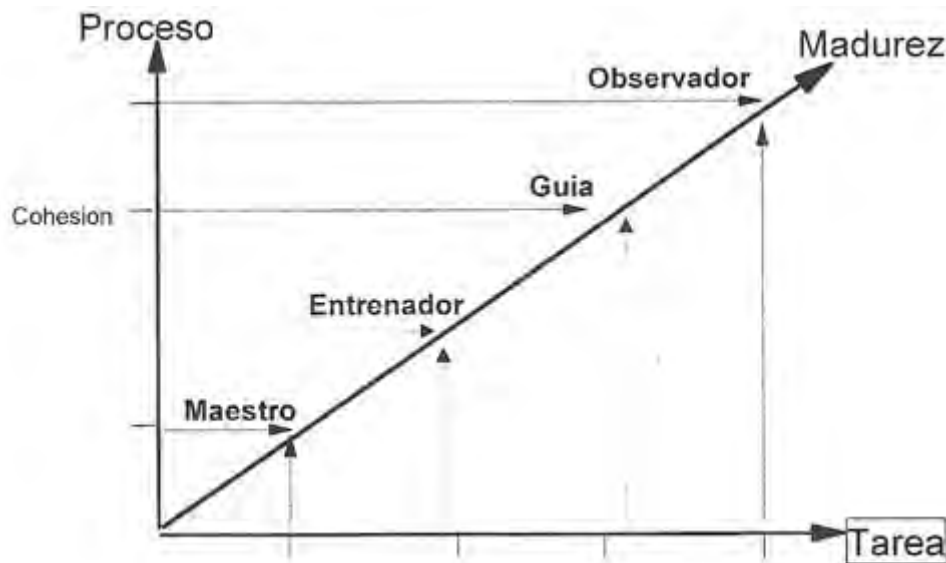
Estilo de gestion sugerido.



Direccion de la tarea vs. La madurez.

Madurez	Baja	Media-Baja	Media-Alta	Alta
Preparación	Incapaz e indispuesto o inseguro	Incapaz pero dispuesto o confiado	Capaz pero Indispuesto o inseguro	Capaz y Dispuesto o confiado
Dirigido por	El Gerente	El Gerente	El Seguidor	El Seguidor

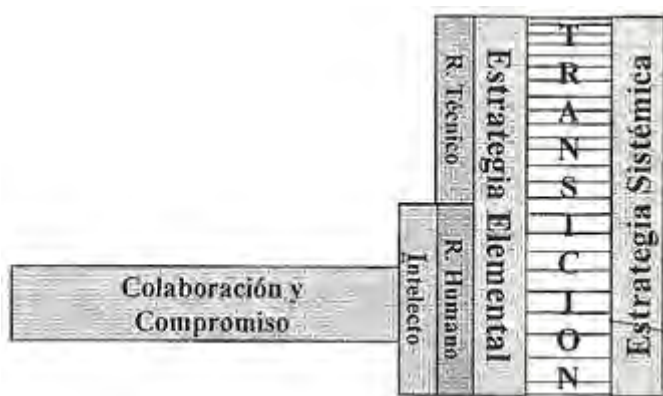
Actitud del gerente vs. La madurez.



Colaboración y compromiso.

Colaborar: Contribuir con el propio esfuerzo a la consecución o ejecución de algo en lo que se refiere al trabajo de unos u otros.¹

Compromiso: Obligación contraída, palabra dada, fe empeñada.¹⁰



Otras definiciones:

- Compromiso: El estado de estar dedicado a una causa o actividad. El acto de prometer o dejar de lado algo (Ejemplo: Tiempo o dinero). Un compromiso u obligación que restringe la libertad de acción (Ejemplo: Seguir el nuevo procedimiento).
- Colaboración: La acción de trabajar con alguien para producir o crear algo.

^{10,11}Diccionario Enciclopédico Éxito, Grupo Editorial Océano, 1990

- Interesado: Una persona con un interés o preocupación sobre algo.

Evaluando la colaboración y el compromiso.

Realice el análisis de los interesados/involucrados para su proyecto:

- Para cada persona/grupo con posición negativa, identifique las razones por las que se encuentra en dicha posición:
 - Razones técnicas (No sabe como hacerlo)
 - Razones organizacionales (No tiene los recursos)
 - Razones humanas (Hábitos, percepciones, posición)
- Una vez identificada la razón, siga la técnica de los 5 “por que” para encontrar las causas.
- Cuando se encuentre la causa raíz realice un plan de acción.



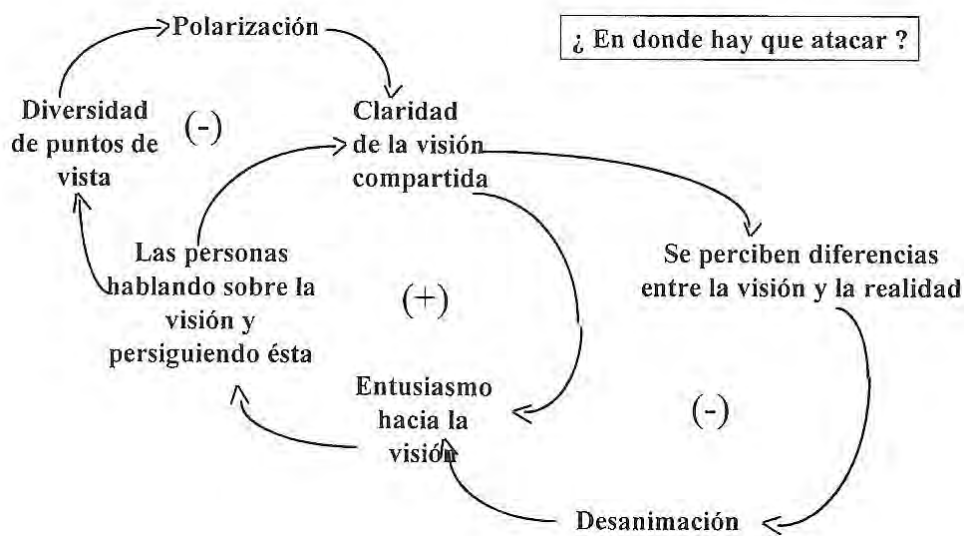
Visión compartida.



Aparece la realidad.



Visión y realidades.



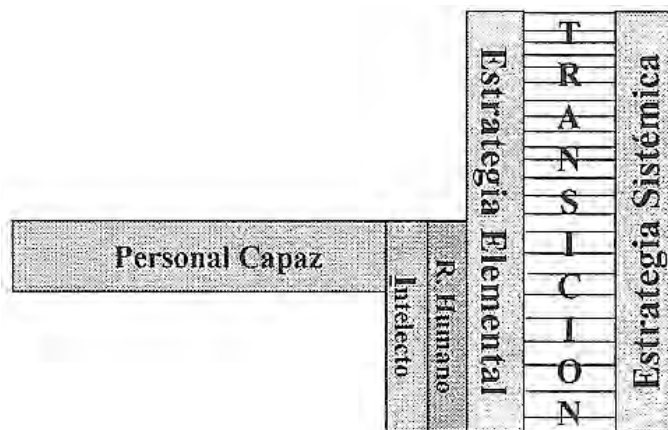
Puntos de apalancamiento sistémico.



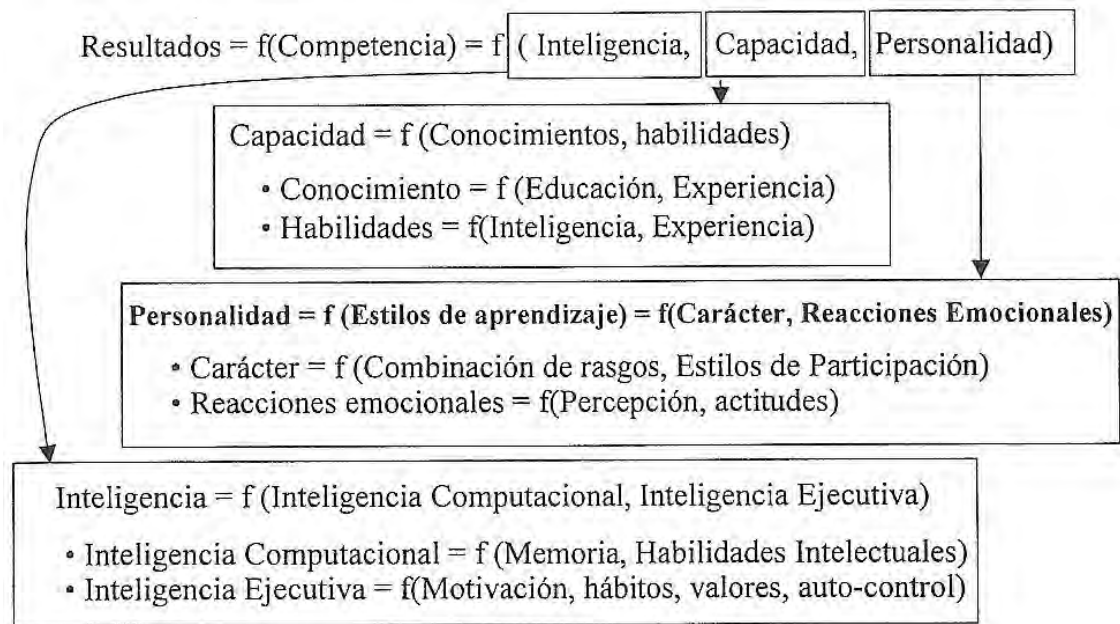
Personal capaz para la asignación.

Capacidad: Asimilar, grabar, crear información y usarla para resolver problemas.

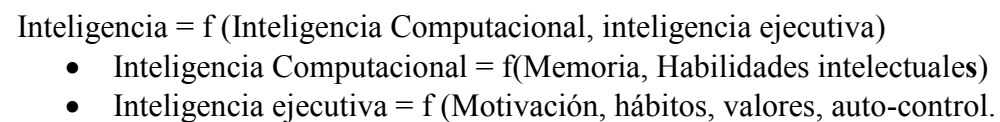
Capacidad: Aptitud o suficiencia para alguna cosa.¹¹



¹¹ Diccionario Enciclopédico Éxito, Grupo Editorial Océano, 1990



Habilidades intelectuales.



Inteligencia computacional: Conjunto de operaciones genéticas, mejoradas e incrementadas por el aprendizaje.

Habilidades intelectuales:

- ✓ Comprensión visual.
- ✓ Habilidades intuitivas.
- ✓ Habilidades intrapersonales.
- ✓ Velocidad computacional.
- ✓ Memoria.
- ✓ Habilidades lógico-matemáticas.
- ✓ Habilidades lingüísticas (Verbal y vocabulario).
- ✓ Habilidades espaciales.
- ✓ Habilidades musicales.
- ✓ Habilidades interpersonales.

- ✓ Habilidades corporales.
- ✓ Uso de la memoria.

Memoria: f (Tipos de memoria, mecanismos de registro y recuperación)

Tipos de memoria:

- Memoria visual.
- Memoria auditiva.
- Memoria táctil.
- Memoria gusto-olfativa.
- Memoria de movimiento.

Mecanismos de registro y recuperación.

- Mecanismo de registro y recuperación: f (Sensorial, de corto plazo, largo plazo).
 - Memoria de largo plazo: f (Memoria procesal, memoria declarativa).
 - Memoria procesal: Para hábitos y habilidades.
 - Memoria declarativa: Para hechos.

Inteligencia ejecutiva.

Inteligencia ejecutiva: capacidad para iniciar, dirigir y controlar la inteligencia computacional; Conjunto de operaciones mentales hechas de forma consiente.¹²

Valores y hábitos.

Hábitos y valores de las personas/empresas/países exitosos:

- Orientación a largo plazo.
- Valora la información/conocimiento objetivo/científico.
- Orden y limpieza.
- Honestidad/integridad.
- Responsabilidad/amor al trabajo.
- Enfoque al logro y mejora continua.

¹² Revista "Muy interesante" (No. 22, 1999)

- Respetar las leyes, regulaciones y derechos humanos.
- Sentido de la urgencia por ahorrar a incrementar la productividad.

Capacidad: Educación vs. Proceso de enseñanza.

Capacidad = f (conocimientos, habilidades)

- Conocimiento = f (Educación, Experiencia)
- Habilidades = f (Inteligencia, Experiencia)

Educación = f (Proceso de enseñanza, procesos de aprendizaje, estilo de enseñanza, madurez del aprendiz, exposición a la información).

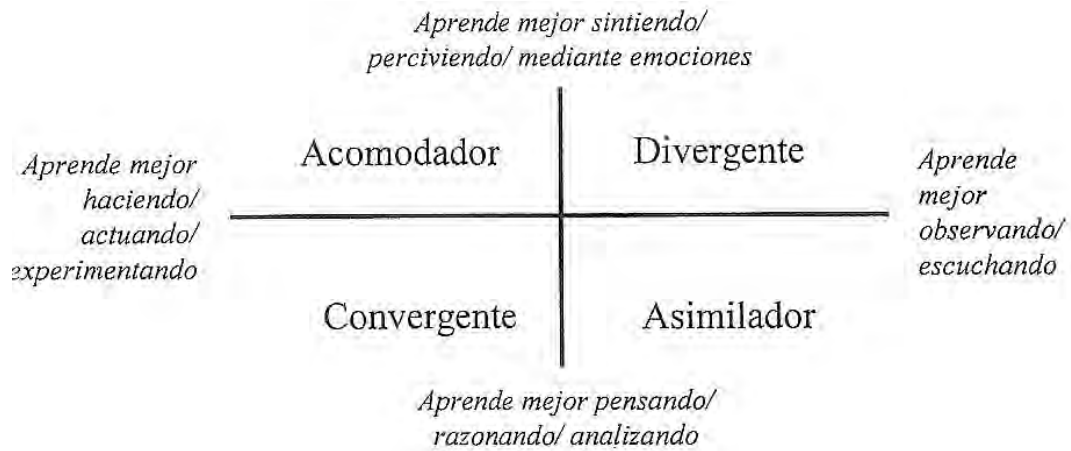
Proceso de enseñanza sugerido (GAAAS):

- **Goal directed:** Dirigido a objetivos.
- **Active process:** Proceso activo:
- **Applied immediately:** Aplicación inmediata.
- **Aware of progress:** Conciencia del progreso.
- **Spaced reinforcement:** Reforzar periódicamente.

Proceso de aprendizaje típico (SMART):

- **State objectives:** Plantear objetivos.
 - **Motivation:** Motivación.
 - **Assimilation:** Asimilación.
 - **Retention:** Retención.
 - **Transfer learning:** Transferir aprendizaje.
-

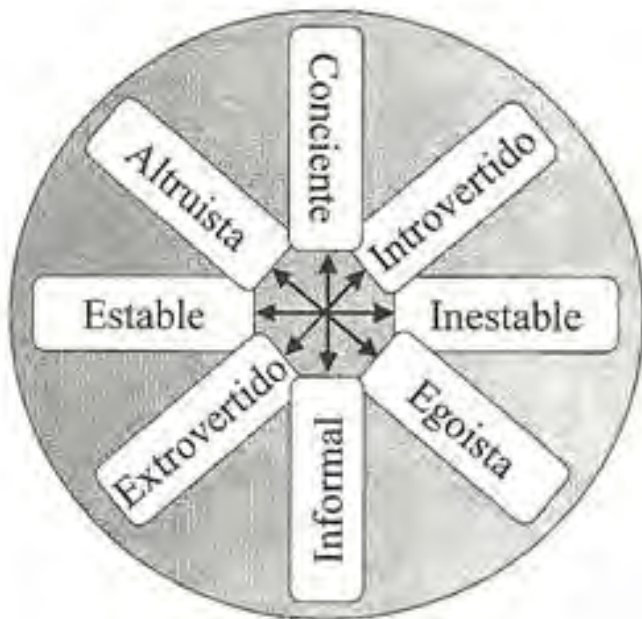
Existen 4 principales estilos de aprendizaje:



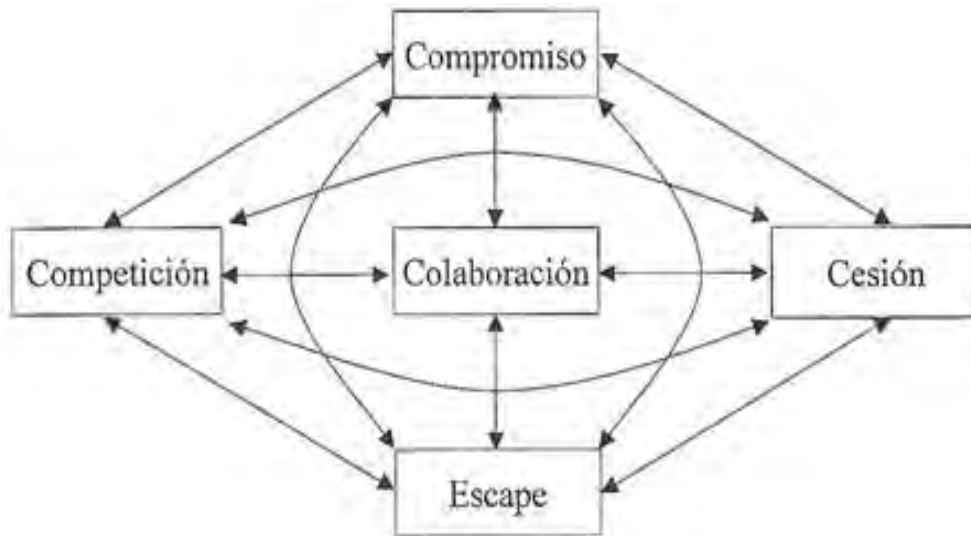
Personalidad: Combinación de rasgos.

Personalidad = f (Estilos de aprendizaje) = f (Carácter, reacciones emocionales)

- Carácter = f (Combinación de rasgos, Estilos de participación)
- Reacciones emocionales = f (Percepción, actitudes)



Estilos de participación dominante.

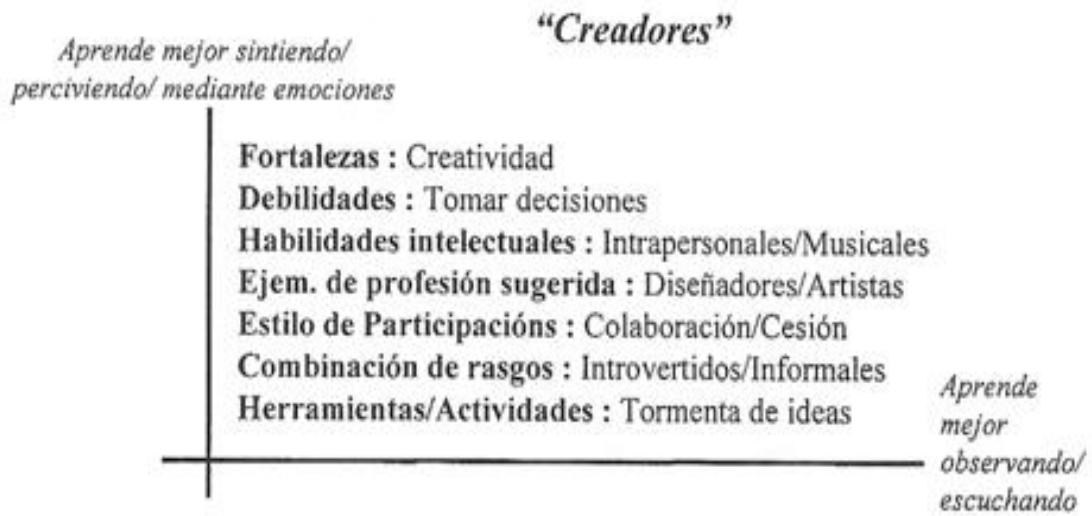


Personalidad vs. Estilos de aprendizaje.

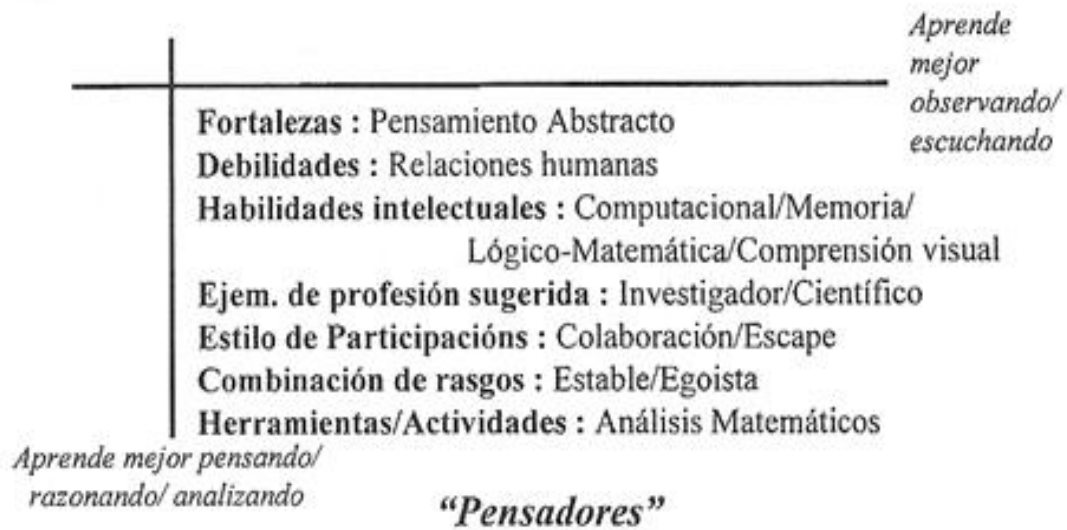
Acomodador.

	"Hacedores"	<i>Aprende mejor sintiendo/ perciviendo/ mediante emociones</i>
	Fortalezas : Relaciones humanas	
	Debilidades : Pensamiento Abstracto	
	Habilidades intelectuales : Interpersonal/intuición/Espacial/Corporal	
	Ejem. de profesión sugerida : Artesanos/Bailarines/RH	
	Estilo de Participacións : Colaboración/Compromiso	
	Combinación de rasgos : Altruistas/Inestable	
<i>Aprende mejor haciendo/ actuando/ experimentando.</i>	Herramientas/Actividades : Ejecución del plan de acción	

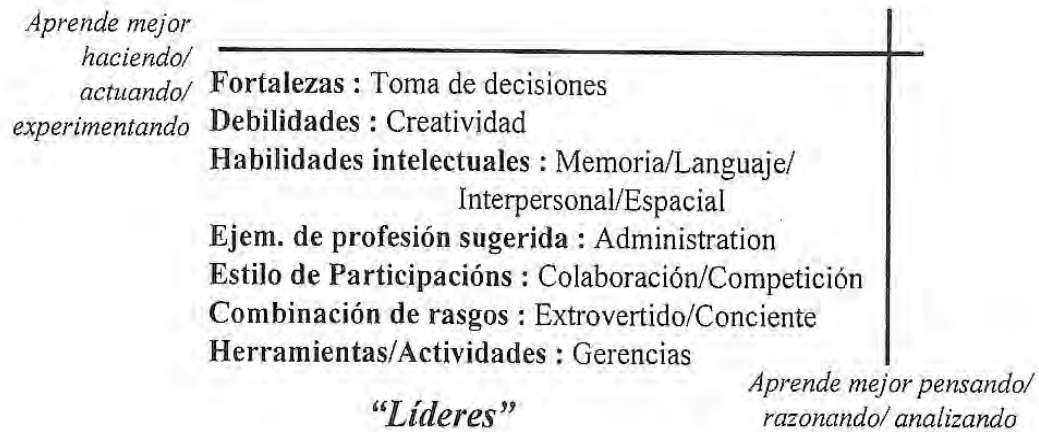
Divergente.



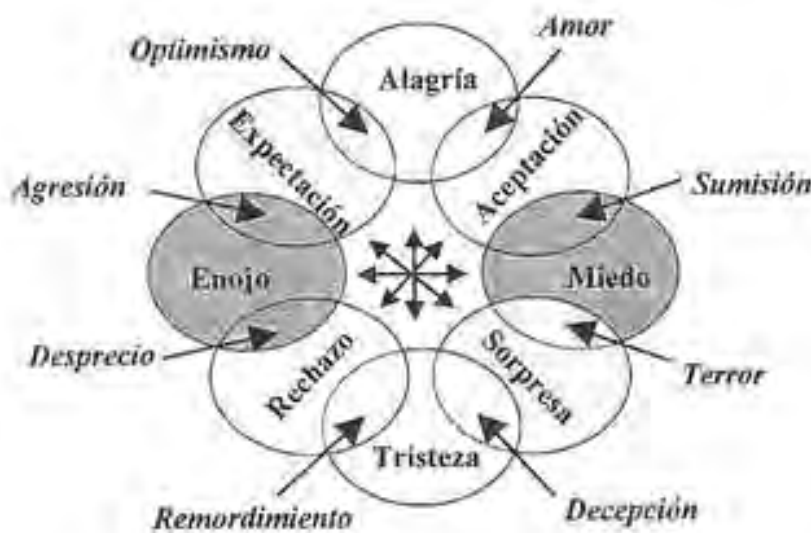
Asimilador.



Convergente.



Reacciones Emocionales.

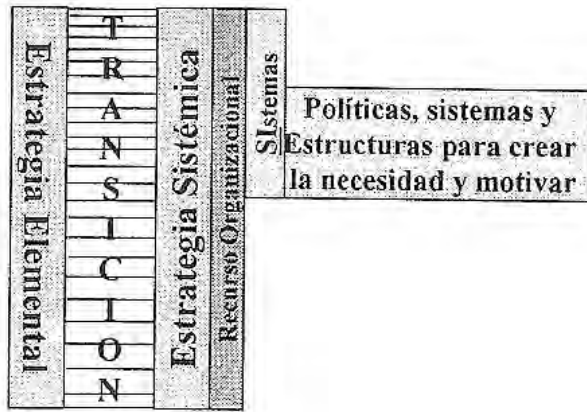


Políticas, sistemas y estructuras para crear la necesidad y motivar.

Motivo: Que mueve o tiene virtud para mover, impulso que induce a una acción consiente y voluntaria.

Necesidad: Estado del individuo en relación con lo que es preciso. Manifestación natural de sensibilidad interna que despierta una tendencia a cumplir un acto o buscar una determinada categoría de objetos. Manifestación periódica adquirida de la tendencia a cumplir ciertos actos que se han vuelto habituales o a utilizar determinados objetos.¹³

¹³ Diccionario Enciclopédico Éxito, Grupo Editorial Océano, 1990



Crear la necesidad y motivar.

Si las personas no sienten la necesidad de cambiar, no van a cambiar...

Identifique las necesidades de las personas y satisfaga sus necesidades cuando se comporten de acuerdo al estándar deseado.

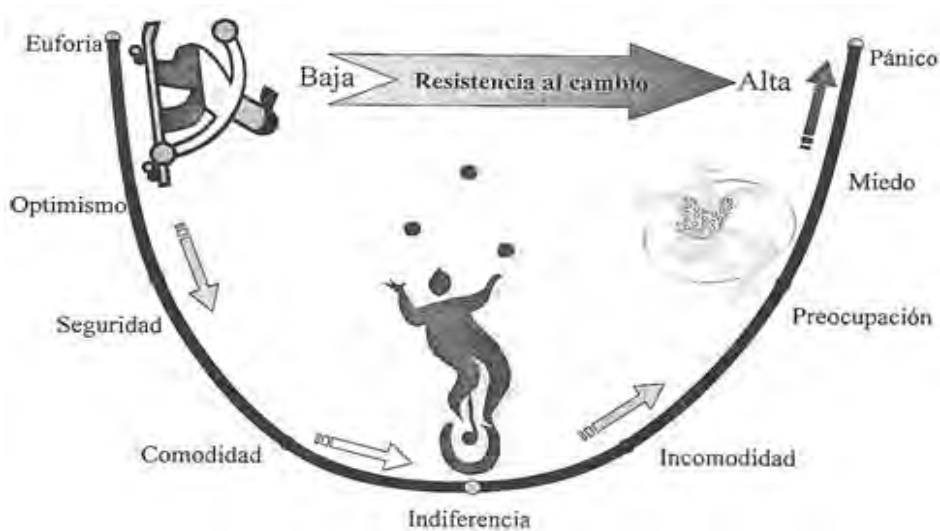


Resistencia al cambio > Necesidad de cambio \implies No hay cambio.

Resistencia al cambio = Necesidad de cambio \implies No hay cambio.

Resistencia al cambio < Necesidad de cambio \implies Cambio.

Motivación y percepciones vs. Resistencia al cambio.



Resistencia al cambio.

Principales razones por la que la gente se resiste al cambio:

- 1) Percepción de consecuencias negativas.
- 2) Tener miedo de tener que trabajar más.
- 3) Se necesita cambiar hábitos.
- 4) Falta de comunicación.
- 5) No considerar que el esfuerzo para cambiar debe de ser global o no incluir todos los aspectos de la organización en el cambio.
- 6) La gente percibe que se les esta requiriendo mas de lo que puedes hacer (Falta de capacidad).

La costumbre y la necesidad del cambio.

En ocasiones no se percibe la necesidad del cambio porque las amenazas no se perciben oportunamente o en absoluto:

Año	Participación japonesa del Mercado norteamericano	Reacción de Detroit
1962	Inferior al 4%	Ninguna
1967	Inferior al 10%	Ninguna
1974	Inferior al 15%	Ninguna
1980	21.3%	Curiosidad
1989	30%	Desesperación (Solo tenían el 60%)

Motivación.

Según Frederick Herzberg existen 2 clases de factores que afectan a la moral.

Factores en el trabajo que generan insatisfacción extrema:

Factores en el trabajo que generan satisfacción extrema:

Desmotivadores.

Motivadores.

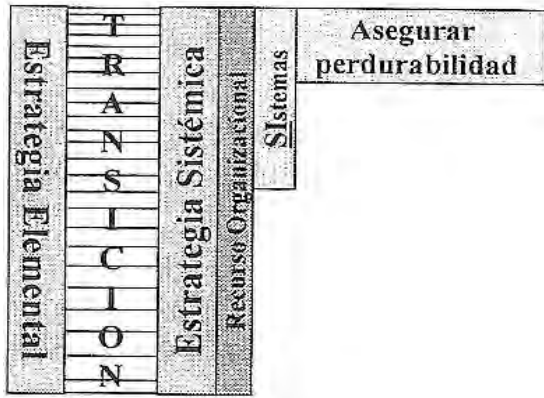
- **Políticas absurdas de la compañía.**
- **Mala administración.**
- **Supervisión excesiva.**
- **Malas relaciones con el supervisor.**
- **Condiciones de trabajo inadecuadas.**
- **Salarios injustos.**
- **Malas relaciones con los iguales.**
- **Poca vida personal.**
- **Malas relaciones con los subordinados.**
- **Bajo "status".**
- **Inseguridad.**

- **Logro.**
- **Reconocimiento.**
- **Responsabilidad.**
- **Avance.**
- **Crecimiento.**

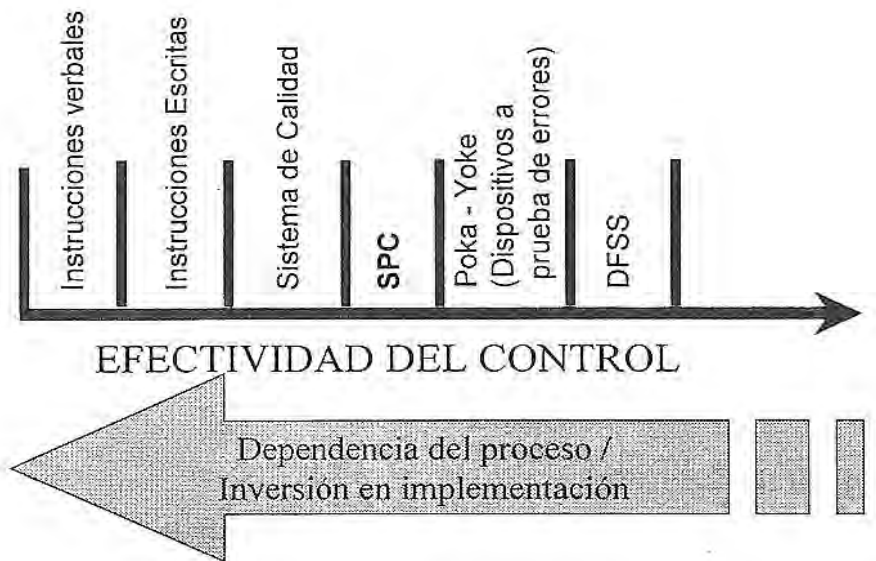
- Eliminar o reducir los factores desmotivadores (Higiénicos) no motiva.
- Incrementar motivadores sin decrementar los desmotivadores = ¡Agotamiento!

Asegurar la perdurabilidad del cambio.

El cambio es como un resorte: Es necesario ejercer suficiente “fuerza” durante el tiempo suficiente para poder “deformarlo”.



Controles para asegurar perdurabilidad.

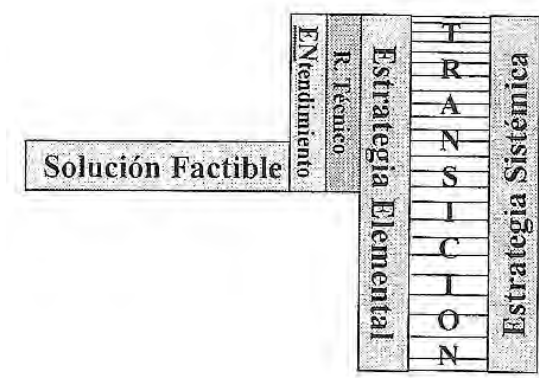


¡Emplear la técnica que asegure el mayor control con la menor inversión!

Solución factible.

Solución: Acción y efecto de resolver una duda o dificultad.

Factible: Que se puede hacer.¹⁴



Características deseadas de una solución factible.

Generalidades: Una vez que hemos determinado diferentes alternativas de solución y hemos analizado las implicaciones de cada una de ellas, es necesario seleccionar aquella que represente menos riesgos.

Criterios de decisión: Estos son los criterios que se utilizarán para tomar la decisión sobre la mejor alternativa de solución.

En los criterios de decisión puede incluir o considerar las siguientes características para cada acción de mejora propuesta:

- Son efectivas.
- Robustas.
- Fáciles de implementar.
- Baratas.
- Sin efectos colaterales.

Monitorear el avance del proceso de cambio.

Monitor: dicese de lo que sirve para avisar o relevar la presencia de algo.

¹⁴ Diccionario Enciclopédico Éxito, Grupo Editorial Océano, 1990

Avanzar: Adelantar, progresar o mejorar en la acción, condición o estado.¹⁵



Diagnostico mediante el perfil del cambio.

- 1) Dibuje el perfil del cambio para su proyecto.
- 2) Analice el grafico por el elemento.

I posición < 25% Estado inicial.

II 25 < posición < 75% Estado transición.

III posición > 75% Estado mejorado.



- 3) Dependiendo de los elementos con el perfil mas bajo, defina las acciones y estrategias que se necesita mejorar.

¹⁵ Diccionario Enciclopédico Éxito, Grupo Editorial Océano, 1990

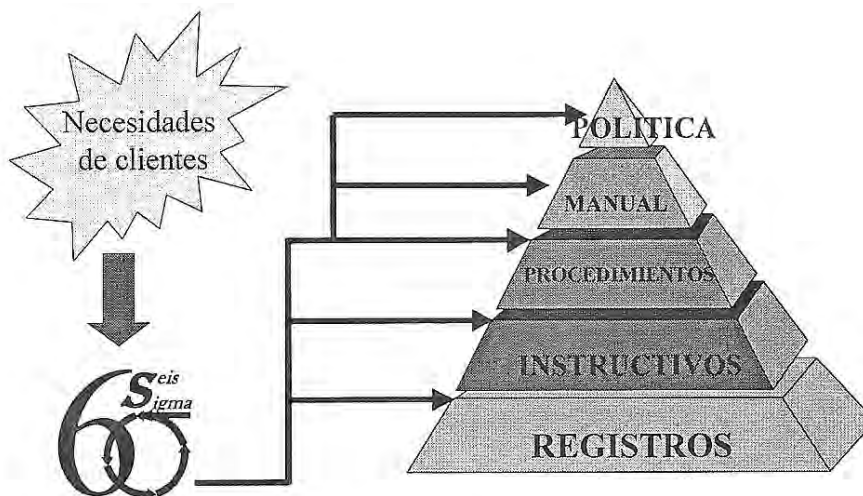


5.3.-IMPLEMENTAR CONTROLES DE PROCESO.

Generalidades: Una vez que hemos seleccionado los cambios necesarios para mejorar el desempeño del CTQ seleccionando el paso 1, debemos de asegurar que las mejoras van a perdurar en el tiempo, por que se hace necesario implementar controles que nos garanticen que la mejora se mantendrá.

Algunos de los controles mas usados son:

- 1) Documentar los cambios en el sistema de calidad (Procedimientos, instrucciones de trabajo escritas y registros de calidad y planes de calidad)
- 2) Institucionalizar auditorias.
- 3) Implantar graficas de pre-control, control estadístico y/o dispositivos a prueba de falla (Poka-Yoke).



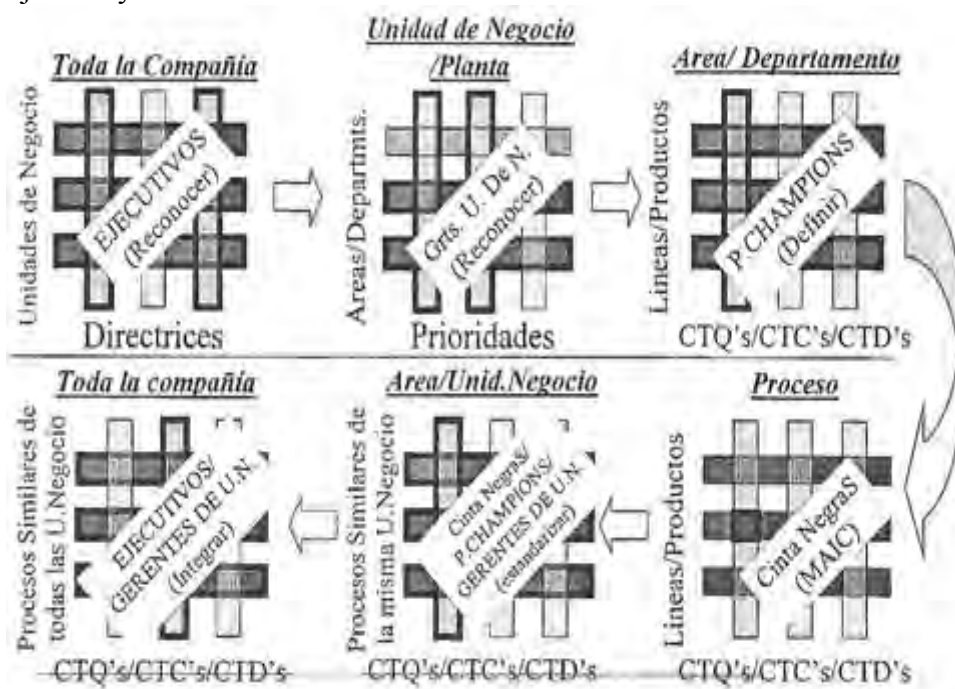
5.4.-TRASLADAR LAS MEJORAS.

Herramienta: Trasladar el conocimiento.

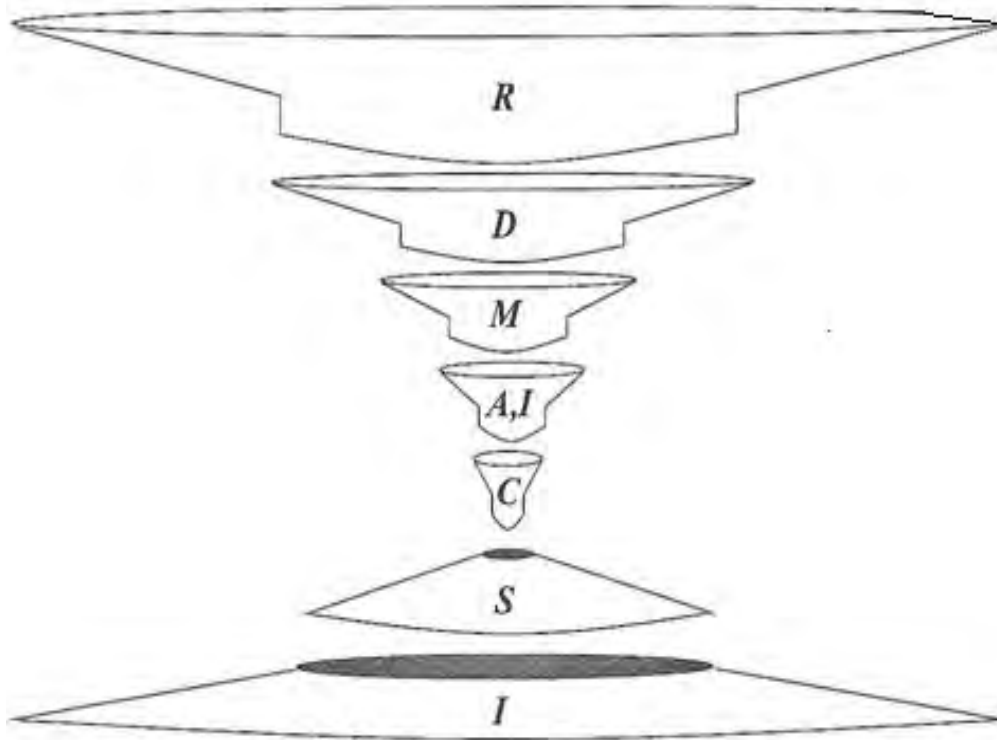
Generalidades: Una vez que se han documentado las mejoras e institucionalizado en los procedimientos y registro de calidad del sistema de calidad de la empresa, proceder a identificar posibles oportunidades de trasladar el conocimiento y mejoras implementadas en otros procesos o plantas.

La documentación en las bases de datos de proyectos es un excelente método para comunicar los beneficios del proyecto realizado.

Ejecutar y extender.



El proceso “Reloj de arena”.



5.5.-EVALUAR BENEFICIOS DEL PROYECTO.

5.6.-DOCUMENTAR PROYECTO.

Generalidades: El reconocimiento al esfuerzo y sus resultados es sumamente importante para mantener la vitalidad en la ejecución de proyectos Seis Sigma.



Formas de felicitar/Celebrar.

- Publicar la matriz de los miembros del equipo.
- Nominaciones en sistemas de reconocimiento existentes.
- Bonos económicos.
- Reconocimiento público.
- Entrega de distintivos, obsequios, etc.
- Comida/Cena para los miembros del equipo.
- Fiesta familiar.



CONCLUSIONES.

Cuando llegamos al final de nuestro camino a lo largo del método Seis Sigma esperamos que sea un principio para usted. De alguna forma este manual se ha limitado a arañar la superficie en cuanto a esquematizar las ideas, herramientas y disciplinas que configuran este sistema de gestión de calidad. (Hemos repetido algunos puntos lo suficiente como para que lector diga ¡¡Basta!! ¡Ya lo tengo!).

Aquí están algunos puntos claves para el éxito de Seis Sigma.

1. Enlace los esfuerzos Seis Sigma a la estrategia y prioridades.

Aunque sus primeros esfuerzos se dirijan a problemas bastantes precisos, su impacto sobre las necesidades fundamentales del producto o servicio ha de ser claro. Siempre que sea posible, conserve como los proyectos y otras actividades enlazan con los clientes, los procesos clave y la competitividad.

2. Situé Seis Sigma como un método mejorado para la gestión de hoy en día.

Los métodos y herramientas Seis Sigma tienen sentido para las organizaciones que triunfan en el siglo XXI. Son producto de las lecciones aprendidas por las empresas y directivos que los han aplicado, que se enfrentan a las dificultades del cambio rápido, de la competencia intensa y de las demandas crecientes de los clientes.

3. Mantenga el mensaje simple y claro.

Tenga cuidado de no confundir a la gente con términos extraños que puedan crear “clases” en un entorno Seis Sigma. Aunque el nuevo vocabulario y las habilidades forman, obviamente, parte de la disciplina Seis Sigma, el corazón del sistema y la visión de Seis Sigma deben de ser siempre accesibles y comprensibles para todo el mundo.

4. Desarrolle su propio camino hacia Seis Sigma.

Sus principios, prioridades, proyectos, formación, estructura: todo ello debe de decidirse en función de lo que mejor funcione para usted. Piense en ello: ¿Por qué tiene que haber una fórmula rígida para que un método cree una organización más flexible y con mayor capacidad de respuesta?

5. Céntrese a los resultados a corto plazo.

Pruebe la potencia de lo que puede hacer Seis Sigma para que su organización sea más competitiva y rentable, para que sus clientes se sientan más fieles y satisfechos. Desarrolle e impulse un plan que concrete los logros iniciales en los primeros cuatro o seis meses.

6. Céntrese en el crecimiento y desarrollo a largo plazo.

Consiga un equilibrio entre el impulso para obtener resultados rápidos y el reconocimiento de que esos beneficios deben fundarse en la potencia real de Seis Sigma: la creación de una organización con mayor capacidad de respuesta, orientada al cliente, resistente y prospera a largo del plazo.

7. Publique los resultados, admita los errores y aprenda de ambos.

No espere que Seis Sigma funcione perfectamente. Reconozca y celebre éxitos, pero preste igual atención a dificultades y a las decepciones. Este preparado para mejorar continuamente e incluso para diseñar los procesos Seis Sigma a medida que progresa.

8. Invierta en hacer que suceda.

Sin tiempo, apoyo y dinero los hábitos y procesos existentes no cambiarán gran cosa. Los resultados le traerán probablemente una rápida recuperación de la inversión, pero primero tendrá que hacerla.

9. Utilice las herramientas de Seis Sigma de forma apropiada.

Ninguna herramienta o disciplina individual de Seis Sigma puede producir clientes más satisfechos o mejorar los beneficios. Las estadísticas pueden responder a preguntas, pero no pueden dar servicios. Las ideas creativas pueden mantener un potencial pero, sin desarrollar procesos ni entregarlos, no son más que sueños. Su éxito en Seis Sigma depende de la aplicación de estos métodos con el equilibrio adecuado para maximizar los resultados. Debe valorar altamente el uso de las herramientas más simples, que funcionen, y no de las más complejas.

10. Vincule los clientes, procesos, datos e innovaciones para crear el sistema Seis Sigma.

Estos son los elementos clave del método Seis Sigma. Si comprende sus mercados, sus operaciones, y puede utilizar medidas y creatividad para aumentar su valor y el rendimiento, esa es la potente combinación que puede convertir la vida de sus competidores en un sufrimiento continuo.

11. Haga que la alta dirección se responsabilice y colabore.

Hasta que la alta dirección de la unidad de negocio o del departamento acepte Seis Sigma como parte de su trabajo (O lo haga formar parte de él), la verdadera importancia de la iniciativa quedará en entredicho y la energía que haya tras de ella se debilitará.

12. Haga de la formación una actividad diaria.

Unos cuantos meses de formación, aunque sea intensiva, no bastan para cimentar todos los conocimientos y habilidades necesarios para sostener Seis Sigma. Con el tiempo, deberá buscar fuera de la disciplina de Seis Sigma otros métodos e ideas que complementen las herramientas que hemos visto.

Ventaja adicional.

¡Haga de Seis Sigma una diversión!

Si, todo esto de la competencia y las medidas es serio; incluso, a veces, produce confusión o llega a asustar. Pero el método Seis Sigma abre la puerta a nuevas ideas, a nuevas formas de pensar y a un nuevo soplo de aire fresco de éxito. Añádele humor y pasara un buen rato con Seis Sigma, aumentando sus posibilidades de éxito: siempre que la gente disfruta con algo, le añade automáticamente más energía y entusiasmo.

BIBLIOGRAFÍA.

- Seis Sigma. Metodología y técnicas.
Autor: Edgardo J. Escalante Vázquez
Editorial: Limusa.
 - Administración y control de la calidad.
Autor: James R. Evans y William M. Lindsay.
Editorial: Thomson.
 - Las Claves De Seis Sigma
Peter S. Pande; Robert Neuman; Roland Cavanagh
Editorial: Mcgraw-Hill/Interamericana
 - Diseño de Experimentos
Autor: Douglas Montgomery
Editorial: Limusa
 - Estadísticas para administración y economía,
Autor: Anderson
Editorial: Thomson
 - Representación gráfica en el análisis de datos.
Autor: Pértega, D., Pita F. (2001)
Cad Aten Primaria; 8: 112-117.
 - <http://www.seissigma.com.mx>
 - <http://www.gensolmex.com/>
-

SIMBOLOS, ACRONIMOS Y ABREVIACIONES.

TQM: Gestión de Calidad Total.

ACT: Administración de Calidad total.

10X: Mejora de calidad 10 veces.

IMM: Instituto de Motorola de Manufactura.

DFM: Diseño para Facilitar la manufacturabilidad.

MDSS o DSS: Diseño para Seis Sigma.

100X: Mejora de calidad 100 veces.

IISS: Instituto de Investigación de Seis Sigma.

STC: Satisfacción Total del Cliente.

DPU: Defectos por Unidad.

QFD: despliegue de la Función de Calidad.

AMEF: Análisis del Modo y Efecto de la Falla.

DPMO: Defecto Por Millón de Oportunidades.

EVOP: Análisis Evolutivo del proceso.

ISO: Organización Internacional de Normas.

ISO 9000: Estándares de Calidad.

QS 9000: Estándares Derivados de ISO 9000

PPM: Partes Por millón

SIPOC: Proveedores, Entradas, Procesos, Salidas y Clientes.

CTQ: Críticos para la Calidad.

CTC: Críticos para el Cliente.

CTD: Críticos para la Calidad (entrega).

LIE: Limite Inferior de Especificaciones.

LSE: Limite Superior de Especificaciones.

Out-liers: Puntos generados por causas especiales de variación.

Z_s : Capacidad de control a corto plazo.

Z_i : Capacidad de control a largo plazo.

T_i : Tolerancia Inferior.

T_s : Tolerancia superior.

FCC: Factores Críticos de Calidad.

TPF: Total de Defectos Factibles.

Benchmarking: comparación competitiva.

ANOVA: Análisis de Varianza.

PNL: Programación Neuro-Lingüística.

SPC: Control Estadístico de Proceso.

DOE: diseño de Experimentos.

P_i : Percentil estandarizado.

P_s : Percentil estandarizado estimado.

M : Mediana estandarizada.

P_p : Potencial de proceso.

M : Mediana estimada.

Ppk : Índice de habilidad del proceso.

Y_{RT} : Eficiencia rolada.

Y_{FT} : Eficiencia de primer pasó.

Y_{norm} : Eficiencia normalizada.

Pp_i : Desempeño en términos de DPMO/PPM a largo plazo.

Pp_s : Desempeño en términos de DPMO/PPM a corto plazo.

R&R: Repetibilidad y Reproducibilidad.

Y: Eficiencia.

Z_{lts}: Índice de habilidad calculados a partir de los DPMO y Sigma a corto plazo

Z_{lti}: Índice de habilidad calculados a partir de los DPMO y Sigma a largo plazo

Rmt: Rango promedio total.

LRCr: Limite Superior de Control y rangos.

Xdif: Rango entre promedios.

Ev: Repetibilidad.

%Ev: Porcentaje de Repetibilidad.

Av: Reproducibilidad.

%Av: Porcentaje de Reproducibilidad.

%R&R: Porcentaje de Reproducibilidad y Repetibilidad.

u: Unidad.

σ o s: Desviación estándar.

σ_A²: Desviación estándar Aparente.

σ_P²: Desviación estándar Proceso.

σ_M²: Desviación estándar Medición

NAV: No Agregar Valor.

K: Constante.

ȳ: Media histórica.

H₀: Hipótesis nula.

H_a: Hipótesis alterna

μ: Media de una población.

(X): Entrada de crítico.

C: Entradas controladas.

JIT: Justo a Tiempo.

N: Elementos de entrada de ruidos.

STC: Suma de Cuadrados Totales por Repetibilidad.

SCE: Suma de Cuadrados del Error.

SCF: Suma de Cuadrados del Factor

Knob: Perrilla de ajuste.

EVOP: Operación Evolutiva.

e_{ij} : Error o residuo.

y_{ij} : Dato observado.

y_u : Dato esperado.

ECDF: Función de la Distribución Empírica Acumulada.

RSA: Response Surface Design.

Rsq: Regresión codificado.
