

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY
CAMPUS CHIHUAHUA**

**DIVISION DE PROFESIONAL Y GRADUADOS
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIAS Y TECNOLOGIAS**



**TECNOLOGICO
DE MONTERREY**

**DESARROLLO DE UN METODO DE SOLUCION DE
PROBLEMAS APLICADO A PROCESOS DE
MANUFACTURA
(METODOLOGIA DEEP)**

TESIS

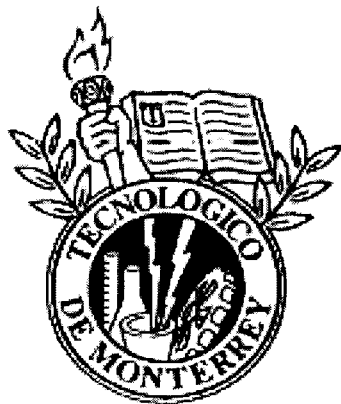
**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
ACADÉMICO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS ESPECIALIDAD EN
SISTEMAS DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD**

**POR
ROBERTO SERNA GUTIERREZ**

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY
CAMPUS CHIHUAHUA

DIVISION DE PROFESIONAL Y GRADUADOS
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIAS Y TECNOLOGIAS



DESARROLLO DE UN METODO DE SOLUCION DE PROBLEMAS APLICADO A
PROCESOS DE MANUFACTURA
(METODOLOGIA DEEP)

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
ACADEMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS ESPECIALIDAD EN SISTEMAS DE CALIDAD Y
PRODUCTIVIDAD

POR:

ROBERTO SERNA GUTIERREZ

CHIHUAHUA; CHIH, MEX.

MAYO DE 2006

Dedicatoria

A mi esposa Alicia,

Por ser parte integral de este sueño de principio a fin, por haber brindado su paciencia, soporte, comprensión, cariño, amor y ternura, durante estos años de estudio, sustentos que han sido parte fundamental para mi desarrollo profesional y personal, por estar siempre ahí, aun en los momentos más difíciles de mi carrera y por ser el motor de mi motivación que me lleve a ser un mejor ser humano día a día.

A mi madre Carmelita,

Por dotarme con un poco de lo mucho de su dulce y tierno corazón.

A mi padre Roberto (Q.E.P.D.),

Por heredarme el carácter, por enseñarme lo que es el amor a una esposa y por mostrarme las ganas de vivir aun en sus últimos días. Donde quiera que estés. ¡Te quiero mucho y te extraño más, viejo!

Agradecimientos

Agradezco primeramente e infinitamente a Dios y a todas las personas que colaboraron a que esta tesis de investigación fuera realizada con éxito.

En especial a mi grupo de Ingenieros y Técnicos del departamento de Ingeniería de Manufactura, ¡Gracias por hacerme sentir parte de Ustedes!.

A mi asesor el Ing. Fernando Ibáñez,

Por compartir su tiempo y conocimientos durante la etapa de contribución, retroalimentación y guía, que fueron de enorme valor para el desarrollo y término de esta tesis.

A mis sinodales la Ing. Karla Hernández y el Ing. Elías Solís,

Por sus acertadas y relevantes recomendaciones que fueron el valor agregado de esta tesis.

A todas las compañías,

Que de una u otra manera han formado parte de mi experiencia y que han forjado mi carácter laboralmente.

*“Fallamos más seguido por que atacamos el problema equivocado,
y no por que obtengamos las solución equivocada al problema correcto.”*

R. L. Ackoff.

Resumen

La presente tesis de investigación fue desarrollada en una empresa de manufactura automotriz de ensamblados electrónicos con tecnología de montaje superficial (SMT) y tiene como propósito fundamental presentar las experiencias de desarrollo y aplicación de la metodología de solución de problemas DEEP, en un ambiente de manufactura donde día a día se exige cada vez más y donde no hay lugar a la solución de problemas a través de la prueba y error.

En los capítulos 1 y 2 se presentan los objetivos de investigación y las hipótesis que conforman el marco metodológico a seguir de esta investigación.

El capítulo 3 menciona brevemente la revisión bibliográfica que compone a la tesis, donde se tiene gran influencia de autores japoneses, europeos y americanos.

A partir del capítulo 4 hasta el capítulo 7 se señala la base teórica que tiene la metodología DEEP, donde se verán los aspectos racionales y humanos para la solución de los problemas, los estilos personales, se adentrará en el concepto de la mejora continua y por último se dará un repaso a las herramientas y metodologías de solución de problemas más populares en las compañías de manufactura.

El capítulo 8 representa el resultado final de esta tesis de investigación donde se expondrá el origen y estructura de DEEP, así como, 2 ejemplos de las aplicaciones prácticas desarrolladas con esta metodología, por último en el capítulo 9, las conclusiones contestarán a los objetivos y las hipótesis planteadas en los primeros 2 capítulos con base a los resultados de el capítulo 8.

Índice de contenido

Dedicatoria	i
Agradecimientos	ii
Resumen	iii
Índice de Contenido	iv
Índice de Figuras	vi
Índice de Tablas	vii
Glosario	viii
1. Introducción	1
1.1 Objetivos de la investigación	2
1.2 Modelo conceptual	3
1.3 Importancia de la investigación	4
1.4 Confidencialidad de la información	5
2. Metodología de la investigación	6
2.1 Situación problemática	6
2.2 Hipótesis	8
2.3 Plan de desarrollo e implementación de la tesis investigación	9
2.4 Alcances y limitaciones	11
3. Revisión bibliográfica	13
3.1 Experiencias bibliográficas	14
4. Aspectos racionales y humanos de la solución de problemas	19
4.1 Patrones básicos del pensamiento	19
4.2 Liderazgo en la solución de problemas	20
4.2.1 Roles y actitudes de un líder	21
4.2.2 Clasificación de personas que resuelven problemas	23
4.2.3 Seis sombreros para pensar	25
4.3 Fundamentos de la solución de problemas	27
4.3.1 Razones para usar un método estructurado	27
4.3.2 Clasificación de los problemas	28
4.3.3 Definición del término problema	30
5. Mejoramiento continuo	33
5.1 Etapas del método de solución de problemas	33
5.2 Ciclo de mejora continua PDCA	36
5.3 La táctica hacia la mejora continua: Kaizen-Kairyo	38
6. Herramientas de análisis para la solución de problemas	41
6.1 Clasificación de las herramientas de solución de problemas	42
6.2 Diagrama de causa efecto	43
6.3 Gráfico de Pareto	44
6.4 Hoja de verificación	45
6.5 Histograma	46
6.6 Gráfico de dispersión	47
6.7 Gráfico de control	49
6.8 Diagrama de relación	50
6.9 Matriz de desempeño	52
6.10 Técnicas de muestreo	53
6.11 AMEF	53
6.12 Encuestas	55
6.13 Gráfico de tendencia	55
6.14 Gráfico de radar	57
6.15 Diagrama de flujo	58
6.16 Tormenta de ideas	59

6.17 Tormenta de ideas escritas	60
6.18 Cinco por que's	61
6.19 Análisis FDOA	62
7. Metodologías de solución de problemas	63
7.1 Los 7 pasos	64
7.2 Ruta de la calidad	72
7.3 Global 8D's	78
7.4 Seis sigma (DMAIC)	82
7.5 Otras metodologías	87
7.5.1 Cinco principios para la solución de problemas (5P)	87
7.5.2 Preparen-Apunteen-Fuego	89
7.5.3 TRIZ	91
7.6 Comparación básica de las metodologías	93
8. Metodología DEEP	95
8.1 Investigación de campo	96
8.1.1 Pruebas de estilo personal	96
8.1.2 Sondeo de metodologías y herramientas de solución de problemas	98
8.1.3 Resultados de la causa raíz	100
8.2 Estructura Metodología DEEP	101
8.3 Aplicaciones de la metodología	110
8.3.1 DEEP RNs 222	111
8.3.2 DEEP TM en SMT	114
9. Conclusiones	118
9.1 Respuesta a los objetivos	118
9.2 Respuesta a la hipótesis	119
9.3 Recomendaciones	119
Anexos	x
1 Plan de trabajo de la tesis de investigación	x
2 Dieciséis estilos personales	xi
3 Matriz de evaluación de estilo personal	xii
4 Sumario de herramientas de solución de problemas	xiii
5 Diagrama de flujo de AMEF	xvi
6 Tabla de severidad de AMEF	xvii
7 Tabla de ocurrencia y detección de AMEF	xviii
8 Global 8D	xix
9 Instrucciones para global 8D	xx
10 Cinco principios para la solución de problemas (5P)	xxi
11 DEEP	xxii
12 Resultado sistemático DEEP TM en SMT	xxiii
13 Relación de PDCA con otras metodologías y sus herramientas	xxiv
Bibliografía	xxv
Vitae	xxviii

Índice de Figuras

Figura 1.1 Modelo conceptual de la tesis de investigación	4
Figura 3.1 Ciclo de mejora continua PDCA	17
Figura 4.1 Roles y actitudes de un líder (enfoque PDCA)	22
Figura 4.2 Seis sombreros para pensar	26
Figura 4.3 Anatomía de un problema (Pokras)	31
Figura 4.4 Anatomía de un problema (Kepner y Tregoe)	31
Figura 4.5 Anatomía de un problema (Hosotani)	31
Figura 5.1 Regla del iceberg	34
Figura 5.2 PDCA a través del tiempo	39
Figura 5.3 Diagrama de flujo del ciclo PDCA	40
Figura 6.1 Diagrama de causa y efecto	43
Figura 6.2 Gráfico de Pareto	45
Figura 6.3 Hoja de verificación	46
Figura 6.4 Histograma	46
Figura 6.5 Gráfico de dispersión	48
Figura 6.6 Grados de correlación	49
Figura 6.7 Gráfico de control	50
Figura 6.8 Diagrama de relación	51
Figura 6.9 Matriz de desempeño	52
Figura 6.10 AMEF	54
Figura 6.11 Gráfico de tendencia	56
Figura 6.12 Gráfico de radar	57
Figura 6.13 Diagrama de flujo	58
Figura 6.14 Cinco por qué's	61
Figura 6.15 Análisis FDOA	62
Figura 7.1 Comparación método convencional – 7 pasos	64
Figura 7.2 Estructura semántica de un problema	65
Figura 7.3 Sigma versus PPM	84
Figura 7.4 Preparen – Apunten – Fuego	90
Figura 8.1 Resultados estilo personal	96
Figura 8.2 Pareto de herramientas conocidas	98
Figura 8.3 Pareto de herramientas usadas	99
Figura 8.4 Examen de análisis de causa raíz (Pokras)	100
Figura 8.5 Fase Ia: ¿Cuál es el problema?	102
Figura 8.6 Fase Ib: Objetivo	103
Figura 8.7 Proyectar y aterrizar acciones	107
Figura 8.8 DEEP RNs (Definición: Fase Ia y Ib)	111
Figura 8.9 DEEP RNs (Definición: Fase II)	112
Figura 8.10 DEEP RNs (Ejecución)	113
Figura 8.11 DEEP RNs (Estandarización)	113
Figura 8.12 DEEP RNs (Prevención)	114
Figura 8.13 DEEP TM en SMT (Definición: Fase Ia y Ib)	114
Figura 8.14 DEEP TM en SMT (Definición: Fase II)	115
Figura 8.15 DEEP TM en SMT (Ejecución)	116
Figura 8.16 DEEP TM en SMT (Estandarización)	116
Figura 8.17 DEEP TM en SMT (Prevención)	117

Índice de Tablas

Tabla 4.1 Estilos personales de solución de problemas	24
Tabla 4.2 Clasificación de los problemas	29
Tabla 5.1 Etapas del ciclo Shewhart – Deming (PDCA)	37
Tabla 5.2 Diferencias entre Kaizen y Kairyo	38
Tabla 6.1 Clasificación de la herramientas de solución de problemas	42
Tabla 7.1 Metodología de los 7 pasos	70
Tabla 7.2 Ruta de la calidad	75
Tabla 7.3 Global 8D	79
Tabla 7.4 Significados de seis sigma	83
Tabla 7.5 Seis sigma (DMAIC)	86
Tabla 7.6 Comparación de metodologías	94
Tabla 8.1 Análisis de pares	97
Tabla 8.2 Metodología DEEP	109
Tabla 9.1 Respuestas a los objetivos de investigación	118
Tabla 9.2 Respuestas a las hipótesis de investigación	119

Glosario

AIAG.- Siglas de una organización americana de la industria automotriz con sede en Michigan, EU.; del inglés: Automotive industry action group

Correlación.- Resultado de la relación existente entre dos variables.

Control de calidad.- Grupo de acciones encaminadas a mantener una situación en un estado deseado a través de empleo de técnicas de análisis estadístico.

DEEP.- Metodología de solución de problemas (Definición, Ejecución, Estandarización, Prevención).

DMAIC.- Metodología de solución de problemas derivada de la filosofía seis sigma (Define, Mide, Analiza, Incrementa, Controla)

Estadística de inferencia.- Es la ciencia que nos permite establecer inferencias (conclusiones más analíticas) sobre los datos y la información obtenida de la estadística descriptiva, como ejemplo serian: las pruebas de hipótesis, los diseños de experimentos, los análisis de regresión, etc.

Estadística descriptiva.- Es la ciencia que se encarga de recabar, resumir, reportar, y al macerar la información para analizarla a detalle, como ejemplo serian: las 7 herramientas básicas de análisis de datos.

ENG.- Ingeniería.

Estratificar.- Analizar a un siguiente nivel más detallado la variable o causa significativa.

GSM.- Maquina de alta precisión de colocación de componentes de tecnología de montaje superficial.

Horno de reflujo.- Maquina encargada de soldar los componentes de SMT a través de conveccion forzada por aire y precalentadores de resistencia

HSP.- Maquina de alta velocidad de colocación de componentes de tecnología de montaje superficial.

MPM.- Maquina de impresión de soldadura de pasta.

Metodologías de solución de problemas no estructurados.- También llamadas metodologías de solución de problemas suaves; Son aquellas que se encargan de atacar problemas complejos donde se involucra al ser humano con diferentes puntos de vista (Jackson, 2000).

PDCA.- Ciclo de mejora continúa Shewhart - Deming (del Ingles: Plan, Do, Check, Act).

PPM.- Métrico de calidad llamado también DPPM, y significa defectos de una parte encontrados en un millón de partes. Este métrico se emplea de esta manera para un proceso de manufactura de tarjetas electrónicas.

RPN.- Producto de multiplicar la severidad, ocurrencia y detección en un AMEF, del ingles: Risk priority number.

Seis sigma.- Filosofía de mejoramiento continuo de procesos que tiene como meta final alcanzar un nivel de clase mundial traducido en 3.4 ppm.

Sistemático.- Desplegar las acciones en abarcando todos los elementos de el sistema.

SMT.- Tecnología de montaje superficial.

TM.- Tiempo muerto.

TRIZ.- Metodología de solución de problemas de origen Ruso que significa: Teoría de solución de problemas de inventiva.

WS.- Soldadora de ola; Maquina encargada de soldar los componentes de ensamble manual o inserción automática por medio de un conjunto de precalentadores y un crisol con soldadura liquida.

8D.- Metodología de solución de problemas empleada en las principales compañías de la industria automotriz.

Capítulo 1

1.- Introducción

La solución de problemas representa uno de los mayores retos para las compañías, ya que en la actualidad educar y capacitar a su personal en una perfecta definición de problemas resulta difícil debido al tiempo requerido para esto, así como, el tiempo necesario para que el personal capacitado adquiera la suficiente destreza para su identificación.

Una errónea definición de un problema, la carencia de habilidad para determinar su causa raíz, la pésima ejecución y estandarización de las acciones, y la falta de prevención en la recurrencia del problema pueden llevar al caos financiero a cualquier compañía.

La mayoría de las metodologías de solución de problemas se pueden enmarcar en el ciclo de mejora continua del Shewhart - Deming, mejor conocido como PDCA. El Enfoque PDCA no permite apagar incendios; primero tienen que abordarse las causas fundamentales. Abordar la causa fundamental explica el 75 % del ciclo PDCA para la solución de problemas (Imai, 1998).

La adopción y seguimiento de un método de solución de problemas requiere el apoyo continuo de la alta Gerencia, pues para lograr que esta metodología se transmita hasta los niveles operativos es necesario un despliegue de actividades que aseguren la práctica diaria del ciclo PDCA de manera disciplinada.

Es así que esta investigación basada en las más comunes metodologías y herramientas de solución de problemas tiene como objetivo primordial exponer el desarrollo de un método de solución de problemas rápido y accesible (DEEP) para los trabajadores de la compañía donde se esté aplicando. También se expondrán aspectos psicológicos que influyen drásticamente en el desglose de un problema y la manera como las personas deben afrontar y liderar a un grupo para llegar a la causa raíz y tomar la mas adecuada decisión que resuelva el problema.

Así pues para permitir el desarrollo de esta tesis no solo en un contexto teórico, la presente investigación se desarrollo de manera práctica, aplicándola en una compañía manufacturera de electrónica líder a nivel mundial, específicamente en un proyecto automotriz de exigencia diaria en la solución de problemas y la prevención de los mismos.

1.1.- Objetivos de la Investigación

Esta investigación presenta como objetivo particular describir la experiencia de aplicación, para la invención y desarrollo de un método de solución de problemas llamado DEEP, en una compañía de manufactura electrónica automotriz, en el seno de una sección de un departamento de Ingeniería.

A continuación se mencionan los siguientes objetivos generales:

- Estudiar los elementos que conforman los problemas y cómo el ser humano se prepara para liderar su resolución.

- Estudiar las herramientas básicas empleadas en la solución de problemas.

- Estudiar las metodologías de solución de problemas más comunes y de mayor éxito en las compañías de manufactura, para tomar lo básico de cada una y adecuarlas a la necesidad de la metodología a desarrollar en esta investigación.

- Reducir los altos costos derivados de una falta de cultura de la prevención, pensamiento estructurado y de una mala toma de decisiones por no solucionar problemas adecuadamente.

- Establecer un diagnóstico de la habilidad para resolver problemas del grupo sobre el que se condujo la investigación y así proponer líneas de entrenamiento.

- Analizar las experiencias obtenidas durante el desarrollo e implementación de la metodología DEEP en la compañía y presentar sugerencias para investigaciones futuras.

1.2.- Modelo Conceptual

El modelo conceptual del objetivo de investigación se interpreta así: El Desarrollo del método de solución de problemas requiere del compromiso e involucramiento de la Dirección General y del personal para su educación y entrenamiento enfocado a empresas de manufactura como es el caso de la compañía en análisis.

Así pues, el desarrollo de esta tesis de investigación tendrá una estructura basada en el método científico con un análisis cuantitativo y cualitativo considerando su objetivo, viabilidad y justificación que lleven a la satisfacción de los clientes.

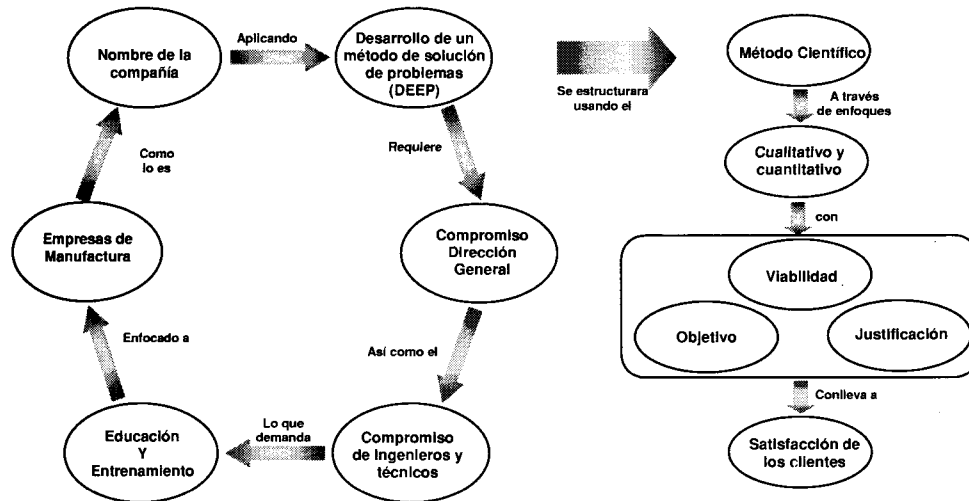


Figura 1.1 Modelo conceptual de la tesis de investigación

1.3.- Importancia de la investigación

La investigación tiene la esencia de adentrarse en los aspectos que el ser humano omite al tener presente un problema. Los problemas por si mismos causan ansiedad, irritabilidad y frustración ante la carencia de creatividad y de un método estructurado para llegar a la causa raíz real (Pokras, 1989); de ahí la importancia de identificar el grado de habilidad de las personas en la solución de problemas, que si resulta bajo deben ser entrenados.

También muestra de una manera resumida, las grandes ventajas y formas de aplicación de las herramientas y metodologías de solución de problemas más importantes y de mayor uso en las industrias de manufactura mundial. La principal contribución de esta investigación radica en la capacitación y adiestramiento del grupo

en investigación y sobre el cual se aplicó la metodología de solución de problemas DEEP, cabe señalar que con esto no se pretende desplazar a otras metodologías que son oficiales para resolver las quejas de cliente, pero si se tiene como misión principal fomentar y hacer crecer el pensamiento estructurado, de proceso y lateral a través de el manejo de las herramientas básicas de solución de problemas expuestas en un método de solución practico, rápido y sin complicaciones de entender.

También se pretende impulsar la base para crear un cambio en la cultura de los ingenieros que viven con los problemas a diario en las compañías de manufactura, lo cual conlleva a resultados extraordinarios reflejados en los métricos financieros y operativos de las compañías, además de fomentar un sentimiento de equipo y mejorar el ambiente laboral, haciendo a los trabajadores más cooperativos.

1.4.- Confidencialidad de la información

Esta investigación se realizó dentro de una empresa productiva transnacional del ramo electrónico automotriz, ubicada en nuestro país, por lo que tanto la información presentada en este documento muestra tendencias e información real; sin embargo, no es precisa en valores puntuales por razones de confidencialidad y en atención a los requerimientos propios de la compañía.

Capítulo 2

2.- Metodología de la investigación

Este capítulo será dedicado a mostrar la parte metodológica que se siguió para desarrollar la tesis de investigación, empezando por definir la situación problemática, indicando sus hipótesis, el plan de desarrollo e implementación de la misma, y por último los alcances y limitaciones de la investigación en cuestión.

2.1.- Situación problemática

La demanda en las compañías actuales debido a la constante y creciente satisfacción de los clientes, exige que los trabajadores de las mismas sean expertos en la definición y solución de los problemas. Es así que el enfoque del antiguo supervisor que estimula a las personas para que omitan la etapa de análisis de un problema ya no es viable (Imai, 1998).

Otros aspectos a los que se enfrenta el desarrollo de una metodología de solución de problemas son:

- El enfoque sociológico, el cual radica en que las personas temen el tener problemas en lugar de verlos como un área de oportunidad de mejora.
- Resultados a mediano y largo plazo, debido a que algunas compañías no creen en la educación y entrenamiento continuo de su personal en estas técnicas o metodologías.

- El método de solución de problemas adoptado por la compañía es más de modo reactivo que proactivo, fomentando con esto las malas prácticas de manufactura e impactando en los métricos de operaciones y financieros.
- No existe una estandarización en el método adoptado por la compañía.
- Falta de una infraestructura tecnológica adecuada para la recolección de datos que facilite el análisis de la información.

Después de haber definido la situación problemática en una forma generalizada,

Ahora se tratará la parte específica del problema que investiga esta tesis:

- Prevención: Reacción al existir el problema en lugar de desarrollar una mentalidad de prevención de los mismos.
- Pensamiento estructurado: Falta de un pensamiento ordenado de procesos para definir un problema.
- Tiempo: Falta de tiempo del personal involucrado en la solución del problema, ya que las jornadas de trabajo son de más de 12 horas en promedio.
- Análisis del problema: Juntas improductivas de más de 2 horas para solucionar una queja de cliente que lleva a dar acciones erróneas, las cuales finalmente no se cumplen y desprestigian a la compañía.

- Técnicas de análisis de datos: Falta de experiencia en la recolección y análisis de datos.

- Educación y Entrenamiento: Falta de personal educado y entrenado en estas metodologías

2.2.- Hipótesis

Las preguntas de investigación que se plantearon con la finalidad de seguir los objetivos de la tesis de investigación fueron:

- ¿Cuál es el nivel actual de conocimiento y educación del personal de la compañía en métodos de solución de problemas?

- ¿Cuál es el método o métodos de solución de problemas que la compañía ha adoptado?

- ¿Cual es el tiempo promedio en que se responden las quejas de los clientes?

- ¿Cuánto tiempo se dedica a la solución de problemas en una forma proactiva sin esperar una queja de cliente?

- ¿Qué ha hecho la compañía para capacitar a su personal en el desarrollo de un pensamiento estructurado?

- ¿Cuál es el grado de compromiso, participación e involucramiento del personal?

Por otro lado las hipótesis de investigación que se plantearon con la finalidad de seguir los objetivos de la tesis de investigación fueron:

- La principal complicación en los métodos de solución de problemas radica en la falta de entrenamiento para definir el problema mismo, su causa raíz y estandarizar las acciones.
- La segunda causa de una correcta solución de un problema se halla en la falta de tiempo suficiente para analizar datos y convertirla en información convincente.
- La tercera y no menos importante es el entrenamiento en herramientas básicas de estadística descriptiva y de inferencia.
- El éxito de un método de solución de problemas radica en el apoyo de la Dirección General para facilitar su despliegue a todos los niveles.

2.3.- Plan de desarrollo e implementación de la tesis de investigación

El plan de desarrollo e implementación de la tesis de investigación está dividido en las siguientes etapas (Anexo 1):

1. Presentación de la propuesta de investigación a la Gerencia y Dirección de Ingeniería de Manufactura de la compañía en análisis y al comité de tesis para su aprobación.

2. Seleccionar al equipo o área de trabajo donde se aplicará la metodología de solución de problemas y sobre quien se evaluarán las hipótesis de la tesis.

3. Diseño NO EXPERIMENTAL de la investigación: Se utilizará el diseño transaccional correlacional durante la implementación del sistema. Este diseño permitirá recolectar datos e investigar información en el periodo único de tiempo de la implementación. Este tipo de investigación no experimental se realiza sin manipular deliberadamente las variables, es decir, se observa el comportamiento de las variables tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlas y correlacionarlas (Hernández, Fernández, Baptista, 1998).

4. Programa de implementación y evaluación: El desarrollo de la implementación del método de solución de problemas se llevará a cabo bajo la plataforma Excel y Power Point de Microsoft Office; que serán sobre las cuales se efectuará el entrenamiento y el desarrollo teórico – práctico de los problemas y su metodología.
 - a) Sesión informativa.
 - b) Plan de entrenamiento.

- c) Desarrollo de plantilla para desarrollar la metodología de solución de problemas.
 - d) Práctica y depuración de la metodología de solución de problemas.
5. Diagnóstico y retroalimentación de la aplicación del método (Hipótesis):
Aquí se validarán los resultados de las hipótesis planteadas y su retroalimentación midiendo:
- a) Entrenamiento.
 - b) Tiempo de realización de la solución de problemas.
 - c) Facilidad en la comprensión.
 - d) Facilidad en el desarrollo.
 - e) Efectividad total (Resultados operativos y financieros) de la metodología.
6. Elaborar reporte escrito: La tesis de investigación tendrá la estructura y lineamientos recomendada por el manual de tesis para alumnos de la Universidad Virtual del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

2.4.- Alcances y limitaciones

Los alcances de esta tesis de investigación permiten identificar las áreas de oportunidad que las compañías de manufactura tienen para definir, identificar y solucionar sus problemas diarios que lleven a la mejora continua y en resultado final una satisfacción

total de sus clientes. Esta propuesta tiene un enfoque a mediano plazo y para ello se cuenta con la infraestructura y recursos necesarios; la propuesta es factible debido a que los recursos tecnológicos y humanos lo permiten, además de que los alcances de la misma están enfocados hacia una mejora en la efectividad de la compañía. La tesis de investigación se ha visto como una necesidad para ofrecer una mejor respuesta a los problemas y necesidades cotidianas de los clientes.

También es importante mencionar que la presente investigación se enfoca a la solución de problemas duros (estructurados), los cuales se pueden resolver a través de metodologías que siguen un pensamiento lógico y analítico.

La limitación radica principalmente en la aplicación de la metodología de solución de problemas DEEP en un sólo grupo de la compañía, así como la presentación de datos más concretos debido a la política de confidencialidad de la compañía en análisis.

Capítulo 3

3.- Revisión bibliográfica

Se elaboró una investigación bibliográfica con el propósito de recabar lo más importante referente a la solución de problemas, las metodologías y las herramientas básicas y actuales empleadas para llegar a una causa raíz. Las experiencias resultantes de algunos autores en la aplicación de estas metodologías fueron igualmente consultadas.

La revisión bibliográfica se realizó en bases de datos disponibles dentro de los recursos de información de la Biblioteca Digital del Tecnológico de Monterrey. Se realizaron búsquedas en bases de datos especializadas utilizando como descriptores palabras tales como solución de problemas, métodos de solución de problemas, técnicas de solución de problemas, herramientas de solución de problemas, causa raíz, toma de decisiones, ciclo Shewhart - Deming, PDCA, seis sigma, control de calidad, control estadístico y sus equivalentes a la lengua inglesa.

Se realizó una intensa búsqueda de libros tanto de la biblioteca del Campus Chihuahua y otros del sistema Tecnológico de Monterrey, así como de la adquisición de libros en los más prestigiados sitios especializados en su venta en línea.

Las bases de datos, artículos y libros se balancearon con el objetivo de orientar el marco conceptual, agregar valor y universalidad a la investigación, ya que la presente tesis tiene contribuciones de autores americanos, europeos y asiáticos.

3.1.- Experiencias Bibliográficas

A continuación se mencionará en una manera muy general las experiencias bibliográficas recabadas de los principales autores que contribuyen y sustentan esta tesis de investigación.

Cox (1994) indica que resolver problemas es una actividad que todos realizamos cada día, la mayoría de las veces de un modo automático. De hecho si uno empieza a analizar las actividades, se encontrará con un complejo diagrama de flujos de subrutinas y puntos de decisión que puede dejarle asombrado. Cada uno de esos puntos de decisión son un problema, una oportunidad de recibir información, sopesar las consecuencias y las alternativas y elegir la línea de conducta; También este autor recomienda, en primer lugar, conocer y comprender las preferencias que tenemos sobre la forma de resolver problemas y tomar decisiones, y de esa manera enfocar mejor las situaciones.

Kepner y Tregoe (1997) enmarca la importancia de la administración racional, empleando procesos de solución de problemas y toma de decisiones que mejoran las capacidades de pensamiento de las organizaciones. A esto le llaman lado humano del cambio; aportan también que a las personas les gusta resolver problemas, siempre y cuando existan cuatro condiciones:

- Que posean las habilidades necesarias para resolver los problemas que surjan.
- Que experimenten el triunfo al usar esas habilidades.
- Que sean recompensados por solucionar sus problemas exitosamente
- Que no le teman al fracaso.

Pokras (1989) menciona que el hecho de presentarse en medio de un problema causa ansiedad si no se cuenta con un sistema comprobado y lógico para llegar a la solución de los mismos; el error más grande en la solución de problemas es ocuparse de los síntomas en vez de atacar las causas originales. A veces, ni siquiera los expertos encuentran la razón fundamental por la que existe un problema. Cuando se combaten los síntomas reaparecen o surgen otros nuevos, y vuelve el mismo viejo problema.

De Bono (1985) indica que la dificultad principal para el pensamiento es la confusión. Intentamos hacer demasiado al mismo tiempo. Las emociones, la información, la lógica, la esperanza y la creatividad nos agobian. Es como hacer malabarismo con demasiadas pelotas; La contribución de los seis sombreros para pensar, permite separar la lógica de la emoción, la creatividad de la información y así sucesivamente.

Ammerman (1998) presenta un recorrido rápido a través de una metodología sistemática y organizada para identificar la causa raíz. Conceptualiza que la determinación de la causa raíz es un proceso de detección sistemático y de análisis de las posibles causas para determinar las acciones correctivas; indica que la combinación de una correcta recolección de datos y análisis de los mismos generan información importante para la búsqueda de la causa raíz, caso contrario nos llevaría a conclusiones pobres.

Andersen y Fagerhaug (2000) representan un excelente marco de teoría y experiencia en las herramientas y técnicas de solución de problemas, también

contribuyen al desglose de un problema y dan una guía de aplicación para seleccionar la herramienta correcta según la etapa de desarrollo del problema.

Dentro de la bibliografía que enmarcan esta tesis de investigación no podía faltar la escuela japonesa, que con las contribuciones del Dr. Deming son base fundamental para los métodos de solución de problemas más reconocidos y empleados en la actualidad por las compañías de manufactura.

Imai (1998) El ciclo PDCA es un vehículo que garantiza la mejora continua a través del seguimiento de una política de mantener y mejorar estándares, este es uno de los conceptos más importantes del proceso; Planear se refiere a establecer un objetivo para mejoramiento y trazar planes de acción para lograrlo, hacer es la implementación del plan, verificar se refiere a determinar si la implementación sigue su curso y si hay mejora, actuar finalmente es ejecutar y estandarizar los nuevos procedimientos para prever la recurrencia.

Ishikawa (1985) redefine el ciclo PDCA dividiéndolo en seis categorías:

➤ Planear:

- 1.- Determinar metas y objetivos
- 2.- Determinar métodos para alcanzar las metas

➤ Hacer:

- 3.- Dar educación y capacitación
- 4.- Realizar el trabajo

➤ Verificar:

5.- Verificar los efectos de la realización

➤ Actuar:

6.- Empezar la acción apropiada

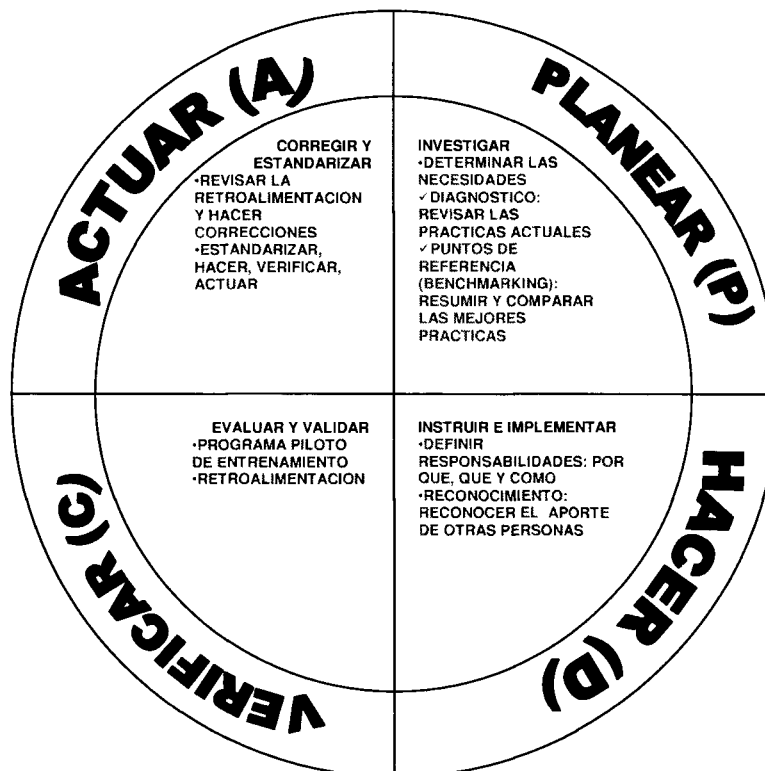


Figura 3.1 Ciclo de mejora continua PDCA (Imai, 1998)

Hosotani (1989) menciona la importancia de los líderes en las organizaciones para coordinar y soportar las actividades que lleven al éxito requerido por la compañía indicando los roles y responsabilidades de los mismos en el ciclo de mejora continua PDCA; también hace una clasificación de las personas involucradas a resolver los problemas; indica además que los métodos convencionales están basados en prueba y error es decir a través de la experiencia previa o intuición se generan las medidas de

contención, en cambio el método de control de calidad se basa en el análisis de las causas con una fuerte investigación para finalmente implementar las medidas de contención.

Sugiura y Yamada (1995) contribuyen mencionando el famoso método de solución de problemas empleado en Japón por los círculos de calidad, llamado ruta de la calidad; así mismo muestran las herramientas de análisis cuantitativas y cualitativas para la solución de problemas empleando esta metodología.

Escalante (2005) logra explicar de una manera muy sencilla y práctica el concepto de más moda, la filosofía seis sigma plasmada en el método DMAIC. Este autor representó la base principal debido a sus valiosas contribuciones, en conjunto con la experiencia laboral vivida en una compañía pionera de esta metodología para el desarrollo de uno de los capítulos de esta tesis.

Finalmente se investigaron varios artículos y otro tipo de publicaciones donde se destacan las bondades de otras metodologías de solución de problemas como 8Ds, seis pasos, TRIZ, etc., todas ellas en conjunto aportaron gran soporte teórico para desarrollar la metodología DEEP.

Capítulo 4

4.- Aspectos racionales y humanos de la solución de problemas

Los problemas y su solución son una actividad que se realiza día a día automáticamente. De hecho, si uno empieza a analizar cada una de las rutinas, se encontrará con un complejo diagrama de flujos de subrutinas y toma de decisiones que puede dejarle asombrado. Cada uno de estos puntos de decisión representa un problema (Cox, 1994).

Algunas personas indican que los problemas no existen, sólo las oportunidades, de ahí la frase que sustituye a un problema como áreas de oportunidad. Sin embargo, estas áreas de oportunidad o problemas por lo sencillas que sean causan ansiedad e irritación ya que hacen cambiar el entorno o el diagrama de flujo mencionado anteriormente lo cual obliga al individuo a sacarlo de su rutina, resultando en una difícil toma de decisión y resolución del problema.

4.1.- Patrones básicos del pensamiento

El ser humano se volvió adaptable (solución de problemas) en su forma de vida. Los elementos que hicieron posibles esos patrones de pensamiento se han vuelto parte de la naturaleza humana. Estos cuatro patrones básicos del pensamiento se reflejan en 4 tipos de preguntas que se hacen las personas (Kepner y Tregoe, 1997)

1) ¿Qué está sucediendo? solicita una aclaración. Está pidiendo un camino de solución, un desglose, una clave para interpretar las circunstancias actuales, un método a seguir para lograr y mantener el control, reflejando un patrón de pensamiento poniendo en orden donde hay desorden, duda o confusión.

2) ¿Por qué sucedió? Indica la necesidad de usar un pensamiento de causa y efecto. Este patrón nos permite pasar a la observación del efecto de un problema a entender su causa y así poder tomar las acciones adecuadas para corregir el problema o disminuir su repercusión.

3) ¿Qué curso de acción deberíamos tomar? Implica que se debe seleccionar alguna opción para alcanzar alguna meta específica.

4) ¿Qué nos espera más adelante? Es una perspectiva del futuro. Este patrón nos permite evaluar el problema que se pudiera presentar.

A este cuarto patrón le anexaría la pregunta ¿Como evitamos que vuelva a suceder? Lo cual representa a la cultura de la prevención a través de actividades sistemáticas y estandarizadas a lo largo y ancho de los alcances del problema.

4.2.- El liderazgo en la solución de problemas

Todos los hombres somos distintos unos de otros. Cada persona tiene una personalidad distinta propia y un conjunto de preferencia único que influyen sobre la forma en que miramos el mundo, tomamos la información, la procesamos y formamos juicios. Conocer esas preferencias y nuestro estilo personal, es un primer paso fundamental para mejorar nuestra actividad de toma de decisiones y resolución de problemas (Cox, 1994).

Es por eso que en esta sección se mencionarán los roles de un líder bajo el esquema del ciclo de mejora continua de Shewhart - Deming según Katsuya Hosotani, así como una clasificación del tipo de personas que solucionan problemas y por último

se dedicará un espacio a las contribuciones de Edgard De Bono con sus seis sombreros para pensar.

4.2.1.- Roles y actitudes de un líder

La habilidad de resolver problemas no es un talento especial con el que nacen unas cuantas personas. Es el resultado acumulado de esfuerzos y actividades individuales las cuales son moldeadas y mejoradas a través de la experiencia y el estudio. Para coordinar estos esfuerzos se requieren líderes (Hosotani, 1989)

Un individuo que dirige los esfuerzos de un grupo de personas para lograr una meta fijada es un gerente o administrador de alguna compañía, sin embargo la definición de liderazgo va más allá de una administración del personal que ha sido asignado por nómina a una persona, involucra un sacrificio de esta persona e inspiración hacia las demás; también un líder debe crear y fomentar las 3 Rs del liderazgo laboral, primero que nada dar un **Reto** constante a su personal seguido de una **Retroalimentación** para mantener una cultura de mejora continua y finalmente **Reconocer** el esfuerzo como parte de la cultura de calidad interna de la compañía; así se llega a la definición de liderazgo derivada de esta investigación:

Liderazgo es crear inspiración hacia los demás a través de una correcta toma de decisiones, actitudes apegadas al sentido común y humanitario, es también adoptar una actitud de servicio a sus colaboradores y sacrificio cuando la situación lo requiera, todo esto con el fin de lograr que un grupo de personas sigan las metas fijadas y las concluyan con éxito.

En la siguiente figura podemos ver los roles y actitudes básicas de un líder bajo el concepto del ciclo de mejora continua de Shewhart - Deming; donde en los roles destacan en la etapa P (Plan) la motivación del personal para la resolución de

problemas, en la etapa D (Do) del ciclo de mejora continua se menciona el soporte y la guía de las actividades de solución de problemas, es entonces que en la etapa C (Control) se deben tener juntas de revisión para poder identificar las áreas de oportunidad de mejora, por último en la etapa A (Act) se debe motivar e inculcar constantemente al personal en la mejora continua. Recordar que el ciclo sigue dando vueltas permitiendo así la mejora continua.

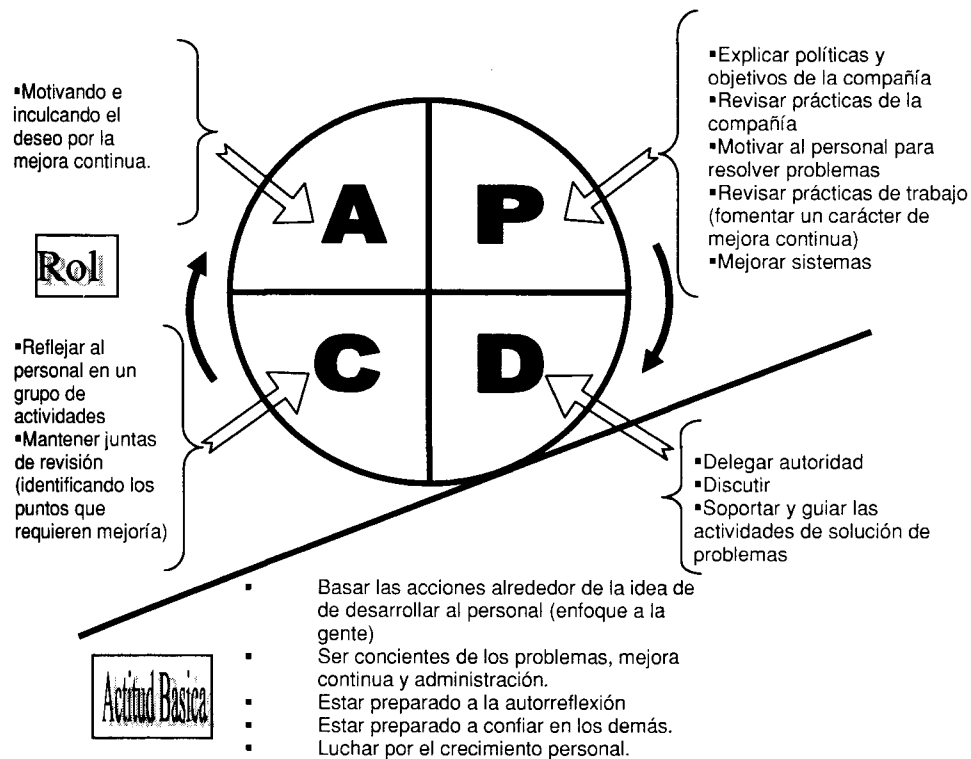


Figura 4.1 Roles y actitudes de un líder (Enfoque PDCA) (Hosotani, 1989)

Las actitudes básicas de un líder también son muy importantes: el enfoque de la gente, sensibilidad a los problemas, autorreflexión, administración en la confianza hacia la gente y fomentar el crecimiento personal, son características que hacen de un líder mantener la inspiración del personal para enfrentar y solucionar problemas.

4.2.2.- Clasificación de personas que resuelven problemas

En seguida se mencionarán los 4 tipos de actitudes que adoptan las personas hacia un problema (Hosotani, 1989):

Tipo 1: El auto-negativo o tipo desesperado.- Cada vez que esta persona se presenta ante un problema, se convence así mismo de no poder resolverlo debido a la falta de talento y confianza en si mismo, llevándolo a no hacer nada. Peter Drucker menciona que una persona que nunca ha fallado es una persona que nunca ha tratado.

Tipo 2: El que culpa a los demás.- Este tipo de personas nunca admite su responsabilidad sobre el problema culpando a sus compañeros, supervisores o a la compañía en su totalidad.

Tipo 3: El tipo avestruz.- Este es el tipo más común, como los avestruces con su cabeza en la arena, estas personas piensan que la situación existente no puede ser mejorada. Esta situación funciona bajo un ambiente en calma y pacífico y donde ocurren pocos cambios, pero no es suficiente en los actuales tiempos donde se exige constantemente de respuestas rápidas.

Tipo 4: La persona que resuelve problemas.- Estas personas siempre actúan con un objetivo en mente, activamente están buscando problemas para atacarlos, son flexibles en su manera de pensar, de preparar planes y ponen toda su energía en resolver los problemas.

Geof Cox hace la siguiente clasificación de acuerdo al estilo personal:

Percepción preferida del mundo

Extroversión (E)

Mundo exterior
Energía mediante la interacción con los demás
Necesidad de conocer lo que los demás esperan de él
Acomoda sus acciones a esas expectativas
Muchas relaciones
Amplitud de información

Introversión (I)

Voz interna
La energía emana del interior
Se centra en sus propias creencias y valores
La acción viene determinada por sus propios valores
Pocas relaciones
Información en profundidad

Forma preferida de recibir la información

Sensación (S)

Información mediante los sentidos
Hechos y datos
Práctica y realista
En tiempo presente
Experiencias concretas

Intuición (N)

La información mediante conjeturas y teorías
Grandes ideas y principios
Interés por lo no posible
Orientación hacia lo futuro
Innovación

Forma preferida de procesar la información

Razonamiento (T)

Análisis lógico
Toma de decisiones racional
Sistemas, normas y procedimientos
Impersonal

Sentimiento (F)

Subjetivo
Decisiones basadas en valores y creencias
Relaciones
Personal

Forma preferida de tomar decisiones

Resolución (J)

Zanjar los asuntos
Acción rápida y decidida
Mas interés por el resultado
Analizar los datos disponibles
Rara vez cambia su decisión
Organiza y planifica

Recepción (P)

Resistirse a cerrar el asunto
Evitar tomar decisiones
Mas interés por el proceso
Recoger más datos y buscar más opciones
Es flexible y se adapta
Deja que las cosas ocurran

Tabla 4.1 Estilos personales de solución de problemas

Realizando la combinación de estos cuatro pares de preferencias, se pueden establecer dieciséis estilos personales (Anexo 2), los cuales se pueden evaluar en la matriz mostrada del Anexo 3.

4.2.3.- Seis sombreros para pensar

El cerebro esta diseñado para ser brillantemente NO creativo, este es un sistema activo en el cual la información se organiza por sí misma en estructuras y pautas en lugar de quedarse pasivamente en una superficie de espera como lo realizan las computadoras; De Bono clasifica a estas estructuras y pautas del pensamiento a través de una representación de un papel definido en los seis sombreros para pensar:

- Sombrero Blanco: el blanco es neutro y objetivo. El sombrero blanco se ocupa de hechos objetivos y de cifras, no hace interpretaciones ni da opiniones, este pensador debe imitar a una computadora

- Sombrero Rojo: el rojo sugiere ira, furia y emociones. El sombrero rojo da el punto de vista emocional, legitima las emociones y los sentimientos como parte importante del pensamiento, sin embargo el pensador nunca debe de justificarlos en la lógica.

- Sombrero Negro: el negro es triste y negativo. El sombrero negro cubre los aspectos negativos: recalca el porqué algo no se puede hacer, los riesgos y peligros, las imperfecciones del diseño y puede hacer preguntas negativas.

- Sombrero Amarillo: el amarillo es alegre y positivo. El sombrero amarillo es optimista, cubre la esperanza y el pensamiento positivo, abarca un espectro que va desde el aspecto lógico y práctico hasta los sueños, visiones y esperanzas, este pensamiento es constructivo y generativo. Se ocupa de la operabilidad y de que las cosas sucedan.

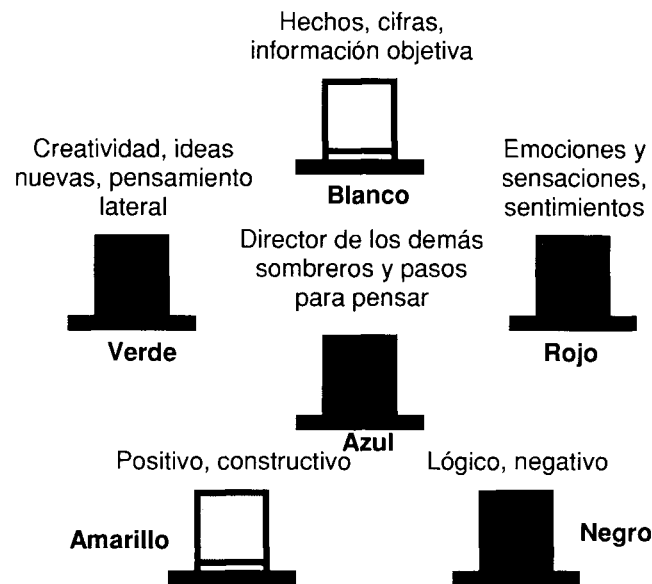


Figura 4.2 Seis sombreros para pensar

- Sombrero Verde: el verde es césped, vegetación y crecimiento fértil, abundante. El sombrero verde indica creatividad e ideas nuevas, la búsqueda de alternativas es un aspecto fundamental en este pensador y representa al pensamiento lateral (serie de actitudes, lenguajes y técnicas para saltar de pautas en un sistema auto-organizado de pautas asimétricas).

- Sombrero Azul: el azul es frío, y es también el color del cielo por encima de todo. El sombrero azul se ocupa del control y la organización del proceso de pensamiento. También del uso de los otros sombreros. El pensador de sombrero azul es responsable de la síntesis, la visión global y las conclusiones.

4.3.- Fundamentos de la solución de problemas

Reflexionar acerca de la solución de problemas como punto medular de la mejora continua resulta fácil, sin embargo, hacer que suceda de una manera sistemática y estructurada es más difícil, ya que, implica que las organizaciones desarrollen las habilidades y conocimiento en el manejo de metodologías de solución de problemas pues éstas no aparecen de manera natural en las personas (Cochran, 2002).

4.3.1.- Razones para usar un método estructurado

Un método efectivo de solución de problemas es un plan detallado paso a paso para desarrollar soluciones que debe considerar lo siguiente (Cochran, 2002):

- Prevenir que las personas involucradas en la solución de problemas salten inmediatamente a las soluciones antes de definir el problema e identificar la causa raíz.
- Asegurar un análisis de causa raíz; esta razón es la más importante en la solución de un problema.
- Contribuir a una cultura de equipo orientado a la solución de problemas

- Establecer una estructura amigable que permita el uso de la herramienta apropiada a la solución del problema en análisis.

4.3.2.- Clasificación de los problemas

Los problemas pueden ser clasificados de la siguiente manera (Hosotani, 1989):

1.- De acuerdo a como llaman la atención:

1.1.- Problemas del día a día: son los problemas que regularmente aparecen mientras hacemos nuestros trabajos, como ejemplo serian piezas mal ensambladas por un incorrecto acomodo de las partes.

1.2.- Problemas que se nos dan a resolver: estos problemas son los que nuestro supervisor nos da a resolver, como el proyecto de mejora de calidad de salida en un 10%.

1.3.- Problemas que no percibimos: este tipo de problemas están ahí sin ser vistos por nosotros o tienen cierto nivel de solución, pero aparecen al momento que otras personas cuestionan el sistema; Por ejemplo: las discrepancias que surgen en alguna auditoria.

2.- De acuerdo a la dificultad de su solución:

2.1.- Problemas sencillos (tipo C): este tipo de problemas tienen causas simples y su acción de solución es muy obvia. Estos problemas se solucionan usando nuestra inteligencia basada en el conocimiento, la experiencia y las habilidades de cada individuo; Por ejemplo: la corrección de un programa por un componente desplazado en una máquina de SMT.

Acciones	Conocida Desconocida	B Problemas que requieren un alto nivel de tecnología	A Problemas que valen la pena resolver
		C Problemas sencillos	D Problemas que requieren cuidado
		Conocida	Desconocida
		Causas	

Tabla 4.2 Clasificación de los problemas (Hosotani, 1989)

2.2.- Problemas que requieren un alto nivel de tecnología (tipo B): Estos problemas caen dentro de esta categoría si las causas han sido identificadas de acuerdo a las condiciones actuales del lugar de trabajo pero no sabemos cómo resolver el problema; Por ejemplo: Las ventas de tablillas controladoras han bajado por que la competencia ha instalado más fabricas cerca del cliente.

2.3.- Problemas donde se debe aplicar una acción conocida con cuidado (tipo D): con problemas de este tipo conocemos las acciones a realizar pero no entendemos las causas. Actuar de esta manera representa reactividad ante el fenómeno pero no elimina la causa raíz; Por ejemplo: los muestreos de material en la línea de producción al recibir una queja del cliente.

2.4.- Problemas que realmente valen la pena resolver (tipo A): problemas de este tipo son extremadamente difíciles de resolver, pues sus causas y acciones son desconocidas. En este tipo de problemas el liderazgo, un enfoque sistemático y estructurado juegan un papel importante para la solución de los mismos; Por ejemplo: Reducir el tiempo para la entrega de impresoras al cliente, Mejorar las eficiencias para reducir desperdicios y aumentar las ganancias.

4.3.3.- Definición del termino problema

Finalmente se llega a las diferentes definiciones del término problema:

Definición 1: (Pokras, 1989) Un problema es, básicamente, un dilema aparentemente sin salida, una situación indeseable, o una pregunta que usted no puede responder normalmente. La anatomía de un problema se reduce a una oposición equilibrada de situaciones es lo que provoca angustia y confusión. El equilibrio hace que el problema persista. Si una de las partes adquiere fuerza y gana la lucha, el problema desaparece. Esto se reduce a la siguiente ilustración:

Oposición Equilibrada (conflicto)



Figura 4.3 Anatomía de un problema (Pokras, 1989)

Definición 2: (Kepner y Tregoe, 1997) Un problema es cualquier situación en la que el nivel esperado de desempeño no se está logrando y donde la causa de este desempeño mal logrado, es desconocida.

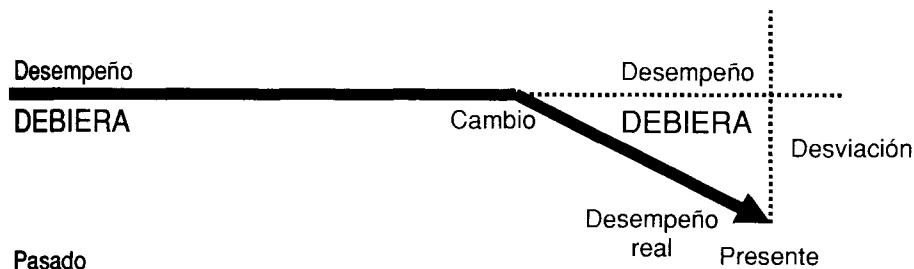


Figura 4.4 Anatomía de un problema (Kepner y Tregoe, 1997)

Definición 3: (Hosotani, 1989) Un problema es el espacio que existe entre la situación presente y la situación ideal u objetivo.

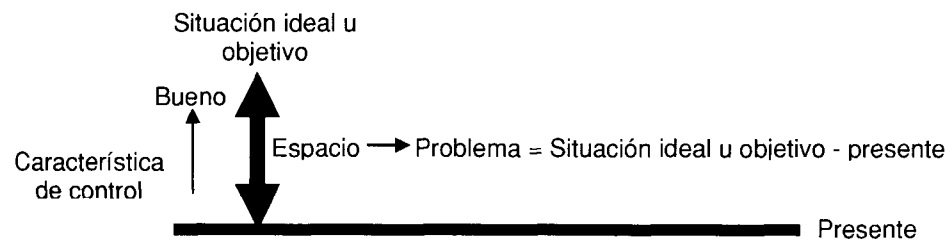


Figura 4.5 Anatomía de un problema (Hosotani, 1989)

Además de las definiciones anteriormente citadas, un problema cuenta con las siguientes características (Pokras, 1989):

- Comunicación deficiente: conversación frustrante o que ni siquiera puede comenzar por lo que no hay un completo entendimiento.
- Incógnitas: falta de información
- Información incorrecta: parte de la información esta equivocada
- Confusión: la gente involucrada se siente desorientada tensa o abrumada por los estímulos y las opciones
- Emociones ocultas: sentimientos que surgen al analizar la situación
- Puntos de vista diferentes: usted y otros tienen ideas contradictorias
- Impresiones variables: conforme usted investiga la situación, las ideas, las emociones y las explicaciones cambian, a veces de manera radical
- Dilema equilibrado: una lucha crítica existe donde no hay una persona o una idea capaces de ganar
- Persistencia: la situación no desaparece

Capítulo 5

5.- Mejoramiento continuo

Además de las numerosas herramientas analíticas de solución de problemas de las cuales se abundará en el capítulo 6, existen las metodologías de solución de problemas; basadas en el ciclo de mejoramiento continuo o PDCA y típicamente extienden su rango de complejidad de 4 a 8 etapas de estructuración del problema, siendo estos (Cochran, 2002):

5.1.- Etapas de un método de solución de problemas

1. **Decidir el problema a ser atacado:** Este es uno de los pasos más abandonados por los métodos de solución de problemas. Tal vez porque se asume que las personas ya saben del problema que están atacando, las herramientas indicadas para esta etapa son: lluvia de ideas, gráficos de Pareto, gráficos de pay, y diagramas de flujo.
2. **Definir el problema:** En la manera más clara y concreta indicar cuál es exactamente el problema, detallándolo en quién, qué, dónde y cuándo; Un problema bien definido representa más del 70% de su solución, las herramientas apropiadas para esta etapa son: lluvia de ideas, gráficos de Pareto, hojas de verificación e histogramas.
3. **Determinar la causa raíz:** Este paso procede inmediatamente después de haber definido el problema y el obstáculo principal radica en confundir un síntoma (efecto) con la causa raíz. La causa raíz es una reenumeración de la definición del

problema, el entrenamiento para distinguir entre síntoma y causa en esta etapa es esencial; Sandy Pokras establece la regla del iceberg indicando: que no importa que tan serio o angustiante pueda parecer el primer encuentro con un problema, esto es solamente un síntoma (punta) del conflicto subyacente o problema real, las herramientas apropiadas aquí son: entrevistas, lluvia de ideas, y diagramas de causa-efecto.

Los síntomas pueden ser triviales (como un defecto mínimo) o asuntos importantes que deben encararse rápidamente. En cualquier caso son simplemente efectos colaterales del problema verdadero que se esconde bajo la superficie.

En la siguiente ilustración observamos un ejemplo de la regla del iceberg de Pokras, y se interpreta de la siguiente manera, los síntomas más actuales en la cima, las causas parciales enseguida y la causa original al fondo.

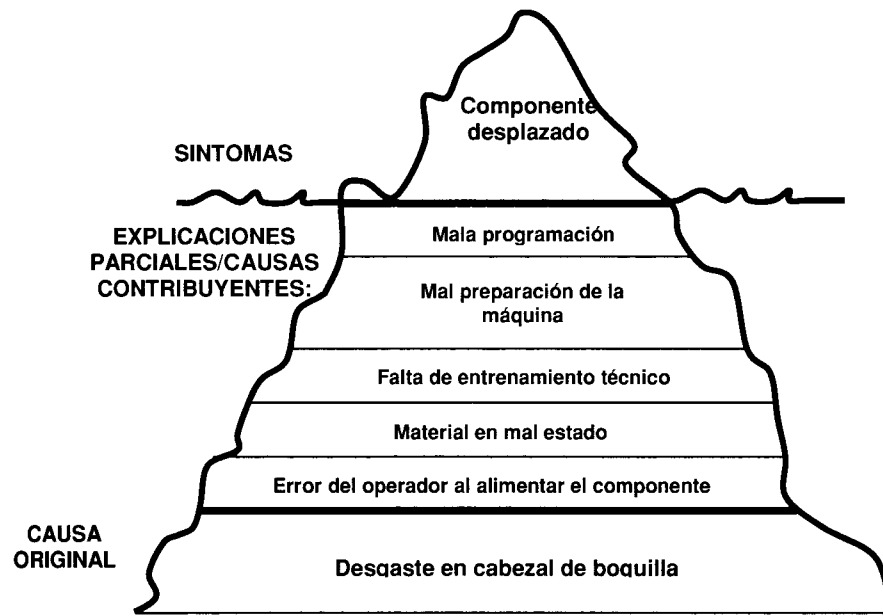


Figura 5.1 Regla del Iceberg (Pokras, 1989)

Es útil pensar en las causas como fuerzas que crean o empeoran los síntomas de los problemas, y en los efectos como las consecuencias de las causas. Pero cuando se está perdido entre la cima y el fondo de un iceberg, la diferencia entre causa y efecto puede ser confusa.

4. **Generar posibles soluciones y seleccionar la más indicada (s):** Este paso funciona muy bien bajo un ambiente de trabajo en equipo, para escoger de un gran número de alternativas de solución a la mejor (es). Las herramientas apropiadas son: lluvia de ideas y gráficos de Pareto

5. **Planear y ejecutar la solución:** La mejor solución puede fallar si no es planeada y ejecutada adecuadamente o lo mismo que es proyectar y aterrizar. Las herramientas apropiadas para esta etapa son: hojas de cálculo y proyectos, presentaciones efectivas y corridas piloto.

6. **Verificar efectividad:** Es importante que el personal que no haya participado en la solución del problema verifique la efectividad del mismo, las herramientas apropiadas aquí pueden ser: auditorías, entrevistas, documentación controlada, gráficos de control y capacidad de proceso.

7. **Comunicar y felicitar:** Este paso es rutinariamente olvidado en las compañías, ya que la comunicación de buenos resultados y felicitación crean sentimientos de seguridad y confianza fomentando así una cultura de la mejora continua. El reconocimiento es algo crucial.

5.2.- Ciclo de mejora continua PDCA

El Dr. Taylor solía describir el control y la mejora continua con las palabras: planear, hacer y ver. Tiempo después surgió el concepto del ciclo PDCA, originalmente desarrollado por el padre de la “Administración Total de la Calidad”, el pionero en estadística Walter Shewhart en 1939 en su libro “Métodos Estadísticos desde un Punto de Vista de Calidad”, éste a su vez fue actualizado de una manera muy eficiente por W. Edwards Deming en 1950 y lo llamó a primera instancia como PDSA (la S del Inglés Studio). Debido a la gran contribución realizada por Deming en los años 50s en Japón donde el concepto PDCA fue adoptado y promovido con gran fuerza, los japoneses lo conocen como “Ciclo de Deming”.

Las herramientas de solución de problemas por sí solas no son suficientes para resolver un problema. Es necesario establecer un marco de búsqueda muy amplio, el mismo que utiliza un científico combinando un pensamiento inductivo y deductivo según sea el caso del problema a resolver; Esta función la desempeña precisamente el ciclo PDCA que ha sido por mucho tiempo la base teórica para el desarrollo de las más famosas metodologías de solución de problemas.

El ciclo PDCA actualmente nombrado ciclo de mejoramiento continuo Shewhart - Deming tiene 4 etapas. Brevemente la empresa planifica un cambio, lo realiza, verifica los resultados y según estos actúa para estandarizar el cambio o comenzar de nuevo con el ciclo de mejora a través de nueva información recabada.

Enseguida se presenta en la tabla un resumen de los pasos y compendios del ciclo Shewhart – Deming.

Planear (P)

- Identificar el problema: recoger datos para individualizar el problema
- Definir el problema: quién, qué, dónde, cuándo, por qué y cómo
- Generar hipótesis de solución: estudiar las relaciones causa – efecto

Hacer (D)

- Analizar el problema: convertir los datos en información
- Desarrollar en implantar las soluciones: documentar las observaciones durante el desarrollo de los experimentos o pruebas

Verificar (C)

- Evaluar los resultados: comparar el diseño de las hipótesis planteadas con el resultado de las pruebas

Actuar (A)

- Confirma hipótesis: sólo desde el punto de vista experimental se debe estandarizar la solución
- No se confirma la hipótesis: se debe iniciar con otro ciclo ahora con la información base del primero
- Confirma hipótesis y se pretende mejorar desempeño: Esto es después de un tiempo de estandarizar la solución ahora requerimos llevar el desempeño a un siguiente nivel de mejora

Tabla 5.1 Etapas del ciclo Shewhart – Deming (PDCA)

El análisis de las relaciones causa – efecto a través del PDCA constituyen el mecanismo mental que han de ser inherente a todo el personal para mantenerse y mejorar continuamente (Galgano, 1993).

5.3.- La táctica hacia la mejora continua: Kaizen - Kairyo

El Kaizen es una nueva dimensión de calidad inventada por los japoneses derivada del ciclo PDCA, a las mejoras reflejadas en costos de operación, entregas, servicio, organización, etc. se le denomina Kaizen, en tanto que a las mejoras obtenidas con las innovaciones se le llama Kairyo.

Las diferencias entre la mejora Kaizen y Kairyo son importantes para lograr entender a esta nueva dimensión de mejora. En la siguiente tabla se indican las diferencias entre los dos tipos de mejora:

<i>Kaizen</i>	<i>Kairyo</i>
Requiere muchos esfuerzos e inversiones limitadas	No requiere ningún esfuerzo, sino inversiones sustanciales
Puede y debe involucrar a todo el personal de la empresa	Involucra a una élite reducida
Requiere el reconocimiento de los esfuerzos antes que los resultados (enfoque a procesos – mentalidad japonesa)	Se realiza exclusivamente en función de los resultados esperados (enfoque a resultados – mentalidad occidental)
Se obtiene con el perfeccionamiento de las ideas y la aplicación del PDCA	Se obtiene con adelantos tecnológicos y organizacionales
Es un proceso lento, con cambios graduales	Es un proceso súbito pero inconsistente

Tabla 5.2 Diferencias entre Kaizen y Kairyo

El primer paso en el proceso Kaizen establece al ciclo PDCA como un vehículo que garantiza la continuidad de Kaizen en el seguimiento de una política de mantener y mejorar estándares. PDCA significa nunca estar satisfecho con la situación actual del proceso, es por eso que los líderes de la compañía deben iniciar el PDCA mediante el establecimiento de metas continuamente desafiantes (Imai, 1998).

El ciclo PDCA es un método paso a paso para hacer que las cosas sucedan confiable y efectivamente; éste consiste en preparar un plan, implementarlo, verificar los resultados y tomar las acciones correctivas necesarias (Hosotani, 1989).

El Kaizen a través del tiempo consiste en el mantenimiento, mejora constante y repetitiva de un estado, es decir, hacer rodar el ciclo es la mejor manera de administrar una tarea o trabajo y sigue el proceso operativo de los ciclos del PDCA:

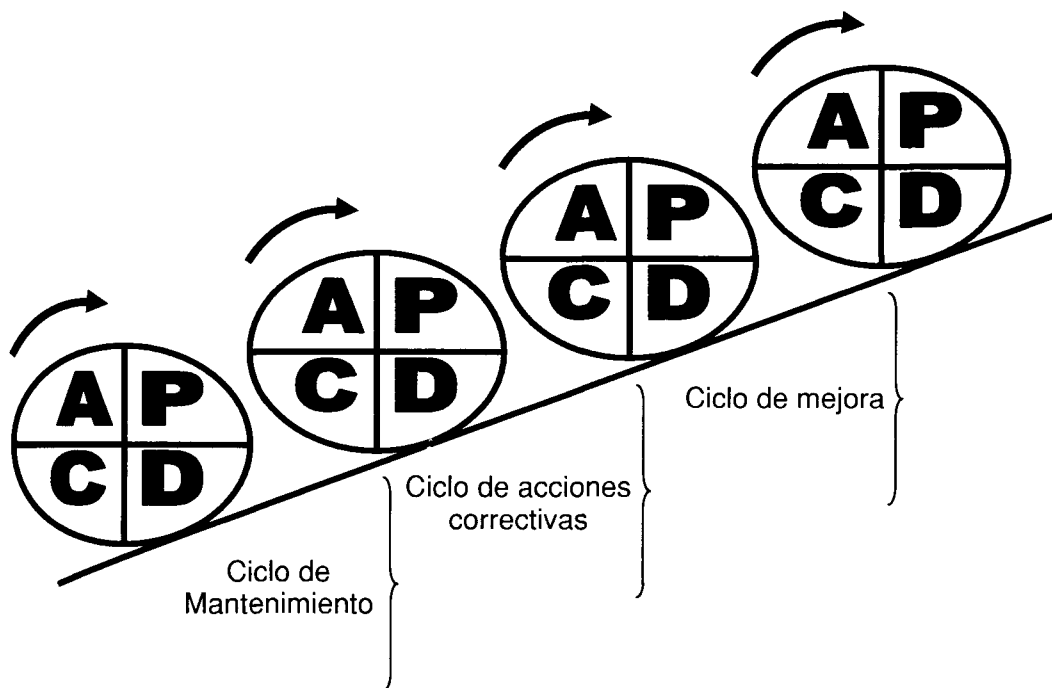


Figura 5.2 PDCA a través del tiempo

Capítulo 6

6.- Herramientas de análisis para la solución de problemas

En el capítulo 5 se mencionaron las etapas de un método de solución de problemas, ahora de una manera más resumida y de acuerdo a las investigaciones realizadas, un problema se puede solucionar bajo el siguiente contexto: Definir el problema, identificar las causas raíz del problema y encontrar la manera de eliminar esas causas para prevenir la recurrencia; en cada una de estas etapas se emplean diversas técnicas y herramientas tanto cuantitativas y cualitativas que tienen el objetivo primordial el hacer un análisis de causa raíz para situar en marcha la cadena causa – efecto y resolver el problema.

El análisis de causa raíz es una investigación estructurada que tiene el objetivo de identificar la causa real del problema, identificar las acciones necesarias y eliminarlas (Andersen y Fagerhaug, 2000).

En este capítulo se iniciará con una breve clasificación de las herramientas de solución de problemas y posteriormente se hará una descripción breve de algunas de estas herramientas, y así establecer una base para saber en qué etapa de una solución del problema deben aplicarse.

Finalmente se cita en el Anexo 4 un resumen de las herramientas más comunes expuestas aquí, donde se indica de manera breve el propósito, ventajas y dificultades de cada una de las herramientas.

6.1 Clasificación de las herramientas de solución de problemas

Según Hosotani ésta sería la clasificación de las herramientas de solución de problemas

<i>Las 7 herramientas de control de calidad</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Diagrama de causa y efecto ➤ Gráfico de Pareto ➤ Gráfico de barras ➤ Hojas de verificación ➤ Histogramas ➤ Gráfico de dispersión ➤ Gráfico de control
<i>Métodos estadísticos</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estimación y pruebas de hipótesis ➤ Diseños de experimentos (análisis de varianza, arreglos ortogonales) ➤ Análisis de correlación (correlación simple, correlación múltiple) ➤ Análisis de regresión (regresión simple, regresión múltiple) ➤ Polinomios ortogonales ➤ Técnicas de análisis multivariado ➤ Métodos de optimización y confiabilidad ➤ Análisis de probabilidades continuas y discretas
<i>Las 7 nuevas herramientas del control de calidad</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Diagramas de relación ➤ Diagramas sistemáticos ➤ Matriz de desempeño ➤ Diagramas de afinidad ➤ Diagramas de flechas ➤ Diagramas de decisión ➤ Análisis de matriz de datos
<i>Otras herramientas y técnicas</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Técnicas de muestreo ➤ Técnicas de inspección ➤ Métodos de confiabilidad (FTA, FMEA, distribución Weibull, etc.) ➤ Encuestas ➤ Gráfico de tendencia ➤ Gráfico de radar ➤ Diagramas de flujo ➤ Tormentas de ideas ➤ Cinco por qué's ➤ Análisis FDOA

Tabla 6.1 Clasificación de las herramientas de solución de problemas

6.2 Diagrama de causa y efecto

Es un diagrama que analiza las relaciones entre un problema y sus causas, combinando aspectos de una tormenta de ideas con un análisis sistemático; esta herramienta también es conocida como diagrama de pescado o diagrama de Ishikawa, nombrado así por su inventor.

Esta herramienta es empleada para:

- Para generar un grupo de causas del problema
- Para evaluar de una manera sistemática las causas y determinar las más probables a ser la causa raíz.

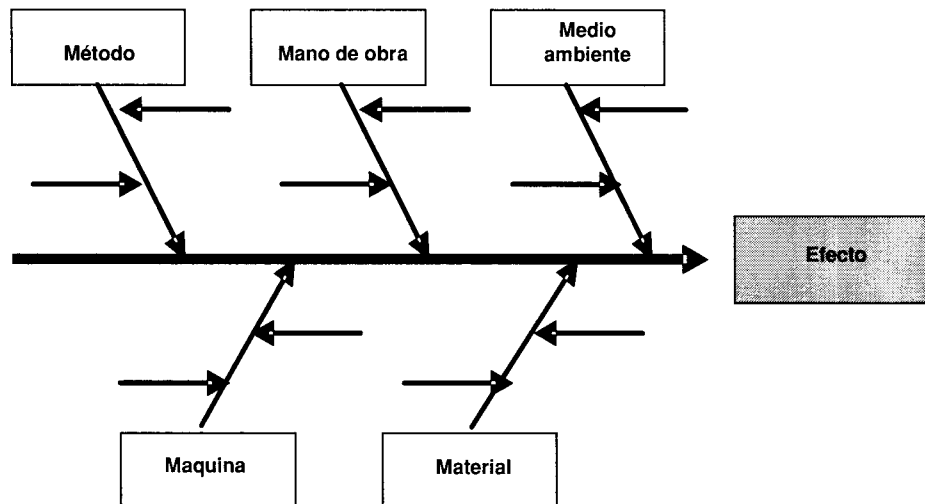


Figura 6.1 Diagrama de causa y efecto

El diagrama de causa y efecto debe enfocarse tradicionalmente a las 5Ms: **mano de obra, medioambiente, maquinaria, métodos y material** como los encabezados de las posibles causas (espinas del pescado) y el problema a resolver o efecto como la cabeza misma del pescado.

6.3 Gráfico de Pareto

Wilfredo Pareto, un matemático italiano, formuló su principio del Pareto durante los años de 1800s. Él estaba preocupado por la distribución de la riqueza en la sociedad, y mencionaba que en el 20 por ciento de la población se concentraba el 80 por ciento de la riqueza.

Traduciendo y adecuando este principio a la terminología de calidad, el principio de Pareto indica que la mayoría de los efectos (síntomas) son causados por un número pequeño de causas. Por ejemplo, usualmente el 80 por ciento de los problemas relacionados a la logística de materiales son causados por el 20 por ciento de los proveedores de material aprobados.

En un proceso de solución de problemas el principio de Pareto simplemente sugiere un orden estructurado para saber qué problemas se deben atacar primero.

El principal propósito del Pareto es mostrar un gráfico atenuado que ordene las causas de un problema por su grado de seriedad, expresado como su frecuencia de ocurrencia, costo, nivel de desempeño, etc.

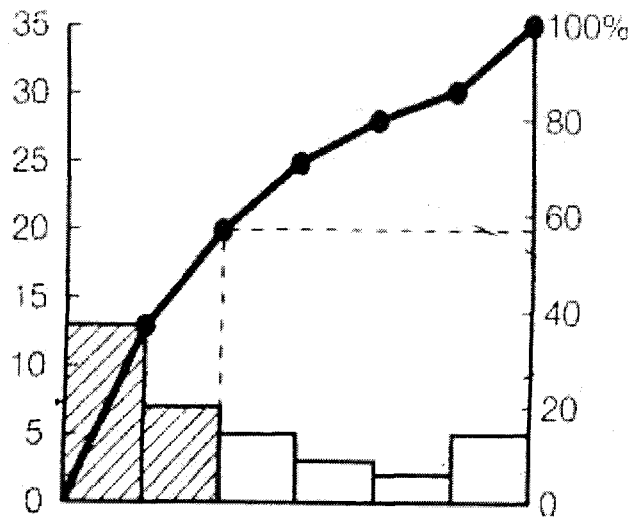


Figura 6.2 Gráfico de Pareto

El Pareto puede ser empleado para:

- Obtener un panorama claro de las posibles causas haciendo un análisis de acuerdo a su importancia.
- Entender qué causas requieren más investigación.

6.4 Hoja de verificación

Las hojas de verificación son tablas que sirven para registrar los datos de una manera organizada y sistemática; Sus aplicaciones incluyen:

- Registrar la frecuencia de ocurrencia de los problemas
- Registrar qué tan seguido ocurren problemas diferentes

	//	///	//	/
	///		//	
	//	/	//	/
	///	///	///	
	///	///	//	/

Figura 6.3 Hoja de verificación

6.5 Histograma

También llamado gráfica de barras, es empleado para ilustrar la distribución y variación de un grupo de datos.

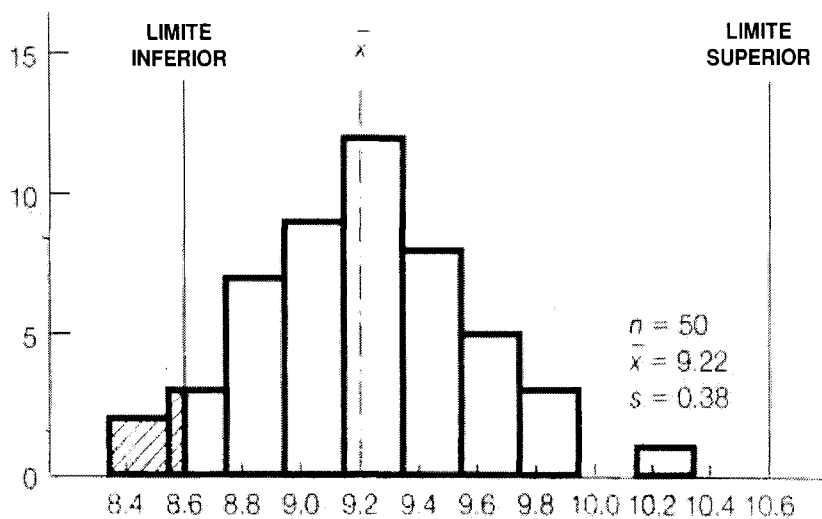


Figura 6.4 Histograma

El principal propósito de un histograma es hacer más clara la presentación de los datos, sus aplicaciones en un análisis de causa raíz incluyen:

- Una presentación de datos que determinen cuál causa es la dominante
- Mostrar la frecuencia u ocurrencia de los diferentes problemas.

Las formas de los histogramas se pueden interpretar de la siguiente manera:

- 1.- Un pico representa la media o moda de un valor del proceso. Si este pico no está centrado, es un indicio de que hay una causa para que esto suceda, la cual debe ser investigada.
- 2.- Dos picos pueden indicar que los datos han sido recolectados de dos diferentes fuentes, lo cual representa por lo general un error en la obtención de los datos.
- 3.- Una forma cortada del histograma representa que los datos han sido seleccionados durante y después de la recolección de los mismos.
- 4.- La forma de cresta en un histograma indica que muchas clases han sido definidas. Algunas de éstas no han podido concentrar los datos adecuadamente, describiendo a un gráfico difícil de entender.

6.6 Gráfico de dispersión

Las causas a diferentes niveles se afectan entre ellas con frecuencia. Un diagrama de dispersión puede identificar esas relaciones entre las causas, siendo una condición de que cada causa sea expresada en datos numéricos o continuos.

La principal función de un diagrama de dispersión es mostrar la correlación que existe entre dos causas u otras variables. El gráfico de dispersión puede ser empleado para:

- Explorar una cadena de causas, entendiendo el impacto que una causa tiene a un nivel contra otra a diferentes niveles.
- Mostrar las causas a diferentes niveles que no están ligadas a la causa raíz.

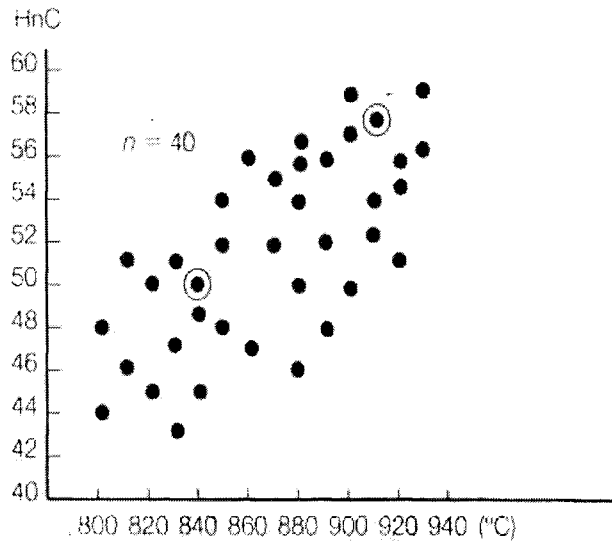


Figura 6.5 Gráfico de dispersión

Un gráfico de dispersión bidimensional sólo puede analizar dos causas, expresada por una variable al mismo tiempo. Cuando una de las variables se incrementa, la otra se puede incrementar, decrementar o expresar una variación fortuita.

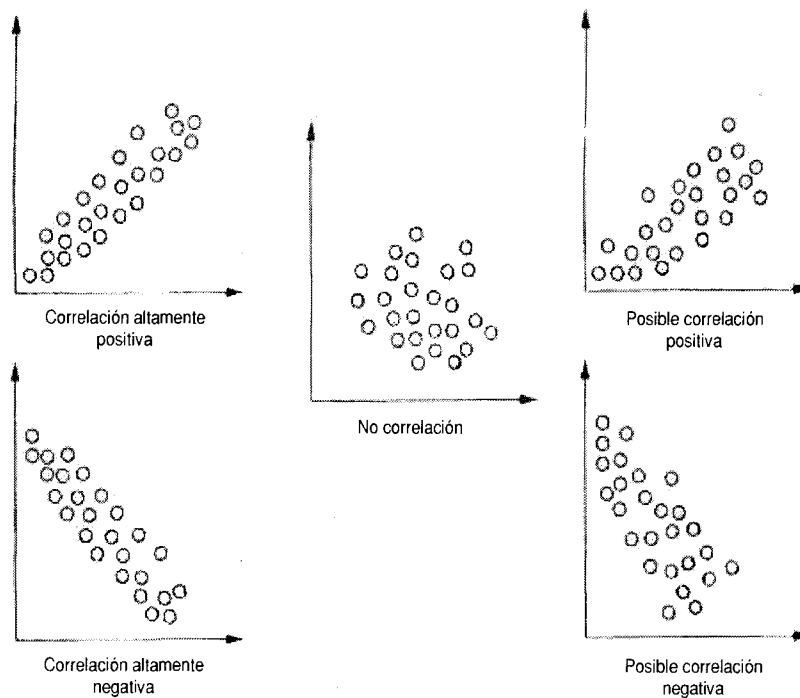


Figura 6.6 Grados de correlación

La correlación entre las variables puede expresarse como altamente positiva, altamente negativa y entre estos dos extremos hay otros grados, como negativos y positivos, así como, pudiera no existir correlación.

6.7 Gráfico de control

Es una herramienta que se aplica al proceso para monitorear el valor de un parámetro correspondiente a una característica de calidad y tiene las siguientes particularidades:

- Detectar tan pronto como sea posible que el valor del parámetro ha cambiado y decir que el proceso está fuera de control
- Los gráficos de control más comunes son: gráficos X R y gráficos X S, que monitorean el promedio y la variabilidad de un estadístico.

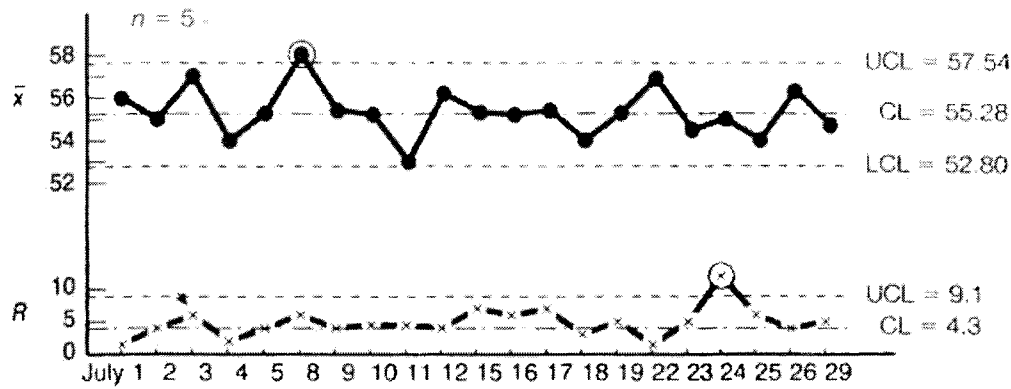


Figura 6.7 Gráfico de control

El procedimiento de un gráfico de control es el siguiente: se selecciona una muestra del proceso en cierto periodo de tiempo, se calcula un estadístico (media o varianza), si este valor queda ubicado entre los límites de control, entonces el proceso está bajo control, en cambio si el estadístico está fuera de los límites de control, entonces se afirma que el proceso se encuentra fuera de control.

Generalmente los problemas son debidos a un desajuste de máquina, error de operado o materia prima defectuosa.

6.8 Diagrama de relación

Estos diagramas son empleados para identificar relaciones lógicas en situaciones de problemas complejos y confusos.

El propósito principal de esta herramienta es identificar las relaciones que no son fáciles de reconocer y son empleados en:

- Entender cuantos aspectos diferentes del problema se interconectan
- Ver las relaciones entre los problemas y sus causas que requieren un análisis más profundo

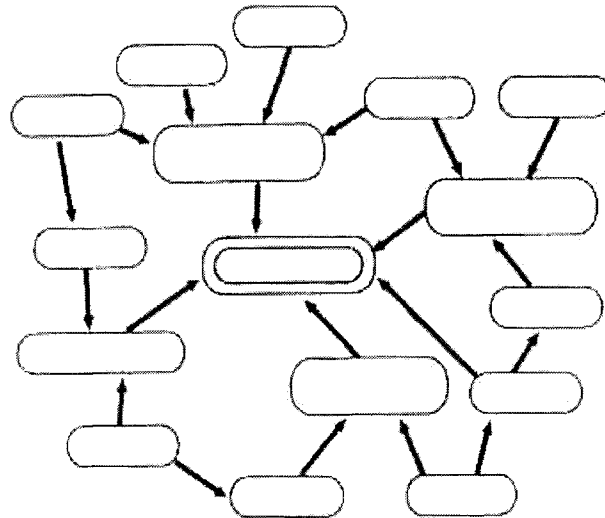


Figura 6.8 Diagrama de relación

Aquí dependiendo del número de flechas que apunten en cada dirección hacia el factor, pueden jugar el siguiente rol: **Conductor** (más flechas hacia fuera que hacia dentro) o **Indicador** (más flechas hacia dentro que hacia a fuera). Lo conductores serían el punto de partida del análisis de causa raíz.

Existen dos tipos de diagramas de relación:

Diagramas de relación cualitativos: Los factores a ser analizados son colocados en un formato donde las relaciones se conectan por una simple intuición.

Diagramas de relación cuantitativos: Aquí la relación entre los factores se determina a través de un enfoque numérico.

6.9 Matriz de desempeño

En esta herramienta se resalta el nivel de importancia de cada variable; ésta refleja el desempeño actual y la importancia al mismo tiempo, ayudando a indicar las prioridades a atacar; las matrices de desempeño ayudan a reflejar los problemas o causa de la siguiente manera:

- Aspectos del problema más importantes
- Causas darían un mejor panorama a la solución del problema si son removidas

Los factores a ser analizados son colocados en el diagrama de la matriz, esta área se divide en 4 sectores con base a al desempeño actual y la importancia de los factores. El significado de cada cuadrante es: poco importante (baja importancia, bajo desempeño), sobrecargado (baja importancia, alto desempeño), demanda mejora (alta importancia, bajo desempeño) y perfecto (alta importancia, alto nivel).

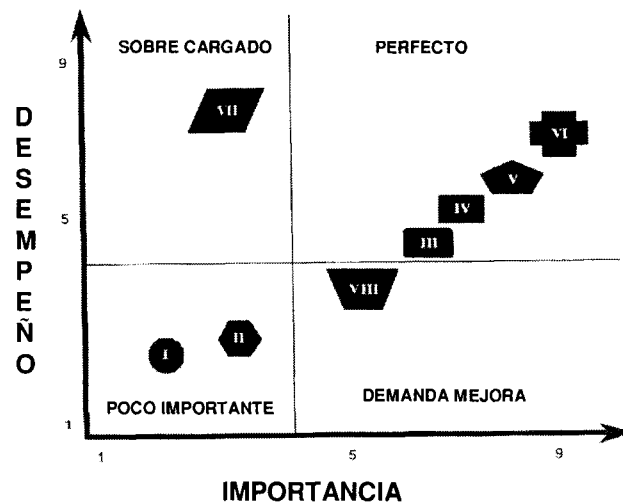


Figura 6.9 Matriz de desempeño

6.10 Técnicas de muestreo

Para una rápida solución de problemas y con la necesidad de convertir los datos en información a través de un análisis, las técnicas de muestreo son necesarias, además de economizar el proceso de recolección de datos. El principal propósito de las técnicas de muestreo es generar las primeras conclusiones de un grupo grande basado en una muestra pequeña, conociendo las limitantes de ésta; las técnicas más comunes son:

Muestreo aleatorio: Cuando los elementos del grupo a analizar son seleccionados al azar sin un patrón definido.

Muestreo sistemático: Cuando los elementos del grupo a analizar son seleccionados con base a un intervalo de tiempo, longitud, tamaño o característica previamente diseñada.

Muestreo estratificado: Cuando se conoce que existen categorías en los elementos del grupo a analizar, es entonces que se seleccionan muestras representativas de cada categoría en la proporción adecuada.

Muestreo agrupado: Esta técnica es apropiada cuando se sabe que el grupo es estable y con poca variación en su característica o variable de calidad que se está midiendo.

6.11 AMEF

El análisis de modo y efecto de falla lo que intenta es delinear todas las posibilidades futuras de fallas, sus efectos en un sistema, así como la ocurrencia y la posibilidad de

que esa falla sea no detectada; En el Anexo 5 se ve un diagrama de flujo para saber la secuencia de desarrollo de un AMEF. Esta herramienta debe tener los siguientes aspectos:

- Debe ser desarrollado en un equipo multifuncional y antes de que ocurran las fallas
- Son documentos vivos
- Es una herramienta que fomenta el pensamiento preventivo en el personal

Análisis de modo y efecto de falla (AMEF)

Cliente: _____	Preparado por: _____	Fecha: _____
Producto: _____	Ingeniero de Calidad: _____	Última Revisión: _____
Área: _____	Equipo: _____	Revisión: _____
Etapas: _____		

Modo potencial de falla	Efecto(s) potencial de falla	Causa (s) potencial de falla	RPN				Controles actuales	Acciones recomendadas	Área / Responsable	Fecha	Acciones	Resultados						
			S	D	O	RPN						S	D	O	RPN			

Figura 6.10 AMEF

El AMEF se rige por el RPN el cual es el resultado del producto entre la severidad (S), ocurrencia (O) y detección (D), un RPN mayor a 70 requiere de acciones correctivas para fomentar la mejora continua.

$$\text{RPN} = (\text{S}) \times (\text{O}) \times (\text{D})$$

En los Anexos 6 y 7 se muestran unas tablas obtenidas del manual AMEF de la AIAG, se omite la traducción al español para no perder el sentido exacto del significado de las ponderaciones.

Finalmente esta herramienta pretende asegurar que el producto es pensado adecuadamente para su manufactura y que no fallará por alguna deficiencia en el diseño, por lo que las variaciones de los materiales deben ser consideradas como parte del desarrollo de un AMEF.

6.12 Encuestas

Cuando queremos reunir datos cualitativos tales como las actitudes de las personas, sentimientos, opiniones y su uso se enfoca en:

- La satisfacción de un cliente referente a un problema
- Determinar necesidades y expectativas de un cliente

Las encuestas de recolección de datos deben orientarse hacia un resultado; deben llevarse a cabo preguntas diseñadas específicamente para entender los puntos de vista individuales acerca del problema. Las encuestas pueden ser improductivas e ineficientes a menos que se estructuren con cuidado y anticipación.

6.13 Gráfico de tendencia

Esta gráfica es de gran utilidad para observar el comportamiento en el tiempo de una causa. Se emplea para:

- Saber el desempeño histórico de una causa antes de ser implementada una acción correctiva y dar seguimiento al resultado de la acción misma
- Estandarizar las acciones correctivas de manera sistemática y prevenir la recurrencia

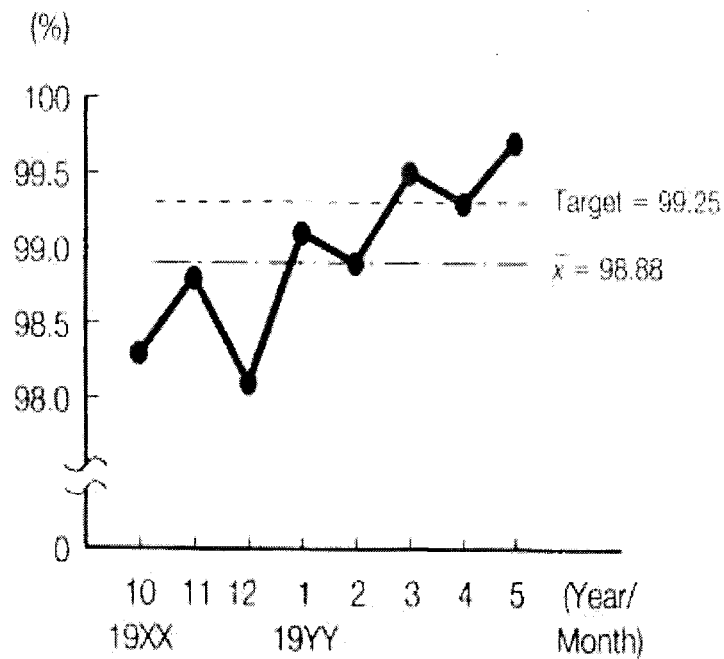


Figura 6.11 Gráfico de tendencia

En un gráfico de tendencia es esencial indicar el período de tiempo en el que la acción correctiva ha sido puesta a prueba para denotar seguimiento y resultado de la acción.

6.14 Gráfico de radar

Los gráficos de radar se emplean para buscar una comparación externa en un mismo plano a la vez; Es una especie de impresión gráfica donde se observa el desempeño de los métricos o áreas de una compañía en paralelo con otras compañías, sus aplicaciones serían:

- Determinar cuál problema es el más crítico
- Hacer una comparación de la seriedad de los problemas y las causas

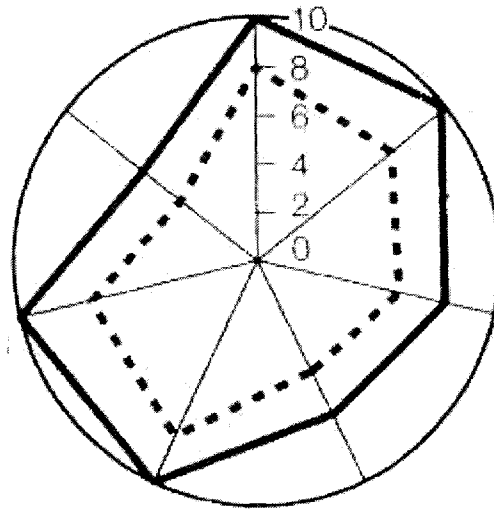


Figura 6.12 Gráfico de radar

El gráfico de radar como se ha mencionado es una comparación o en tecnicismos de la lengua inglesa “Benchmarking”,

Benchmarking significa la comparación de niveles de desempeño o prácticas con otros, preferentemente con alguien de un desempeño superior (Andersen y Fagerhaug, 2000)

Este tipo de herramientas promueve un ambiente de competencia sana en las compañías manteniendo consistentemente la motivación por la mejora continua.

6.15 Diagrama de flujo

La función principal de un diagrama de flujo es describir la secuencia de las actividades en un proceso y pueden ser utilizados:

- Para ilustrar un proceso que indique dónde ocurren los problemas y cuáles pueden ser resueltos.
- Proveer una base sólida del entendimiento del proceso

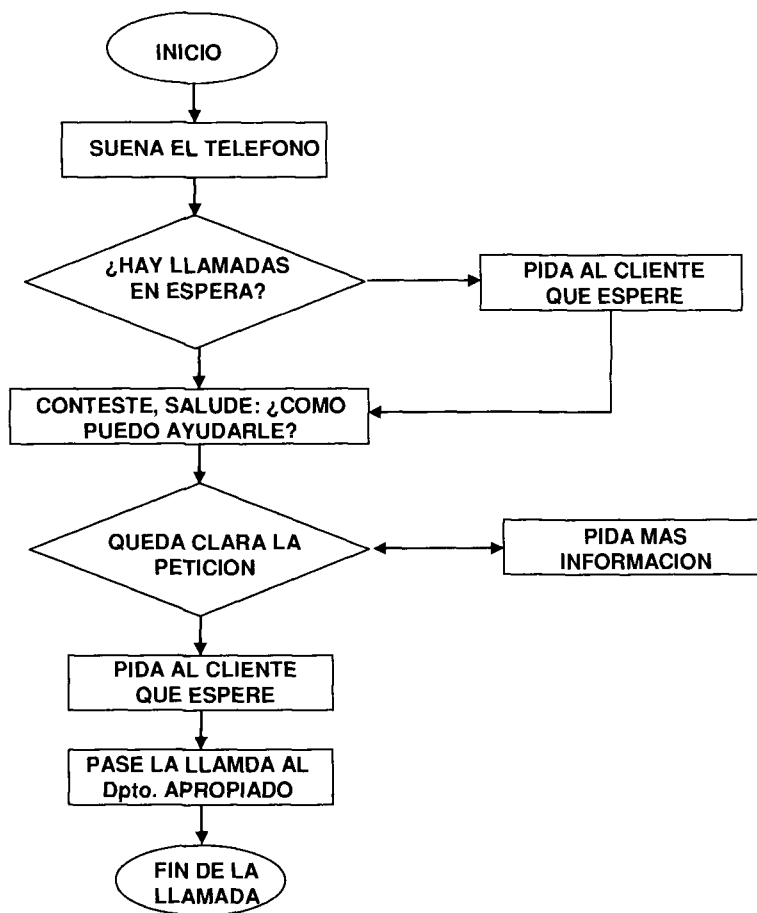


Figura 6.13 Diagrama de flujo

Existen varios tipos de diagramas de flujo, algunos han sido diseñados con ciertos propósitos en mente y otros son variaciones de los mismos que permiten tener más o menos información:

Diagrama de flujo normal: Sólo representa la secuencia de actividades o tareas sin contener más información.

Diagrama de flujo multifuncional: Este indica adicionalmente a la persona o departamento responsable de cada actividad o tarea, también puede contener la duración de las actividades, su costo, etc.

Diagrama de flujo multinivel: Este es un diagrama de flujo que adiciona más información a detalle a cada componente del mismo. Un diagrama de flujo normal sería de primer nivel.

6.16 Tormenta de ideas

Como lo menciona De Bono en su clasificación de los sombreros del pensamiento, concretamente en el sombrero verde, que la identificación de las causas raíz no siempre es fácil, ante este reto se requiere creatividad y la tormenta de ideas es una herramienta que fomenta este concepto; las normas de la tormentas de ideas son: **nada de críticas, espontaneidad, cantidad no calidad, anotar todas las ideas, incubar las ideas antes de evaluar.**

La tormenta de ideas es una manera de generar tantas ideas como sean posibles y su propósito es:

- Generar una lista de áreas del problema a ser mejoradas
- Provocar el pensamiento creativo para generar las formas de eliminar las causas
- Generar un listado de posibles causas que constituyen el problema

Existen dos tipos de tormentas de ideas:

Tormentas de ideas estructuradas: Sucede cuando la participación se hace de manera ordenada por turnos asegurando igualdad en el número de aportaciones, sin embargo, son menos espontáneas pudiendo atenuar ciertas ideas que surgen de momento.

Tormentas de ideas sin estructura: Suceden cuando cada quien es libre de expresar sus ideas espontáneamente, pero pueden llevar a que sólo unas cuantas personas colaboren en el ejercicio de generación de ideas.

6.17 Tormenta de ideas escritas

Las ventajas de esta técnica contra las tormentas de ideas radica en:

- Cada persona tiene un mejor acceso a este proceso de generación de ideas
- Los participantes pueden describir con más detalle y coherencia las ideas

Existen dos métodos de ideas escritas: En el primero las ideas son escritas en pequeñas tarjetas y son distribuidas entre los participantes para agregar más ideas a las plasmadas; el otro método es el de la galería, donde las ideas son escritas en pizarrones por los participantes.

6.18 Cinco Por qué's

Esta técnica de solución de problemas es para rastrear la evolución del problema e ir más adentro de los niveles de las causas; este procedimiento permite distinguir entre las causas más importantes y los efectos intermedios. El objetivo es preguntarse constantemente ¿Por qué? Cuando una causa ha sido identificada. Los cinco por qué's pueden ser utilizados para:

- Cuestionar si cada causa identificada es esa misma o un síntoma, una causa de bajo nivel o la causa raíz misma.
- Continuar con la búsqueda de la verdadera causa raíz incluso cuando la causa posible ha sido encontrada

¿Por qué 1?.....

¿Por qué 2?.....

¿Por qué 3?.....

¿Por qué 4?.....

¿Por qué 5?.....

Figura 6.14 Cinco Por qué's

Como regla, la técnica por lo general requiere de 5 rondas de preguntas en cuestión, para cada nueva respuesta de la pregunta, hacer la pregunta de nuevo y

continuar así hasta que no resulte una nueva respuesta, esa será la causa raíz principal más probable del problema en cuestión; También se recomienda establecer 2 rondas más para arribar a la causa raíz sistemática del problema.

6.19 Análisis FDOA

FDOA son las iniciales de los puntos fuertes, debilidades, oportunidades y amenazas y se emplea en:

- La evaluación de una situación desde 4 diferentes áreas de oportunidad a la vez
- Clasificaciones de personal, compañías o negocios

Puntos fuertes	Puntos débiles
¿Qué fortalezas existen en la empresa? Es decir cuáles son los recursos y habilidades con que cuenta que le dan una posición privilegiada frente a la competencia.	¿Qué debilidades existen en la empresa? Es decir cuáles son aquellos factores que provocan una posición desfavorable (qué se carece, habilidades que no se poseen o actividades que no se desarrollan).
Oportunidades	Amenazas
¿Qué oportunidades se presentan en el entorno de la empresa? Es decir, cuales son los factores del entorno que tienen posibilidades favorables, explotables y que se deben reconocer o descubrir y que permiten obtener ventajas competitivas	¿Qué amenazas se presentan en el entorno de la empresa? Es decir aquellas situaciones negativas que provienen del entorno y que pueden llegar a atentar incluso contra la supervivencia de la organización.

Figura 6.15 Análisis FDOA

Capítulo 7

7.- Metodologías de solución de problemas

Existen varias metodologías de solución de problemas dependiendo del tipo de problema, de la situación en la que aparecen, así como, de la manera de afrontarlo (recordar la clasificación de los problemas según Hosotani en el capítulo 4). Con esto en mente Hosotani menciona dos principales formas de enfocar la solución de un problema:

1.- El enfoque teórico: También conocido como enfoque deductivo, éste es empleado para resolver problemas que requieren de teorías preestablecidas en el mundo de la física, química, economía, etc.

2.- El enfoque del control de calidad: Este requiere de un enfoque inductivo, aquí se da un seguimiento a las causas de la aparición del fenómeno para identificar la causa raíz principal y eliminar el problema; dentro de esta clasificación se anexaría a la contribución de Hosotani que este enfoque puede ser reactivo o preventivo.

Reactivo: Sucede un problema y el mecanismo de solución de problemas es puesto en marcha.

Preventivo: La aparición de un problema no es el iniciador de la generación de ideas para solucionar el problema; aquí se piensa proactivamente a manera de prevenir la ocurrencia de un posible problema a través de proyectos de mejora.

Las metodologías que se estarán documentando son del enfoque de control de calidad y pueden ser reactivas o preventivas según sea el modo de empleo del personal de las compañías. Todas ellas basadas en el ciclo de mejora continua Shewhart – Deming (PDCA).

7.1 Los siete pasos:

Los métodos convencionales están basados en la prueba y error, esto consiste en examinar los problemas bajo la luz de la experiencia, intuición o inspiración y así se establecen las medidas de contención, que en ocasiones funcionan haciendo desaparecer el síntoma del problema, sin atacar las causas que eliminen la ocurrencia.

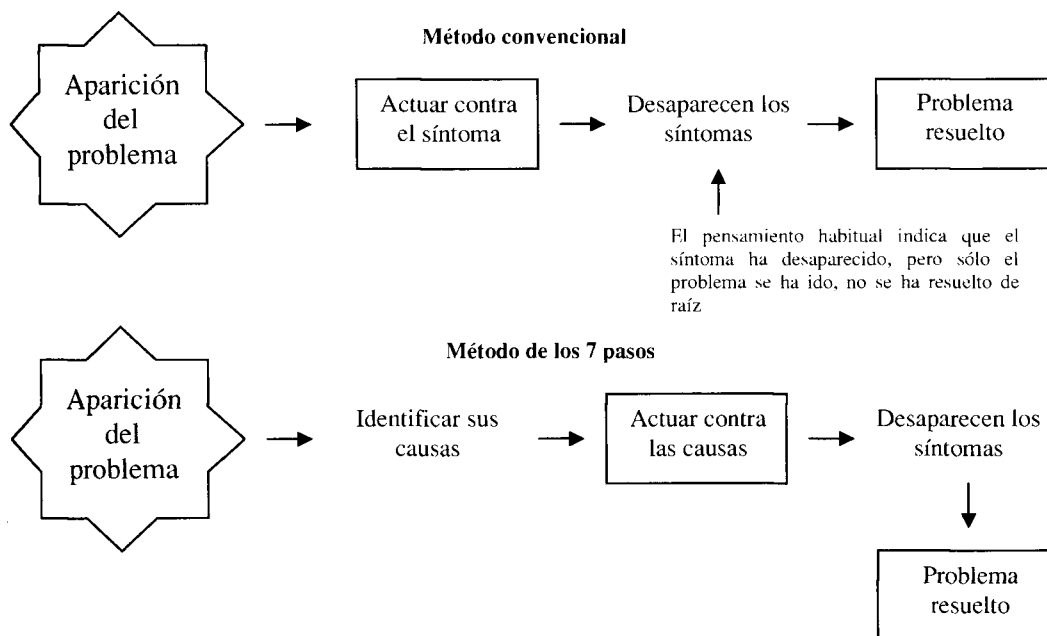


Figura 7.1 Comparación método convencional – 7 pasos (Hosotani, 1989)

A diferencia de estos métodos convencionales, el método de los 7 pasos se enfoca primero a identificar las causas, después a actuar sobre ellas y así hacer

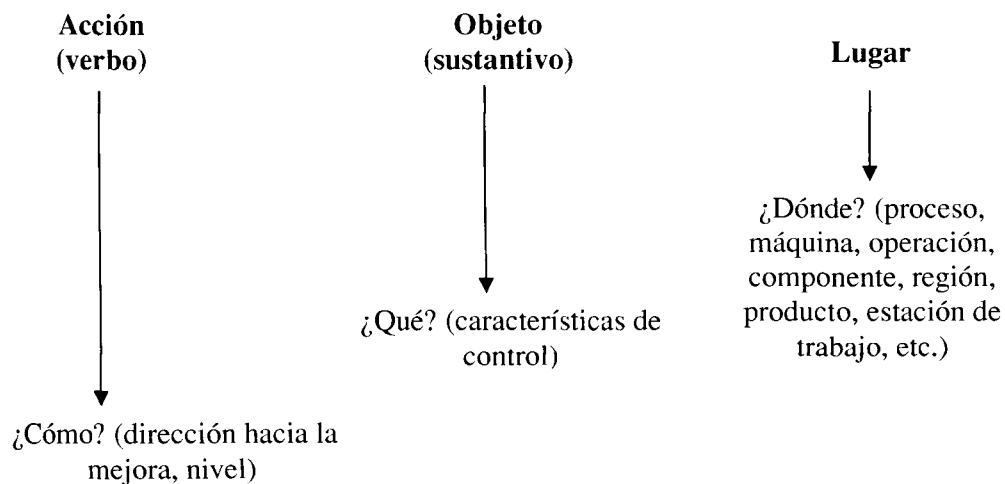
desaparecer los síntomas del problema, nunca se resolverán los problemas si se adoptan acciones sin haber identificado antes las verdaderas causas.

La metodología de los 7 pasos está formulada para resolver problemas científicamente, racionalmente, eficientemente, y de manera efectiva, para que de esta forma cualquier individuo sea capaz de resolver incluso problemas difíciles (Hosotani, 1989).

A continuación se menciona paso a paso las etapas de esta metodología:

1.- Seleccionar un tema: El primer paso en la solución de un problema es precisamente encontrar uno y decidir sobre qué tema o parte de ese problema se desea actuar, éste debe ser interesante y motivador para los integrantes del grupo que están desarrollando la solución del mismo.

Una manera idónea de identificar el tema de un problema es:



Ejemplos: Reducir los defectos de soldadura en la línea 216
 Incrementar las piezas de salida del proceso de soldadora de ola
 Aumentar el nivel de estadística en el grupo de Ingeniería

Figura 7.2 Estructura semántica de un problema (Hosotani, 1989)

Los siete puntos para describir un tema son (Hosotani, 1998):

- i.- Mencionar en donde tomará parte la mejora (nombre del proceso, nombre del producto, etc.).
- ii.- Hacer obvio en el título del tema lo que se va a hacer y su objetivo.
- iii.- Expresar el tema en términos de atacar algo que está mal en lugar de mejorar algo bueno (Ejemplo: reducir los defectos de un producto, en lugar de mejorar la eficiencia de un producto).
- iv.- Expresar en términos de resultados en lugar de métodos (Ejemplo: reducir el tiempo de espera de llamadas de los clientes de un hotel, en lugar de preparar un manual de manejo de reservaciones de un hotel)
- v.- No confundir las acciones de contención con el tema del problema (Ejemplo: reducir los defectos por desplazados en inspección, en lugar de mejorar el método de inspección).
- vi.- Expresarse de manera clara y en términos mandatorios (Ejemplo: reducir los defectos, en lugar de reduzcamos los defectos)
- vii.- Si es necesario agregar subtemas para enfatizar alguna característica especial.

2.- Entender la situación y fijar metas: En este paso entender la situación nos lleva a evaluar los datos históricos (tendencias); es decir, darse cuenta de cómo las características de control han cambiado a través del tiempo.

Las características de control son aquellos métricos que nos indican qué tan efectivas han sido las acciones y si se han alcanzado las metas fijadas; las típicas características de control serían:

- Calidad: número de defectos, de errores, de piezas retrabajadas, peso, tiempo, grosor, consumo de electricidad, porcentaje de defectos.
- Costo: eficiencia de consumo, inventario, consumo de energía, costos de personal directo e indirecto, horas laboradas, costos de material, relación / presupuesto / gasto.
- Productividad: cantidad de piezas producidas por unidad de tiempo, tiempo de entrega, ventas, disponibilidad, tiempo muerto.
- Eficiencia: eficiencia laboral, tiempo de cambios de modelo, tiempo de inspección, tiempo de preparación de modelos, tiempo de administración, tiempos de ejecución de tareas.
- Entregas: porcentaje de conformidad de entregas, porcentaje de entregas a tiempo, número de lotes rechazados por el cliente

- Ventas: número de unidades vendidas, relación de pérdidas y ganancias, valor agregado, cantidad bruta de ventas.

- Seguridad: frecuencia de accidentes, número de días libres de accidentes, número de condiciones inseguras detectadas en las auditorias, número de cursos de seguridad industrial impartidos.

- Relaciones humanas: porcentaje de ausentismo, número de despidos, número de renunciaciones.

- Servicio: número de quejas del cliente, tiempo de respuesta de atención en llamadas, tiempos de solución de problemas, tiempo de atención de un pedido.

Parte del paso 2 es decidir los objetivos y tiempos límite para lograrlos; un objetivo es un indicador que indica el nivel de mejora que debe ser logrado, no se deben expresar objetivos vagos, como: “nos gustaría alcanzar el porcentaje de recuperación de entregas”. Los objetivos deben tener las siguientes características:

1.- ¿Qué?: característica de control: ejemplo: porcentaje de errores de desplazados.

2.- ¿Para cuándo?: tiempo límite: ejemplo: para enero 2006

3.- ¿Por cuánto?: valor del objetivo: reducir de 5% a 1% de desplazados

3.- Plan de actividades: En este paso preparamos el plan a seguir para asegurarnos que las actividades de solución de problemas serán ejecutadas adecuadamente. Esto se hace respondiendo a las preguntas: ¿Quién? y ¿Cuándo?.

Básicamente en este paso se emplean diagramas de Pert, graficas de Gantt o en su caso una tabla donde se coloque un listado de acciones, con responsables y fechas límite de ejecución.

4.- Análisis de causas: Este es el paso más importante en este método, así lo define Hosotani, ya que, si las causas no están correctamente identificadas se estaría perdiendo tiempo y dinero, los básicos de este paso son:

- Resumir las características de un sistema y sus causas en un diagrama causa – efecto.
- Analizar las relaciones entre las características y causas empleando herramientas de solución de problemas, para evitar adivinar las causas.
- Resumir los resultados del análisis.
- Decidir los aspectos a atacar primero

<i>Paso No.</i>	<i>Contenido</i>
1.- Seleccionar un tema	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Identificar el problema ➤ Definir el tema
2.- Entender la situación y fijar las metas	<p>Entender la situación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Recolectar datos ➤ Definir las características de control a atacar <p>Fijar metas</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Definir la meta (valor y fecha límite)
3.- Plan de actividades	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Decidir qué hacer ➤ Definir el calendario y la división de responsabilidades
4.- Análisis de causas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Verificar los valores actuales de las características de control ➤ Listar posibles causas ➤ Analizar las causas ➤ Decidir las causas a atacar
5.- Implementar las acciones	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Proponer ideas ➤ Discutir cómo poner las acciones en operación ➤ Verificar los detalles para su implementación ➤ Planear cómo implementar las acciones ➤ Implementar las acciones
6.- Verificar los resultados	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Verificar los resultados de las acciones ➤ Comparar los resultados contra las metas fijadas ➤ Identificar los beneficios tangibles e intangibles
7.- Estandarizar y controlar	<p>Estandarizar:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Establecer nuevos estándares y revisar los viejos ➤ Definir los métodos de control <p>Controlar:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Familiarizar a todo el personal con los nuevos métodos ➤ Educar y entrenar ➤ Verificar que los beneficios obtenidos se mantienen

Tabla 7.1 Metodología de los 7 pasos

5.- Implementar las acciones: En este paso se debe pensar en todas las acciones posibles poniendo atención en los siguientes puntos:

- Analizar el problema desde diferentes ángulos

- Recolectar ideas de personal operativo y supervisores

- No juzgar las ideas y la etapa de creación de las mismas

- Emplear pensamiento lateral

Enseguida debemos considerar una evaluación de todas esas ideas teniendo en cuenta si el efecto de las mismas eliminarán la causa raíz, si son técnicamente posibles y viables de realizar y el impacto económico de su implementación para finalmente realizar su implementación.

6.- Verificar los resultados: Aquí se examina cómo las características de control en cuestión han cambiado una vez aplicadas las acciones. Los resultados deben ser medidos en términos numéricos comparados contra los objetivos y analizados a través de herramientas de solución de problemas.

Este paso es bastante motivacional si los resultados fueron logrados, fomenta el liderazgo y el trabajo de equipo, así como la confianza para afrontar los problemas sustentando las bases sólidas para crear una cultura de solución de problemas activa.

7.- Estandarizar y controlar: Hosotani menciona que este paso sirve para “aplicar el freno” en la metodología DEEP lo llamaremos “anclar las acciones”, las etapas importantes de este paso son:

- Documentar los estándares temporales.

- Determinar los métodos de control a aplicar en las variables significativas.

- Educar y entrenar a todos los involucrados en estos nuevos estándares

7.2 Ruta de la calidad.

Esta metodología es también conocida como historia de la calidad y se originó en la planta de Komatsu Awatsu de Ishikawa Japón donde los operarios reportaban sus resultados como una historia de control de calidad expresando sus mejoras obtenidas y las experiencias adquiridas de esto.

Esta metodología fue en un principio empleada como herramienta para reportar actividades y logros de alguna mejora (Kaizen) bajo la perspectiva de la aplicación del control de calidad.

La ruta de la calidad incluye pasos específicos del ciclo de mejoramiento continuo Shewhart – Deming (PDCA). Esta metodología es empleada para organizar las actividades kaizen, expresando los resultados en un reporte de actividades y presentándolo de una manera adecuada (Sugiura y Yamada, 1995).

Esta metodología se compone de siguientes diez pasos:

1.- Introducción: Este paso no es parte de la metodología de solución de problemas pero es elemental para la creación del reporte escrito. El requerimiento básico en este paso es dar a la audiencia o personal a quien se presenta la problemática, una referencia básica y rápida de la situación actual del problema, así como, los recursos involucrados para atacarlo.

2.- Selección del tema: Sugiura y Yamada mencionan que éste es el paso más importante en el proceso de solución de problemas. En este paso se identifican las siguientes subetapas:

- Buscar los problemas: estos deben ser problemas que todo el personal involucrado pueda entender.
- Identificar y documentar: Emplear técnicas de tormentas de ideas y hojas de verificación para seleccionar las causas raíz más significativa.
- Organizar de una manera sistemática las causas raíz.
- Determinar el tema: No usar una acción correctiva como el tema, en cambio emplear enunciados específicos y concretos, empleando la siguiente formula “Hacer - Para”, respondiendo:

¿Qué? : reducir los defectos de soldadura

¿Dónde? : en el área de ensamble manual

¿Cuánto? : a 20 PPMs

- Resumir las razones de selección del tema: clarificando el porqué el problema es un problema, de donde fue obtenida la información y los criterios empleados.

3.- Análisis de lo hechos: En este paso se clarificará el impacto del problema; es decir conocer la diferencia existente entre la situación actual y el objetivo a alcanzar; se deben expresar los hechos de una manera numérica, formulando los datos de una forma gráfica para facilitar la estratificación y conocimiento de la variabilidad.

4.- Plan de acción: Sugiura y Yamada indican que no hay actividad sin un plan, y que sin este plan no hay crecimiento; el plan es una importante herramienta de crecimiento y básicamente se trata de asignar responsabilidades a las personas indicadas de acuerdo a sus fortalezas y habilidades en un período de tiempo.

5.- Análisis de factores: El análisis de factores consiste en buscar las causas de la variabilidad identificada en el análisis de los hechos; aquí las subetapas importantes a seguir son:

- Pensar en todos los posibles factores empleando tormentas de ideas o análisis de causa y efecto.

- Determinar los factores o causas más significativas

- Compilar y confirmar los datos de los factores más importantes realizando una estratificación de Pareto, correlación y seguimiento.

<i>Paso No.</i>	<i>Contenido</i>
1.- Introducción	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Presentación de la compañía ➤ Descripción del proceso y la situación ➤ Presentación del equipo
2.- Selección del tema	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Buscar problemas ➤ Identificar y documentar problemas ➤ Organizar sistemáticamente la causa raíz ➤ Determinar el nombre del tema ➤ Resumir las razones de selección del tema
3.- Análisis de los hechos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Identificar el estatus actual del problema ➤ Expresar los hechos numéricamente ➤ Colectar datos y graficarlos ➤ Determinar la variabilidad ➤ Establecer la meta u objetivo
4.- Plan de acción	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Calendarizar las acciones con sus responsables
5.- Análisis de factores	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Generar factores o ideas ➤ Cerrar la brecha de los factores más importantes ➤ Compilar y confirmar datos de los factores más importantes
6.- Acciones correctivas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Formulación ➤ Implementación del calendario ➤ Implementar las acciones correctivas
7.- Confirmación del efecto	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Comparar las metas con los valores actuales ➤ Confirmar los efectos intangibles

- | | |
|--|--|
| 8.- Aterrizando el efecto | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Estandarizar ➤ Crear procedimientos ➤ Proveer educación y entrenamiento ➤ Asegurar el seguimiento de los estándares ➤ Seguimiento para asegurar el impacto |
| 9.- Revisión posterior de problemas sin resolver | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Examinar las discrepancias entre lo planeado y lo logrado ➤ Revisar el plan de acciones anterior ➤ Obtener una lista de problemas sin resolver |
| 10.- Planeando para el futuro | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Examinar cómo los resultados obtenidos pueden ser empleados a futuras actividades ➤ Elaborar un reporte |

Tabla 7.2 Ruta de la calidad

6.- Acciones correctivas: las acciones correctivas pueden dividirse en: **acciones de contención**, que se emplean para apagar fuegos y desaparecen el síntoma del problema de momento y **acciones preventivas**, las cuales se enfocan a atacar la causa raíz de una manera preventiva y desplegar su alcance de manera sistemática.

Se recomienda aplicar primero la solución rápida de una acción de contención de los síntomas para posteriormente ir a fondo respecto a la búsqueda de la causa raíz; recordar que la desaparición de los síntomas no asegura que el problema se haya resuelto en su totalidad.

7.- Confirmación del efecto: Los efectos pueden ser divididos en dos partes: **efectos tangibles** que pueden ser claramente confirmados con valores numéricos (porcentaje de defectos, número de discrepancias, porcentaje de tiempo muerto, ventas anuales) y

efectos intangibles que no pueden ser expresados numéricamente (percepción del cliente, trabajo en equipo, ambiente laboral)

8.- Aterrizando el efecto: Sugiura y Yamada llaman aterrizar el efecto a la estandarización y sistematización de las acciones específicas que consolidaron las acciones correctivas y que nos llevaron a una mejora (kaizen). Cuando el efecto es sólo transitorio y los problemas recurren, es debido a que no se puso atención a este paso. Las subetapas de este paso son:

- Estandarizar las acciones (establecer las reglas)
- Proveer procedimientos
- Proveer entrenamiento y educación
- Asegurar la implementación de los estándares
- Seguimiento a través del tiempo para asegurar el impacto y el aterrizado del efecto.

9.- Revisión posterior de problemas sin resolver: Este paso es para revisar las discrepancias existentes entre lo planeado originalmente y lo logrado, consiste en regresar a los pasos anteriores y cerrar la brecha referente a los problemas que quedaron sin resolver o que no alcanzaron la meta fijada.

10.- Planeando para el futuro: Este paso representa el plan del paso 9, donde con base a lo obtenido se elabora la formulación de planes futuros para resolver los problemas faltantes durante el proceso de la historia de calidad del problema.

7.3 Global 8D

Originalmente desarrollada en la compañía Ford Motor Company, fue introducida en 1987 con el título “Equipos Orientados a la Solución de Problemas” (TOPS)

Esta metodología es más efectiva en la resolución de problemas crónicos recurrentes y se menciona que está basada en el ciclo de detección y prevención definiéndola como una metodología de acciones correctivas.

Las 8 Disciplinas es un proceso sistémico orientado a la participación en equipo para resolver problemas cuando la causa es desconocida, en donde se trabajan tres conceptos simultáneamente: proceso de solución de problemas, crear un estándar y crear un reporte (Ford Motor Company, 1987)

Una vez ocurrido el problema o queja del cliente, las etapas de la metodología a efectuar (Ibáñez, 2000) son:

D1.- Enfoque de equipo: Establecer un grupo pequeño de gente con conocimiento del proceso / producto, tiempo asignado, autoridad y habilidad en las disciplinas técnicas requeridas para resolver el problema e implementar acciones correctivas. El grupo deberá tener un facilitador designado.

Nunca se debe tratar de desarrollar la solución del problema por sí solo.

D2.- Describir el problema: Especificar el problema del cliente interno/externo, identificando en términos cuantificables quién, qué, cuándo, dónde, por qué, cuánto, cómo (5W2H) para el problema.

<i>Paso No.</i>	<i>Contenido</i>
D1.- Enfoque de equipo	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Designar los miembros del equipo y un líder (4 a 10 miembros) ➤ Equipo con experiencia y conocimiento del proceso ➤ Integrar asesores si es necesario ➤ Compromiso de tiempo a invertir
D2.- Describir el problema	<p>Fase I</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Plantear síntoma, extensión y consecuencia del problema ➤ Preparar diagrama de flujo ➤ Empezar plan de acción <p>Fase II</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Identificar quién, qué, cuándo, dónde, por qué, cómo y cuánto (5W2H) ➤ Cuantificar la extensión del problema ➤ Evaluar situaciones similares donde el problema pudiera ocurrir ➤ Emplear métricos o indicadores
D3.- Implementar y verificar acciones intermedias	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Establecer acciones intermedias de contención ➤ Establecer pruebas de efectividad ➤ Establecer procedimientos para verificar la efectividad
D4.- Definir y verificar causas reales	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Definir los efectos de Fase II (D2) ➤ Estratificar cada efecto ➤ Verificación de ocurrencia histórica del problema ➤ Comparación con problemas y soluciones similares ➤ Identificar las causas potenciales ➤ Establecer concordancia de alguna causa principal con la descripción del problema

D5.- Verificar acciones correctivas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Simular la solución (pruebas piloto) ➤ Verificar que no se genere otro problema ➤ Cuantificar los cambios en los indicadores clave
D6.- Implementar acciones correctivas permanentes	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Evaluar soluciones alternativas ➤ Retirar acciones intermedias (inspección) ➤ Establecer controles continuos
D7.- Prevenir la reincidencia	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estandarizar los cambios ➤ Indicar los puntos de control críticos de proceso ➤ Establecer un plan de seguimiento
D8.- Felicitar al equipo	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Reconocer los esfuerzos de una manera tangible ➤ Documentar los resultados

Tabla 7.3 Global 8D

D3.- Implementar y verificar acciones intermedias: Definir e implementar acciones de contingencia para aislar el efecto del problema de cualquier cliente interno/externo hasta que se implemente la acción correctiva. Verificar la efectividad de la acción de contingencia.

La falta de compromiso ante el cliente al verificar que las acciones intermedias no han sido puestas en marcha puede generar otros problemas. La expectativa en tiempo de desarrollo hasta esta etapa es de 24 horas

D4.- Definir y verificar causas reales: Identificar todas las causas potenciales que pudieran explicar por qué ocurrió el problema. Aislar y verificar la causa real probando cada causa potencial contra la descripción del problema e información de prueba. Identificar acciones correctivas alternativas para eliminar la causa real.

Causa raíz de la ocurrencia: Explica que salió mal en el proceso, sistema, componente, etc.

Causa raíz del escape: Menciona cómo el problema pasó a lo largo del proceso sin ser detectado antes de llegar al cliente.

D5.- Verificar acciones correctivas: A través de programas de prueba de pre-producción, confirmar cuantitativamente que las acciones correctivas seleccionadas resolverán el problema para el cliente, y no causarán efectos secundarios indeseables. Definir acciones de contingencia, si es necesario, basadas en la valoración del riesgo.

Acciones de causa para la ocurrencia: Acciones permanentes que eliminarán la ocurrencia del problema.

Acciones de causa para el escape: Acciones correctivas aplicadas en el lugar o momentos del sistema donde se pudo haber contenido el problema.

D6.- Implementar acciones correctivas permanentes: Definir e implementar las mejores acciones correctivas permanentes. Escoger controles actuales para asegurarse de que la causa real haya sido eliminada. Una vez iniciada la producción, vigilar los efectos a largo plazo e implementar acciones de contingencia si es necesario.

D7.- Prevenir la reincidencia: Modificar los sistemas de administración, de operación, las prácticas y procedimientos para prevenir la reincidencia de éste y de todos los problemas similares.

D8. Felicitar al equipo: Reconocer los esfuerzos colectivos de equipo.

En el Anexo 8 se ilustra un formato oficial empleado para la solución de problemas de una compañía automotriz, también en el Anexo 9 se dan las indicaciones para su llenado; se respeta el texto en el idioma inglés para no desviar el significado original del formato.

7.4 Seis sigma (DMAIC):

La filosofía seis sigma es una forma más inteligente de dirigir un negocio o un departamento. Seis sigma pone primero al cliente y usa hechos y datos para impulsar mejores soluciones (Pande y Holpp, 2002). Esta filosofía surgió desde los años 80 s como resultado del esfuerzo de la compañía Motorola por reducir la tasa de defectos de 6000 partes-por-millón (ppm) a 40 ppm, con el fin de lograr la satisfacción total del cliente (STC). Dicho esfuerzo llevó a Motorola a ganar en 1988 el Premio Nacional de Calidad de Estados Unidos (Malcolm Baldrige).

Para 1996 General Electric a través del liderazgo de su director Jack Welch presentó el programa GE Quality 2000, basado en la implementación de seis sigma, con el objetivo de llegar a tener un nivel de defectos no mayor a 3.4 ppm para el año 2000 (Escalante, 2005).

Las empresas Motorola como iniciador y General Electric como impulsor de esta filosofía en la era moderna de la manufactura, han sido las compañías icono a seguir para el mejoramiento continuo de los procesos con un enfoque diferente al tradicional.

Pande y Holpp mencionan que seis sigma tiene un enfoque a la satisfacción del cliente bajo tres significados:

1. Una medida estadística del nivel de desempeño de un proceso o producto

<i>Sigma</i>	<i>PPM</i>	<i>Costo de calidad</i>	<i>Clasificación</i>	<i>No de palabras equivocadas</i>
6	3.4	< 10 % ventas	Clase mundial	1 en una pequeña librería
5	233	10-15 % ventas		1 en varios libros
4	6,210	15-20 % ventas	Promedio	1 en 31 paginas
3	66,807	20-30 % ventas		1.35 por pagina
2	308,537	30-40 % ventas	No competitivo	23 por pagina
1	690,000			159 por pagina

Tabla 7.4 Significados de seis sigma (Harry, 1998, y Mc Fadden, 1993; Escalante, 2005)

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.

Así llegamos a la siguiente definición de seis sigma:

Seis sigma representa un métrico para medir el desempeño de un proceso, una filosofía de trabajo para el mejoramiento continuo de procesos apoyando en la solución de problemas, empleando métodos estadísticos y una meta de no producir productos defectuosos más allá de 3.4 ppm para un proceso descentrado a 1.5 sigma o 0.00189 ppm para un proceso centrado (Escalante, 2005).

SIGMA VERSUS PPM

La teoría validada por los matemáticos Belder, Evans y Wilson asegura que todos los procesos sufren desplazamiento de $\pm 1.5\sigma$.

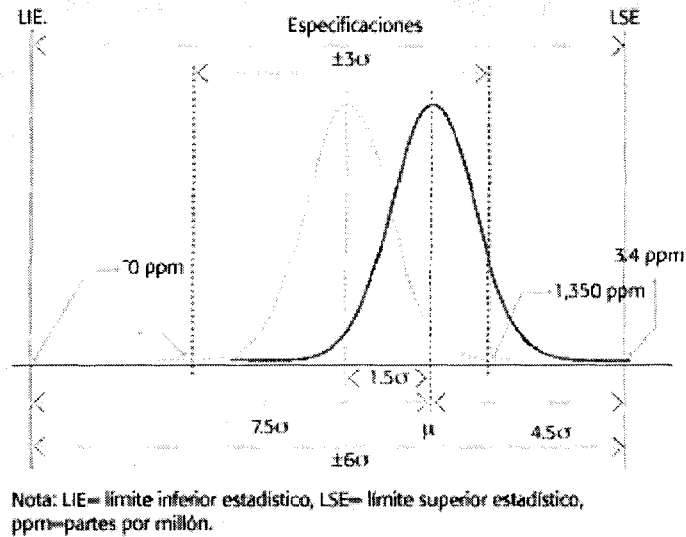


Figura 7.3 Sigma versus PPM (Harry y Shroeder, 1999)

La filosofía seis sigma a través de su estructura humana de cinturones verdes, negros y campeones ha desarrollado una metodología de solución de problemas llamada DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Incrementar y Controlar), la cual cuenta con los siguientes pasos (Escalante 2005; Pande y Holpp, 2002).:

Definir el problema / seleccionar el proyecto: Describir el efecto provocado por una situación adversa, o el proyecto de mejora que se desea realizar, con la idea de entender la situación actual y definir objetivos, seleccionar un equipo multifuncional.

El equipo debe plantearse la pregunta: “¿Qué es importante?” entre otras como, ¿En qué vamos a trabajar?, ¿Por qué trabajamos en este problema en particular? ¿Quién es el cliente?, ¿Cuáles son los requerimientos del cliente?, ¿Cómo se lleva el trabajo en la actualidad?, ¿Cuáles son los beneficios de implantar esta mejora? Todas estas preguntas pretenden definir y limitar el ámbito del proyecto.

Medir: Consta de dos fases: la primera de ellas trata de definir los elementos del proceso, sus pasos, sus entradas (X) , salidas (Y) y características, todo esto a través de la recolección de datos ; la segunda consiste en evaluar la capacidad y estabilidad de los sistemas de medición por medio de estudios de repetibilidad, reproducibilidad, linealidad, exactitud y estabilidad. Estas fases ayudan a responder la pregunta “¿Cómo vamos?”.

Analizar: Consta de dos fases: empezando por determinar las variables significativas, éstas que fueron definidas en la primera fase de la etapa medir, las cuales deben ser confirmadas por medio de diseños de experimentos y / o estudios multivariados, para medir la contribución de esos factores en la variación del proceso. Las pruebas de hipótesis e intervalos de confianza también son útiles para el análisis del proceso; en la segunda fase se determina la habilidad del proceso para producir dentro de especificaciones por medio de estudios de capacidad y a la vez evaluar la fracción defectuosa.

En esta etapa el equipo debe preguntarse: “¿Qué está mal?”, y axial aumentar su comprensión del proceso y del problema, y si todo va como está previsto, identificar la causa raíz.

Incrementar: Para algunos autores esta etapa es mencionada como “Mejorar” y también consta de dos fases: la optimización de los procesos, donde si el proceso no es capaz se deberá optimizar para reducir la variación. Se recomienda usar diseños de experimentos, análisis de regresión y superficies de respuesta. Esta fase se complementa con la fase de validación de esta mejora con estudios de capacidad.

“¿Que se necesita hacer?”, como se mencionó con otros términos en el capítulo 4 “la solución y la acción” es una etapa en la que muchos se sienten tentados a saltar desde el inicio del proyecto o solución del problema. Es por eso que el equipo aquí no debe dejarse llevar por la frase “vean el problema y acaben con él”.

<i>Paso No.</i>	<i>Contenido</i>
Definir	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Definir clientes ➤ Definir los requisitos críticos del cliente ➤ Identificar la oportunidad de mejora o el problema ➤ Mapear el proceso ➤ Desarrollar proceso del negocio ➤ Preparar equipo del proyecto
Medir	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Identificar los métricos críticos ➤ Definir métodos de recolección de datos ➤ Validar mediciones ➤ Establecer la línea de base
Analizar	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estratificar y analizar datos ➤ Identificar variables significativas ➤ Identificar y validar la causa raíz ➤ Identificar posibles soluciones
Incrementar (Mejorar)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Evaluar y seleccionar soluciones ➤ Determinar impactos de la solución ➤ Desarrollar plan de solución ➤ Comunicar estrategia de mejora
Controlar	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ejecutar el plan de solución ➤ Diseminar las lecciones aprendidas ➤ Instituir el proceso nuevo ➤ Determinar otras oportunidades de mejora ➤ Procesar sistemas de control

Tabla 7.5 Seis sigma (DMAIC)

Controlar: En esta etapa se debe de monitorear y mantener el control del proceso, una vez que el proceso ha demostrado capacidad, se deben buscar mejores condiciones de operación, materiales, procedimientos, etc., que conduzca a otro nivel de desempeño del proceso.

Pande y Holpp mencionan que el principal objetivo de esta etapa es evitar el efecto “muelle” de regresar a los viejos hábitos y procesos, con esto el equipo debe contestar a la pregunta “¿Cómo garantizamos el desempeño?”.

De hecho, el que se logre un impacto a largo plazo en la forma que trabaja la gente y asegurar que perdure, depende tanto de la persuasión y de la venta de las ideas como de la medición y control de los resultados. Ambos son esenciales.

7.5 Otras metodologías:

Hasta el momento se han descrito 4 de las mas importantes metodologías que en la actualidad son de mayor uso en el mundo, a continuación se mencionarán de manera muy resumida otras más, como la metodología de solución de problemas 5P de Honda, Preparen apunten fuego de Cox y la metodología TRIZ.

7.5.1 Cinco principios para la solución de problemas (5P):

Esta metodología fue desarrollada por la compañía automotriz japonesa Honda, para resolver problemas que tienen alto riesgo de impacto al cliente, recurrencias o tiempos muertos para la compañía. Los objetivos de esta metodología son los siguientes:

- Resolver permanentemente problemas de alto impacto y recurrentes.

- Estandarizar el proceso de solución de problemas

- Comunicar efectivamente y eficientemente las actividades de solución de problemas al cliente

- Crear una base de datos histórica de los problemas y las acciones tomadas para corregirlos como futura referencia.

En seguida se mencionan las etapas de esta metodología:

Definición del problema: Este es el primer paso para la solución del problema, y se recomienda ir al lugar donde sucedió el problema, ver la situación actual y preguntar a las personas directamente involucradas. Posteriormente enunciar de una manera clara y específica el problema indicando:

El objeto: La parte específica, objeto, o cosa con la que se está teniendo el problema

El defecto: Indicando lo que está mal con el objeto y mencionar por qué esto es un problema

Dentro de la definición del problema contestar a las siguientes preguntas: ¿Qué?, ¿Cuándo?, ¿Dónde?, ¿Por qué?, ¿Cómo?, ¿Cuántos?.

Identificar la causa raíz: Aquí se recomienda emplear tormenta de ideas, cinco por qué's, análisis de causa – efecto. Cada causa que debamos aplicar una acción debe ser marcada.

Implementar acciones correctivas: En esta etapa se especifica que se ha realizado temporalmente para contener los problemas y sus efectos. También se documentan las acciones permanentes a implementar.

Validación de las acciones correctivas: Aquí se deben responder las siguientes preguntas: ¿Quién confirmará si la acción está trabajando?, ¿Cómo y cuándo el resultado será confirmado?, ¿La acción dio 100% de resultado?, ¿Los estándares operacionales y las herramientas de administración del proceso han sido actualizadas y puestas en práctica?

Retroalimentación y comunicación: En esta etapa se deben de comunicar y compartir las lecciones aprendidas a otras áreas o proyectos con problemas similares y actualizar los documentos relativos para desplegarlos de una manera sistemática.

En el Anexo 10 se presenta la versión original en inglés de Honda del formato de esta metodología.

7.5.2 Preparen – Apunten – Fuego:

Esta metodología creada por Geof Cox es un método equilibrado para la resolución de problemas y la toma de decisiones. Hace posible un estilo analítico o creativo, según sea la situación; su propio proceso garantiza que se ha recabado toda la información relevante, antes de tomar una decisión y ponerla en ejecución. Toma en cuenta el estilo personal y el rol preferido de cada uno, y valora más y mejor a las personas y sus estilos.

Primero se realiza la *fase de preparen*: identificar el objetivo, es decir, identificar el problema que necesita ser resuelto o la decisión que es necesario tomar. Ello quiere decir, que hay que recoger toda la información necesaria para identificar el ámbito del problema, definir sus límites y anotar ideas sobre las opciones que existen.

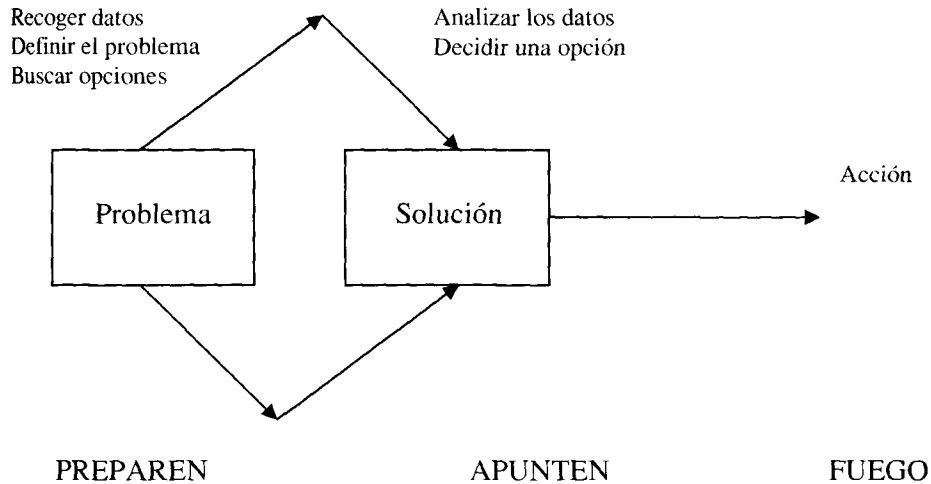


Figura 7.4 Preparen – Apunten – Fuego (Cox, 1994)

Cox menciona los pasos de su metodología de la siguiente manera:

En la *fase apunten* hay que elegir la mejor solución o estrategia, mediante la información que se ha compilado en la fase anterior. (A menudo, definiendo el problema y pensando en lo que se necesita, resulta más fácil identificar la solución).

Ahora pasamos a la *fase de acción*, donde después de haber recabado información, para tomar una decisión, éstas se deben poner en práctica, es decir ejecutarlas.

Sin embargo, es un proceso que a la mayoría de nosotros nos resulta difícil seguir en la práctica, ya sea individualmente o cuando participamos en un trabajo de grupo o en empresas. Esto se debe a nuestra forma personal de trabajar de un modo determinado que nos lleva a inclinarnos por uno de los tres pasos. Es posible que nos guste recoger datos y buscar opciones; por lo tanto, nunca salimos de la fase preparen, puede que seamos partidarios del análisis y lleguemos a estar tan paralizados por ese proceso, que no emprendemos ninguna acción. O puede que nos inclinemos por la acción, y nos precipitemos rápidamente a sacar conclusiones (Cox, 2003).

7.5.3 TRIZ

La teoría de solución a problemas de inventiva (TRIZ) fue desarrollada en 1946 por el ruso Genrich Altshuller, quien retomó los principios de la heurística del griego Pappos relacionados a los descubrimientos e invenciones, mediante un proceso de solución de problemas.

TRIZ no solo ayuda a resolver problemas específicos si no que a través del tiempo sirve para incrementar el repertorio del usuario en cuanto a patrones del pensamiento. Ayuda a hacer la mente más flexible y creativa.

Altshuller definió dos características de un problema de inventiva:

1. Cuando al querer resolver un problema aparecen nuevos (contradicciones técnicas).

2. Cuando se requieren buscar formas o caminos desconocidos de solución.

Así también clasificó los siguientes niveles de solución de acuerdo al impacto que producen en el sistema:

- Nivel 1: Solución aparente (sin invención); éstas son las soluciones ya establecidas o existentes.
- Nivel 2: Mejora; pequeñas mejoras de un sistema existente, usualmente con algún compromiso.
- Nivel 3: Invención dentro de un paradigma; mejoras esenciales de un sistema existente.
- Nivel 4: Invención fuera del paradigma; un concepto para una nueva generación de un sistema existente, cambiando el principio de comportamiento de la función primaria.
- Nivel 5: Descubrimiento; invención pionera de un sistema esencialmente nuevo

Finalmente las etapas de TRIZ son dos:

La etapa analítica, donde el resultado es la formulación correcta del enunciado del problema (contradicciones técnicas, resultado final “ideas”, contradicciones físicas, modelo de pequeñas personas inteligentes, etc.).

La etapa de síntesis, enfocada el sistema, a través de la generación de ideas para cambiar el sistema con el fin de eliminar el problema (patrones o líneas de evolución, 40 principios de innovación “inventiva”, principios de separación, 77 soluciones estándar, efectos físicos, químicos, geométricos, etc., ejemplos de innovación seleccionados).

La principal contribución de esta metodología es motivar la creatividad.

7.6 Comparación básica de las metodologías:

A continuación en la siguiente tabla, a manera de resumen, se indicaran las ventajas y desventajas de cada una de las 4 principales metodologías que han sido el marco principal de este capítulo.

En la siguiente tabla se muestran las principales diferencias de las 4 metodologías de solución de problemas a las que se ha dedicado este capítulo, dichas diferencias estriban principalmente en el número de pasos, en la manera reactiva o pasiva de considerar a cada método por el usuario y por el nivel de entrenamiento requerido en herramientas estadísticas; esta tabla se deriva de las experiencias propias sobre estas metodologías y de la contribución del Ing. J. Tijerina (Tijerina, 2001).

<i>Metodología</i>	<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
Siete pasos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Actúa contra las causas raíz ➤ Basada en el PDCA (búsqueda y validación de causa raíz y verificación de la acción correctiva) ➤ Uso de las 7 herramientas básicas ➤ Incorpora herramientas estadísticas 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Requiere de entrenamiento y educación en herramientas estadísticas avanzadas ➤ Por lo general responde a una queja del cliente (reactivo) ➤ Demasiados pasos intermedios (7)
Ruta de la calidad	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Actúa contra las causas raíz ➤ Basada en el PDCA (búsqueda y validación de causa raíz y verificación de la acción correctiva) ➤ Uso de las 7 herramientas básicas ➤ Considera las áreas de oportunidad de mejora (reactiva y pasiva) ➤ Fomenta los círculos de calidad (reuniones semanales) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Demasiados pasos intermedios (10) ➤ Se ha empleado más como un sistema de reporte de resultados que como metodología de solución de problemas.
Global 8D	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Actúa contra las causas raíz ➤ Basada en el PDCA (búsqueda y validación de causa raíz y verificación de la acción correctiva) ➤ Uso de las 7 herramientas básicas ➤ Fomenta el pensamiento en equipo 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Por lo general responde a una queja del cliente (reactivo) ➤ Demasiados pasos intermedios (8)
DMAIC	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Actúa contra las causas raíz ➤ Basada en el PDCA (búsqueda y validación de causa raíz y verificación de la acción correctiva) ➤ Uso de las 7 herramientas básicas ➤ Enfoque de negocio (voz del cliente) ➤ Cuantifica operativa y financieramente el impacto ➤ Incorpora herramientas estadísticas ➤ Considera las áreas de oportunidad de mejora (reactiva y pasiva) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Requiere de entrenamiento y educación en herramientas estadísticas avanzadas

Tabla 7.6 Comparación de metodologías

Capítulo 8

8.- Metodología DEEP

La metodología DEEP es el resultado de más de 1 año de investigación bibliográfica y de aplicación práctica; surgió el 7 de diciembre del 2004 en el seno de un grupo de Ingeniería de Manufactura de una compañía de ensamblajes electrónicos del ramo automotriz de la ciudad de Chihuahua, Chihuahua en México.

Lo que se pretende con esta metodología no es desplazar a las otras ya expuestas en esta tesis de investigación, se intenta promover el uso de las herramientas de solución de problemas y fomentar el pensamiento estructurado para buscar soluciones rápidas a los problemas cotidianos en un ambiente de manufactura y tomar decisiones más acertadas. Esta metodología está basada firmemente en el ciclo de mejora continua PDCA.

En este capítulo que representa el trabajo final de esta tesis de investigación se expondrán las investigaciones de campo realizadas al grupo de estudio, la estructura de esta metodología, se exhibirán dos aplicaciones de las varias que se han estado aplicando en la compañía mencionada hasta la fecha, así como la relación de esta metodología con el ciclo de mejora continua Shewhart – Deming (PDCA).

Con todo esto ya mencionado, se pretende lograr los objetivos planteados en el capítulo 1 y responder satisfactoriamente las hipótesis de investigación expuestas en el capítulo 2 de esta tesis de investigación.

8.1 Investigación de campo

Con el fin de conocer la situación actual del grupo de estudio, se realizaron pruebas de reconocimiento de estilo personal de Cox, se realizó un sondeo del uso de las herramientas y métodos de solución de problemas y de la capacidad de análisis de causa raíz antes y después de la aplicación de la metodología DEEP. De acuerdo a los resultados encontrados la metodología se ha estado adecuando para hacer más amigable su aplicación.

8.1.1 Pruebas de estilo personal

Aplicando la matriz de evaluación del estilo personal de Cox del anexo 3 al grupo de Ingeniería de Manufactura se obtuvieron los siguientes datos:

	E		I		S		N		T		F		J		P		Perfil
	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	
1			X		X				X				X				ISTJ
2		X				X				X					X		ESFP
3			X			X			X					X			ISTJ
4		X			X				X						X		ESTP
5		X				X				X				X			ESFJ
6		X				X			X							X	ESTP
7		X				X				X					X		ESTP
8		X				X			X						X		ESTP
9		X				X				X				X			ESTJ
10		X				X				X					X		ESTP
11		X				X			X					X			ESTJ
12		X				X				X					X		ESTP
13			X		X				X				X				ISTJ
14				X	X				X							X	ISTP
	0	10	3	1	6	8	0	0	7	5	2	0	2	4	6	2	
1er Perfil		E				S			T							P	43%
2do Perfil			I		S					T				J			22%
Perfil dominante		E			S				T				P				

Figura 8.1 Resultados estilo personal

Estos datos nos indican que el estilo personal predominante del grupo en estudio es con un 43% el perfil ESTP, seguido del perfil ISTJ con un 22%; estos estilos se analizan con el anexo 2, donde se determinan finalmente las características principales de la manera como el grupo aborda los problema.

- ESTP: Orientado a la acción, emprendedor mediador, buen vendedor, no sabe llevar la tarea al final.
- ISTJ: Decidido, tranquilo y serio, digno de confianza y fiel, práctico y minucioso, cuida bien los detalles y la línea general.

<i>Pares</i>	<i>Resultados</i>	<i>Área de oportunidad</i>
E - I	<ul style="list-style-type: none"> ➤ E débil al 72% con alta tendencia extrovertida ➤ Saber lo que esperan los demás para adaptar sus acciones a esas expectativas 	➤ Comunicación de expectativas (retroalimentación)
S - N	<ul style="list-style-type: none"> ➤ S débil al 57% y 43% de S fuerte ➤ Recibir información a través de los sentidos 	➤ Fomentar el pensamiento preventivo y creativo.
T - F	<ul style="list-style-type: none"> ➤ T fuerte al 50% y T débil al 36% ➤ Toma de decisiones de manera impersonal (análisis lógico y racional) 	➤ Acelerar el proceso del análisis de datos para ejecutar las acciones rápidamente.
J - P	<ul style="list-style-type: none"> ➤ J débil al 29% y P débil al 43% ➤ Tendencia a la recolección de datos (P) ➤ Tendencia a la toma de decisiones con la información que se cuenta (J) 	➤ Par muy equilibrado, saber cuando ejecutar las acciones, de acuerdo al nivel del problema (sentido común).

Tabla 8.1 Análisis de pares

8.1.2 Sondeo de metodologías y herramientas de solución de problemas

Se realizó una encuesta para saber la metodología de solución de problemas empleada y las herramientas utilizadas por el grupo, así también en la encuesta se preguntó por el tiempo promedio para resolver un problema.

La metodología de solución de problemas oficial para este caso de estudios, siendo una empresa del área automotriz es la Global 8D; el tiempo promedio de resolución de un problema con 8D es de 20 días y una desviación estándar de 3 días; para un problema cotidiano el tiempo promedio es de 6 días y una desviación estándar de 2 días.

En los siguientes gráficos veremos las preferencias de uso y el conocimiento de las herramientas de solución de problemas

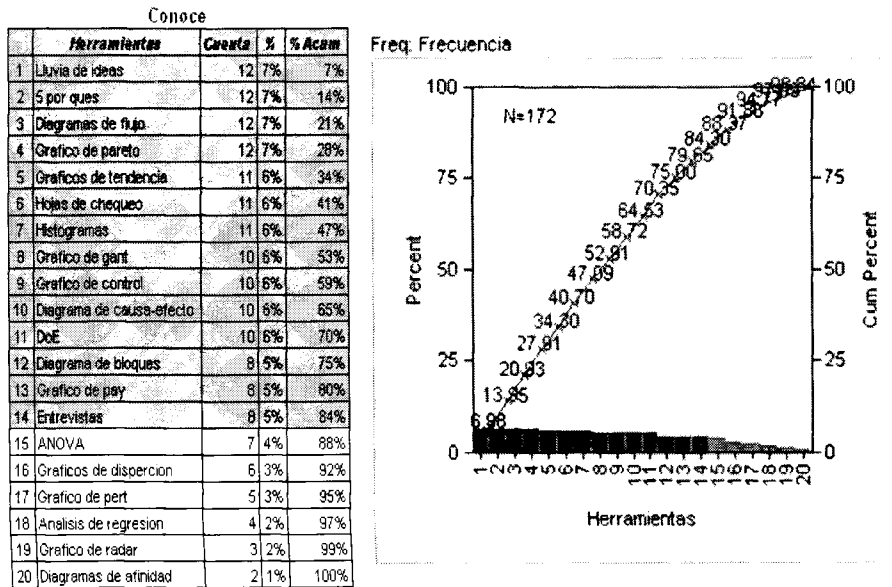


Figura 8.2 Pareto de herramientas conocidas

Ha usado				
Herramientas	Cuenta	% del Total	% Acum	
1	Lluvia de ideas	12	10%	10%
2	5 por ques	12	10%	21%
3	Diagrama de causa-efecto	10	9%	29%
4	Graficos de tendencia	10	9%	38%
5	Diagramas de flujo	9	8%	45%
6	Grafico de control	8	7%	52%
7	Hojas de chequeo	8	7%	59%
8	Grafico de pareto	8	7%	66%
9	Grafico de gant	7	6%	72%
10	Grafico de pay	7	6%	78%
11	Histogramas	7	6%	84%
12	Entrevistas	6	5%	89%
13	DoE	4	3%	92%
14	Graficos de dispercion	3	3%	95%
15	Diagrama de bloques	2	2%	97%
16	ANOVA	2	2%	98%
17	Grafico de radar	1	1%	99%
18	Analisis de regresion	1	1%	100%
19	Grafico de pert	0	0%	100%
20	Diagramas de afinidad	0	0%	100%

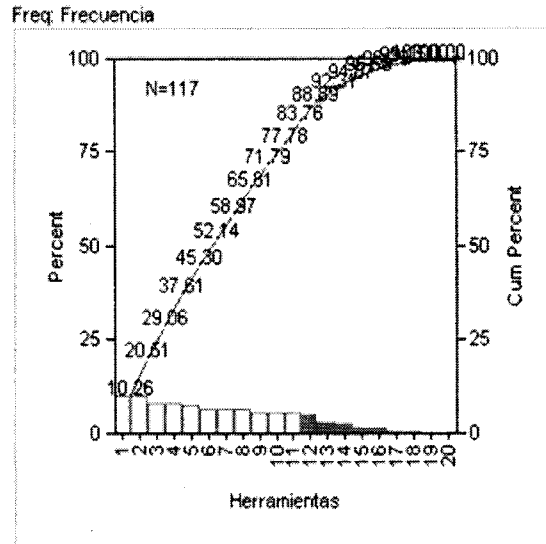


Figura 8.3 Pareto de herramientas usadas

La información obtenida aquí nos demuestra que el grupo tiene una alta tendencia al análisis de causa raíz empleando herramientas de estadística descriptiva (cuantitativos: gráficos de tendencia, paretos, histogramas, hojas de verificación y gráficos de pay y cualitativos: Cinco por que's, lluvia de ideas, diagramas de causa – efecto, diagramas de flujo), la estadística de inferencia la ha utilizado muy poco, sin embargo la conoce o ha oído hablar de ella como es el caso de los populares diseños de experimentos (DoE).

Una herramienta como el gráfico de control ha sido empleada en un 52% por el grupo ya que es una de las principales herramientas de control de procesos en la compañía actualmente.

8.1.3 Resultados de análisis de causa raíz

Previo al inicio de la investigación se desarrolló un examen donde se expresaban enunciados que se referían al la problemática de un evento anteriormente citado, y el grupo en estudio debía determinar si éste era una causa o un efecto, de esta manera se diagnosticó la capacidad de los ingenieros para iniciar un análisis de causa raíz con el primer paso (descripción del problema) de los métodos de solución de problemas. Finalmente después de un año de implementada la metodología DEEP se efectuó otro examen con características similares. En la figura 8.4 se muestra un ejemplo de este tipo de exámenes.

Descripción:

Este ejercicio analiza el dilema de un programador de computadoras del departamento de Ingeniería de sistemas para el consumidor, quien dirige el desarrollo de una nueva aplicación. Dicho programador se negó a aceptar los resultados de la última revisión de los códigos. En el ejercicio se analiza una reunión en la que el programa se revisa minuciosamente para ver si cumple con lo que se esperaba ¿Podría usted diferenciar las causas (causa raíz) de los efectos (síntomas)?

Instrucción:

Clasifique los siguientes factores como causa (C) o efecto (E), según corresponda

1.- Ha habido palabras acaloradas entre los programadores recientemente	E
2.- Se utilizaron diferentes métodos de programación antes de la revisión	C
3.- Un programador se siente frustrado desde que se introdujeron los nuevos métodos de programación	E
4.- No hubo adiestramiento para aprender a usar los nuevos métodos	C
5.- Ha habido falta de supervisión por parte del director del proyecto	C
6.- Hubo acusaciones durante la revisión del código	E
7.- Al programador director se le dio la autoridad de "hazlo a tu modo"	C
8.- Se seleccionó una base de datos vieja	C
9.- Llevo 280 horas reparar los virus encontrados en la revisión	E
10.- A nadie le gusta reparar los virus encontrados en la revisión	E
11.- Se contrató nuevo personal como resultado del poco progreso	E
12.- El programador que dirige adoptó una actitud de "sabelotodo"	C
13.- No se consideraron las aportaciones de los usuarios al diseñar el nuevo código	C

Figura 8.4 Examen de análisis de causa raíz (Pokras, 1989)

El promedio general de los exámenes fueron:

- Examen previo: 54%
- Examen posterior: 83%

8.2 Estructura metodología DEEP

Primero se mencionará la definición de la metodología DEEP:

DEEP es una metodología basada en la estadística descriptiva, empleando herramientas de solución de problemas cuantitativas y cualitativas, se da particular énfasis en: la definición correcta del problema, los tiempos de ejecución de las tareas, la ponderación de los objetivos en métricos operativos y financieros y evitar la ocurrencia a través de la estandarización y la prevención; fomentando así las características de rapidez de ejecución y pensamiento creativo - estructurado necesarias para la solución eficaz de los problemas.

Aunque la metodología está basada fuertemente en la estadística descriptiva como su definición la indica, no se descarta el uso de alguna herramienta de la estadística de inferencia, esto dependiendo del grado de habilidad y conocimientos de la persona que emplee el método; es decir DEEP se adecúa perfectamente a ambos términos estadísticos. A continuación se verán las etapas de la metodología DEEP:

Definición: Esta es la etapa más importante de esta metodología, ya que si no existe una correcta definición y objetivo del problema (¿Cuál es el problema y su objetivo?) o no se conocen detalles trascendentales del problema (¿Dónde, cuántos y cuándo sucedió el problema?), se estaría partiendo de una base teórica muy falsa y edificar todo el análisis de causa raíz sobre estas bases resultaría costoso en tiempo y recursos asignados al problema.

Antes de iniciar con las definiciones primero que nada se conforma el equipo de trabajo multidisciplinario y multinivel, se recomienda que sean máximo 5 personas (calidad, ingeniería de manufactura, producción, materiales, pruebas) para evitar divagar o abundar en conjeturas que no agregan valor a la solución del problema.

Posteriormente se continúa con las dos fases en las que se divide esta etapa:

Fase I: Definir la semántica y objetivo del problema de la manera más simple de entender y conservando la siguiente estructura, para responder a las preguntas:

¿Cuál es el problema?: Responder al síntoma o efecto presentado por el proceso indicándolo en un métrico tangible operativo o financiero (FPY, tiempo muerto, scrap, número de defectos, etc.) y expresarlo en sustantivo + adjetivo + lugar.

¿Qué?: Sustantivo específico afectado por el problema (proceso, sistema, máquina, componente, etc.)

¿Cómo?: Adjetivo calificativo del sustantivo expresado de ser posible por un métrico (elevado, movido, desplazado, etc.)

¿Dónde?: Indicar el lugar (proceso o sistema) y preguntarse varias veces hasta llegar al lugar origen de la falla

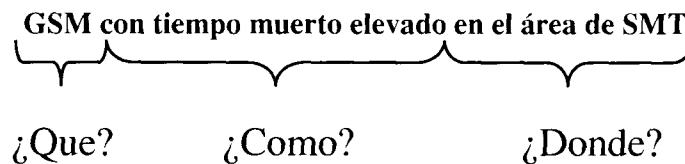


Figura 8.5 Fase Ia: ¿Cual es el problema?

Ahora se define el **objetivo** de la solución de este problema sobre el cual se enfocarán todas las acciones de mejora; se determina contestando a:

¿Qué?: Verbo que indique una acción con tendencia hacia la mejora (reducir, incrementar, eliminar, aumentar, mejorar, etc.) y expresarlo en un métrico tangible (FPY, tiempo muerto, scrap, número de defectos, etc.).

¿Dónde?: Indicar el lugar (proceso o sistema) en donde se piensa a primera instancia que se está generando el problema.

¿Cuánto?: Estimar el objetivo primordial de esta definición parcial, éste puede cambiar al término de la primera etapa cuando se tienen más datos de la situación actual del problema.

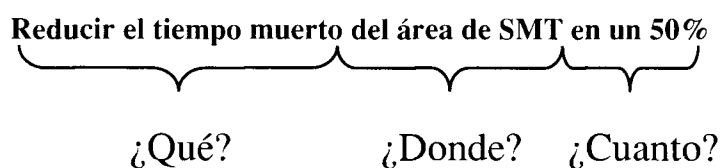


Figura 8.6 Fase Ib: Objetivo

Fase II:; Aquí se realiza una confirmación de la semántica, se detalla la situación actual del problema respondiendo a las siguientes preguntas y se van estratificando las causas hasta llegar a la(s) más significativa(s).

¿Que?: Es el problema a atacar, es la respuesta al ¿Cómo? de Fase Ia

¿Dónde / origen?: Expresar el siguiente o el último nivel donde se cree se generó el problema (línea, máquina, producto, CRD, otro)

¿Cuándo / origen?: Cuando se originó el problema (fecha, hora, etc.)

¿Dónde / detección?: Expresar donde se descubrió el problema (inspecciones, pruebas)

¿Cuándo / detección?: Cuando se detectó el problema (fecha, hora, etc.)

¿Cuánto?: Situación actual del métrico (expresarlo numéricamente).

En esta etapa de la definición del problema es necesario el empleo de las herramientas de solución de problemas como: Paretos, gráficos de tendencia para la fase I; Para la fase II emplear diagramas de causa y efecto en conjunto con sus cinco porqués para cada causa significativa, además de información relevante como diagramas, esquemáticos, layouts y otras especificaciones que agreguen valor al análisis.

Se recomienda establecer este importante paso en un periodo no mayor a dos días, dividiéndolo en 1 día por fase, con una inversión de 3 horas por día para la recopilación de información (si los sistemas de recopilación de datos están automatizados y son amigables, este tiempo se reduce) y 4 horas por día para el análisis de causa raíz en equipo (se requiere del compromiso individual y de cada supervisor para permitir este espacio de tiempo). En resumen un total de 14 horas para esta etapa.

Muy importante evitar las sesiones de causa raíz de 4 horas seguidas, dividir las en dos sesiones de 2 horas cada una para permitir el correcto proceso de incubación de ideas .

Ejecución: Después de haber definido el problema, su objetivo y sus posibles causas raíz, con base a estas se elabora un plan de acción que debe tener las siguientes características:

Causa raíz: Representada por las causas más significativas obtenidas del análisis del diagrama de causa y efecto y confirmadas en la herramienta de los cinco por qué's.

Acciones: Aquí se ponen todas las acciones que servirán para atacar la causa raíz, cada causa raíz contempla su conjunto de acciones y estas pueden ser:

Acciones de contención (AC): Estas acciones son aquellas que se implementan de manera inmediata sin perder tiempo para contener el problema.

Acciones de corrección (ACr): Estas acciones son aquellas que eliminan parte del efecto de la causa raíz e implican creatividad por parte del personal involucrado en la solución de problemas.

Acciones de estandarización (AE): También se llamarán de prevención ya que son las acciones que “anclan” o aseguran la no repetición del

problema. Estas acciones serán las que se deben documentar o conservar con evidencia clara para que en caso de alguna recurrencia se acuda a los controles expresados en ellas y así poner control de la situación inmediatamente, las acciones de estandarización son el punto de partida de la prevención de la recurrencia de las causas raíz del problema.

Las acciones pueden ser del mismo tipo a la vez.

Impacto: Aquí se pondera, la situación actual y el impacto de las acciones con un métrico operativo o financiero, de preferencia alineado al objetivo señalado en la etapa de definición del problema. También se registrarán los resultados después del periodo de aplicación de la metodología.

Métrico operativo: Tiempo muerto (del inglés DT), tiempos de preparación y cambios de modelo, productividad, relación de piezas buenas que pasan a través de alguna prueba, verificación o inspección (del inglés FPY), PPM, número de errores o defectos detectados en alguna, prueba, verificación o inspección, entre otros.

Métrico financiero: Relación de material desperdiciado en el proceso por errores en la manufactura del producto (del inglés scrap), ventas, ganancias, entre otros.

Expresar la situación actual, el impacto y el resultado de la siguiente manera:

Situación actual: 20% de DT en el área de SMT (Diciembre 2004)

Impacto: Reducir un 5% el DT

Resultado: 15% de DT en el área de SMT (Enero 2005)

Responsable: Señalar la persona o personas directamente encargadas de ejecutar la acción

Fecha: Aquí se expresan las fechas de inicio y fin de cada acción, es importante en todos los planes de acción aterrizar las acciones con dos elementos básicos: el responsable de la acción y las fechas de ejecución, caso contrario las acciones se convierten en buenas intenciones o sueños sin realizar.

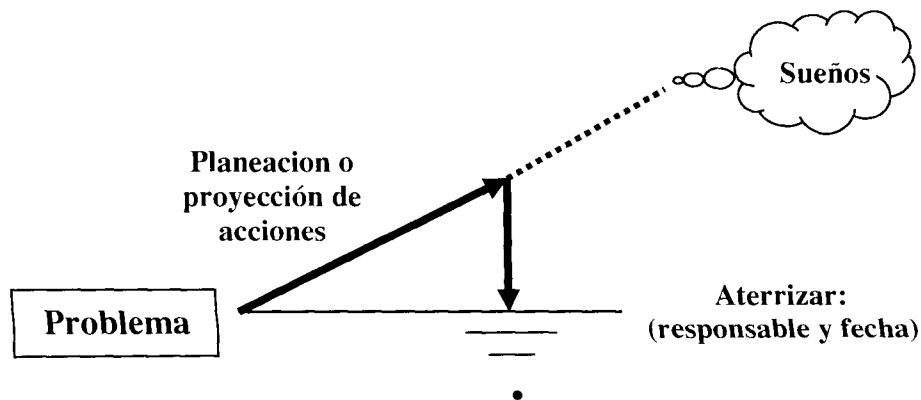


Figura 8.7 Proyectar y aterrizar acciones

Avance: Establecer avances de 25% hasta completar la acción en un 100%, éste es un simple indicador visual que hace más amigable la interpretación del plan de acciones.

Comentarios: Esta sección del plan de acciones se empleará para indicar algún detalle, eventualidad, advertencia o nota que el responsable de la acción considere necesaria.

En esta etapa de ejecución se deben emplear tanto herramientas de estadística descriptiva como de inferencia para validar las acciones y de esta manera hacer más robusto el proceso de no recurrencia de la causa raíz.

Esta etapa debe desarrollarse en un periodo no mayor a 3 días, después de haber desarrollado la etapa de definición del problema, es decir en 5 días ya deben de estar en práctica las acciones para ver resultados en las siguientes semanas.

Estandarización: Esta etapa está plenamente ligada a la etapa de ejecución, ya que las acciones que fueron determinadas como acciones de estandarización en el plan, deben de ser documentadas en esta etapa o tener una evidencia firme, para recurrir a ellas cuando el proceso se salga de control.

Esta etapa tiene el propósito de resaltar las acciones que le agregan valor a esta metodología. Aquí se resalta el concepto de “anclar las acciones”.

Las herramientas de solución de problemas recomendadas en esta etapa son: hojas de verificación de entrenamiento, documentación, gráficos de control, poka yokes, procedimientos.

A la par del tiempo recomendado en la etapa de ejecución esta etapa debe documentar temporalmente las acciones de estandarización en los 5 primeros días.

<i>Paso No.</i>	<i>Contenido</i>
Definición ¿Cuál es el problema? ¿Objetivo de la solución? ¿Dónde, cuantos y cuando sucedió? Tiempo: 2 días	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Definir al líder y equipo multidisciplinario y multinivel ➤ Conocer la situación actual reuniendo datos <p>Fase Ia: Semántica.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ ¿Qué?: sustantivo afectado ➤ ¿Cómo?: adjetivo calificativo expresado por un métrico ➤ ¿Dónde?: lugar genérico del problema <p><i>Ej.: C25 dañado en el área de ensamble</i></p> <p>Fase Ib: Objetivo.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ ¿Qué?: verbo, acción de mejora ➤ ¿Dónde?: lugar genérico del problema ➤ ¿Cuánto?: mejora del métrico <p><i>Ej.: Eliminar daño de C25 en área de ensamble en un 10 %.</i></p> <p>Fase II: Búsqueda de la causa raíz.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ ¿Qué?: sustantivo expresado con métricos ➤ ¿Cuánto?: situación actual del métrico ➤ ¿Dónde / origen?: lugar de origen del problema ➤ ¿Cuándo / origen?: fecha de origen del problema ➤ ¿Dónde / detección?: lugar de descubrimiento del problema ➤ ¿Cuándo / origen?: fecha de descubrimiento del problema
Ejecución Tiempo: + 3 días	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Elaborar un plan de acción de acuerdo a las causas raíz significativas ➤ Determinar y poner en marcha las acciones de contención (AC), de corrección (ACr) y de estandarización (AE) ➤ Determinar impactos de acuerdo al objetivo ➤ Aterrizar las acciones (responsable y fecha) ➤ Registrar avances y comentarios
Estandarización Tiempo : + 5 días	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Anclar las acciones ➤ Dar entrenamiento en nuevos estándares ➤ Documentar temporalmente las acciones de estandarización
Prevención Tiempo: + 30 días	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Control y seguimiento de las acciones ➤ Documentar permanentemente las acciones de estandarización ➤ Registrar el impacto de los resultados en el plan de acción ➤ Optimizar resultados a través de otro ciclo DEEP (si es necesario) ➤ Publicar los resultados como reconocimiento al equipo

Tabla 8.2 Metodología DEEP

Prevención: Esta es la etapa de control y seguimiento de las acciones, siendo importante el gráfico de tendencia y el métrico señalado en la etapa de definición para ver el impacto real del análisis, una vez vista la mejora se documentan permanente las acciones de estandarización en el sistema oficial de calidad, se registran los resultados en el plan de acciones en la columna de impacto y si se desea optimizar los resultados se inicia con otro ciclo DEEP; Finalmente publicar los resultados a manera de reconocimiento de trabajo del equipo.

La herramienta de solución de problemas básica aquí es la indicada en la etapa de definición, siendo por lo general un gráfico de tendencias o un Pareto, se recomienda no exagerar con la cantidad de gráficos ya que contamina la solución misma y hace difícil la interpretación del resultado final.

Tres semanas después de haber realizado las tres primeras etapas es lo que se recomienda para dar seguimiento a las acciones y comportamiento del proceso; es decir, la metodología DEEP tiene un tiempo de 4 semanas o 30 días por ciclo.

El formato DEEP se puede ver en el Anexo 11.

8.3 Aplicaciones de la metodología

Dentro de esta investigación se ha mencionado que las metodologías pueden ser de modo reactivo o pasivo (preventivas), sin embargo la naturaleza de las mismas depende de la aplicación que se les de en cada compañía. En esta sección se mostrarán 2 ejemplos de aplicación real realizada por el grupo de estudio, donde la aplicación fue de

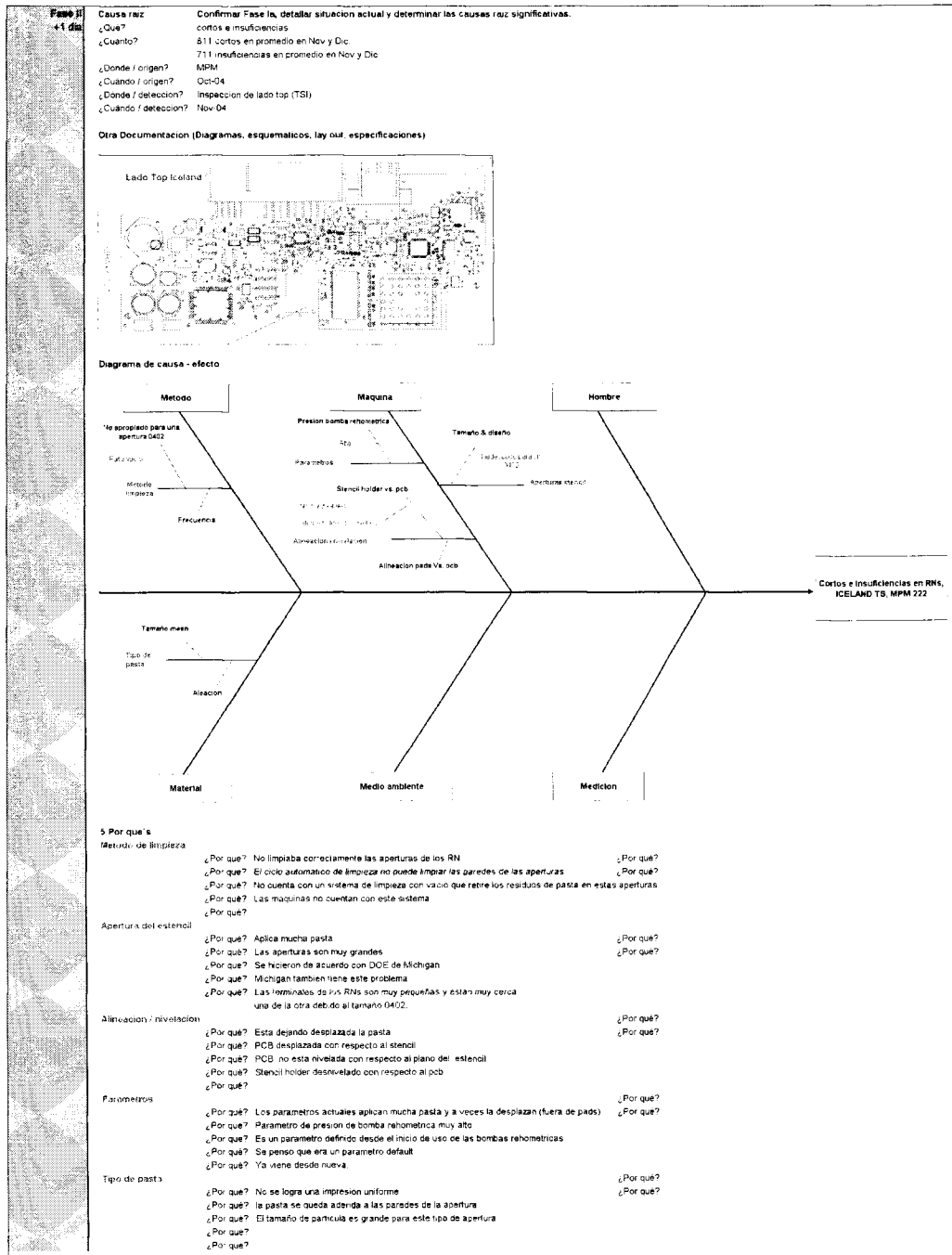


Figura 8.9 DEEP RNs (Definición Fase II)

En esta misma fase se inició el análisis de causa raíz empleando el diagrama de causa y efecto y realizando el análisis de los 5 por que's de las causas más significativas: *método de limpieza, apertura del estencil, alineación y nivelación, parámetros y tipo de pasta.*

Ejecución:

En esta etapa se desarrolló el plan de acción, mostrado en la Figura 8.10

Ejecución + 5 días	Causa/r	Acciones	AC	AE	AE	Objetivo	Responsable	Fecha		Avance	Comentarios
								Inicio	Fin		
	Método de arranque	Probar y ajustar modo de arranque de nuevo Actualizar hoja de parámetros con esa lista	X	X	X		A. Vales E. Morales	20-Jan-05 20-Jan-05	100%	100%	Con memoria de respaldo se depuró la MPM una vez más y con el stencil modificado se obtienen los parámetros finales después de actualizar la hoja de parámetros y stencil de
	Apertura del estencil	Revisar las aperturas Rho 0402 de instalados los controlados Ordenar material con respecto de aperturas Depurar estencil	X	X	X		S. Fernandez	20-Jan-05 31-Jan-05	100%	100%	Con esos cambios se está trabajando mejor para la impresión de estencil Selecione depura la MPM con los siguientes parámetros ya establecidos: Pump pressure 2.5 psi Gap off 0.010" Speed 7.5 Control de estencil 0.005"
	Insuficiencias / Insuficiencias	Activar la opción de sobre bandeja para ayudar a evitar insuficiencias Habilitar offset Front to Rear y Rear to Front para permitir ajustes Insuficiencias como generación de insulas Verificar instalación de mesa, herramienta y estencil por parte de personal de Scaled Inc. El estencil va sobre el plato de soporte y tiene un número de serie	X	X	X	95% de reducción de insulas	S. Fernandez E. Morales	21-Jan-05 28-Jan-05	100%	100%	Res. del modo de no porción de insulas E. Morales A. Vales
	Parámetros	Depurar MPM para obtener parámetros definitivos Actualizar hoja de parámetros y stencil	X	X	X		S. Fernandez E. Morales S. Fernandez	24-Jan-05 28-Jan-05 28-Jan-05	100%	100%	El número de insulas de platos de soporte y stencil en número de serie El stencil va sobre el plato de soporte y tiene un número de serie El stencil va sobre el plato de soporte y tiene un número de serie
	Tipo de plato	Evaluar placa Kester 03-37 con un mes más (12 a 4) para facilitar la impresión de placa en las superficies de soporte y el material se puede aplicar a los lados de la PCB	X	X	X		E. Morales	18-Jan-05 30-Apr-05	100%	100%	Se encontró área de soporte de stencil desvirtuada con respecto a la mesa de 0.020" La influencia entre el número de placa y el plato de soporte es de 0.030" Parámetros de separador frames Pump pressure 2.5 psi Gap off 0.010" Speed 7.5 Control de estencil 0.005" No hubo resultados de mejora significativa en Rho prueba

Figura 8.10 DEEP RNs (Ejecución)

Estandarización:

Las acciones de estandarización fueron la documentación, las hojas de parámetros, hojas de verificación de arranque en línea, registro y control de los estenciles y platos de soporte rediseñados.

Estandarización + 5 días	Instrucciones: Anexar en esta sección las acciones de estandarización determinadas en el plan de acción, así como su evidencia temporal de documentación
	Hojas de parámetros Checklist de arranque Numero de control de estencil Numero de control de placa de soporte ** Se omiten números de documentos y de control por ser confidenciales **

Figura 8.11 DEEP RNs (Estandarización)

Prevención:

Finalmente en la etapa de prevención se registró una mejora del 95% de reducción de cortos y un 60% de reducción de insuficiencias para Febrero de 2005, superándose de esta manera el objetivo planteado en la definición del problema.

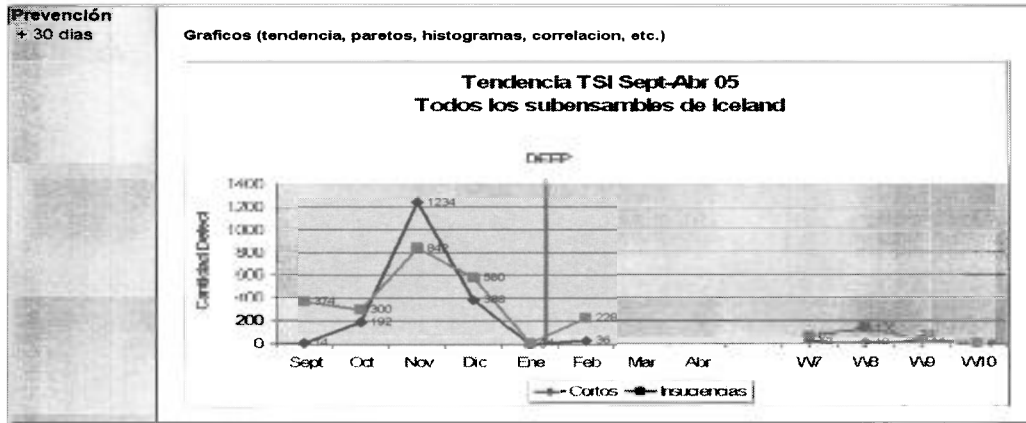


Figura 8.12 DEEP RNs (Prevención)

8.3.2 DEEP TM en SMT

Esta aplicación representa el empleo de la metodología DEEP bajo el esquema preventivo o de mejora continua del tiempo muerto (TM) en el área de SMT.

Definición:

En esta etapa se definió en la Fase Ia: que el problema es el alto índice de tiempo muerto en área de SMT, particularmente en las máquinas soldadoras de ola (WS), GSM y HSP cargadas en Ingeniería; para la Fase Ib: se estimó un objetivo de un 20% en la reducción del tiempo muerto (TM).

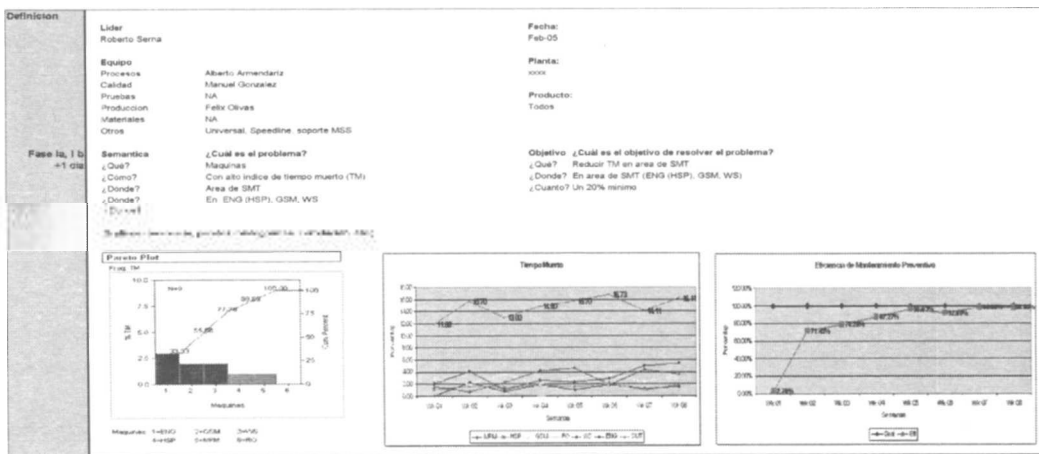


Figura 8.13 DEEP TM en SMT (Definición: Fase Ia y Ib)

Después de analizar el Pareto y el gráfico de tendencias de las primeras 8 semanas, en la Fase II se cuantificó el problema: 14.75% de TM promedio en los meses de Enero y Febrero 2005.

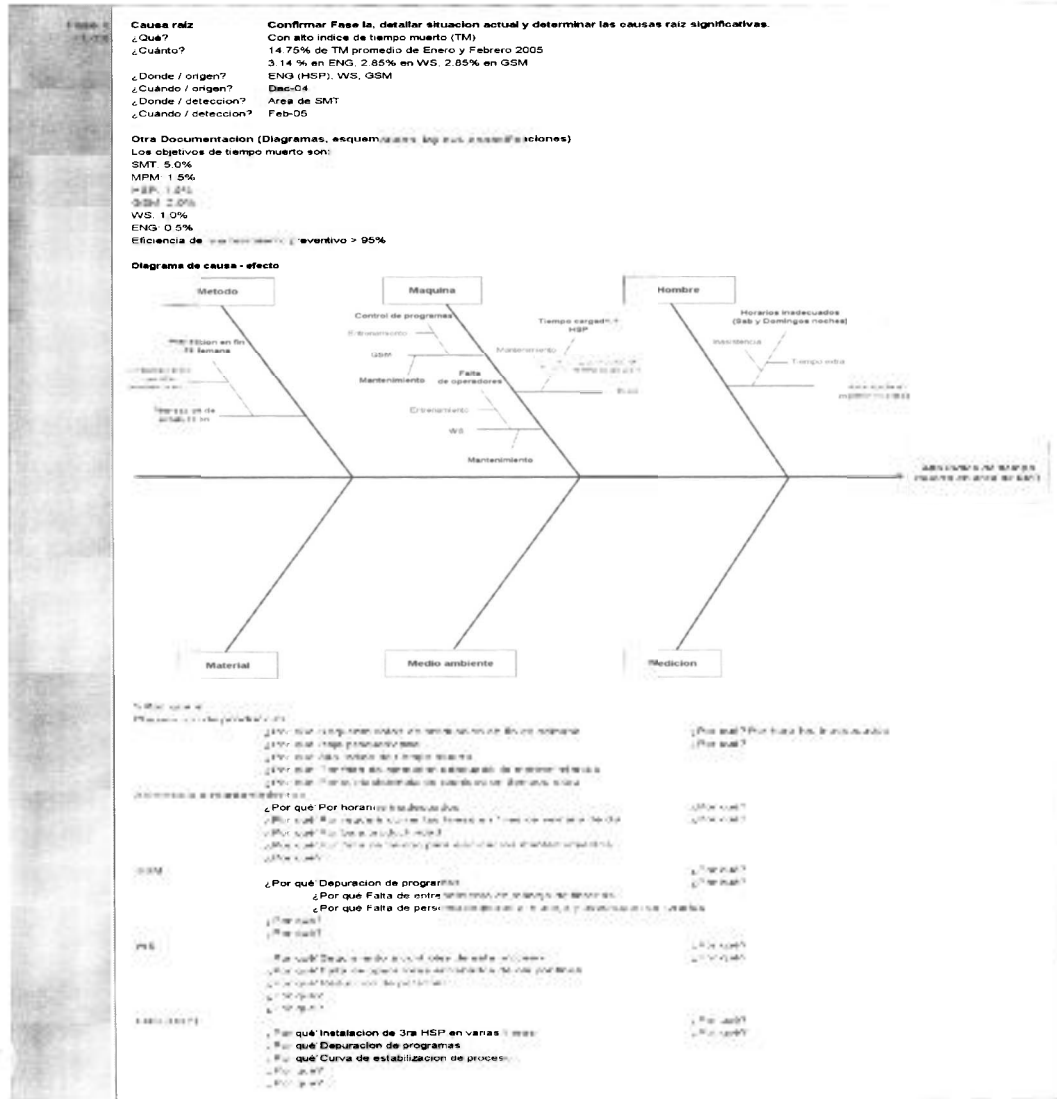


Figura 8.14 DEEP TM en SMT (Definición: Fase II)

En esta misma fase se inició el análisis de causa raíz empleando el diagrama de causa y efecto y realizando el análisis de los 5 por qué's de las causas más significativas: *planeación de producción, asistencia a mantenimientos, GSM, WS y ENG (HSP)*

Ejecución:

En esta etapa se desarrolló el plan de acción, mostrado en la Figura 8.15

Ejecución + 3 días	Causa raíz	Acciones	AC	ACr	AE	Impacto			Responsable (s)	Fechas		Avance			Comentarios	
						Sr. Actual	Objetivo	Resultado		Inicio	Fin	25%	50%	75%		100%
	Fluctuación de producción	Negociar con departamento de planeación un horario de ejecución de mantenimientos más accesible en las líneas con menos prioridad de producción	X						R. Serna	Semana 8	Semana 8					
	Asistencia a mantenimientos	Informar a los Técnicos la situación actual de TM y mantenimientos	X						R. Serna	Semana 8	Semana 8					
		Asignar un ingeniero de Equipo responsable de administrar al grupo	X	X					R. Serna	Semana 8	Semana 8					
		Cambiar a los Técnicos de horarios normales a turnos continentales	X	X					A. Armendatz	Semana 7	Semana 7					
		Establecer papeles de 2er y 4to nivel para TM y eficiencias de Mito	X	X					A. Armendatz	Semana 8	Semana 8					
	GSM	Establecer un plan de entrenamiento a Técnicos e ingenieros	X	X					A. Rodríguez	Semana 10	Semana 10					
		Asignar un Técnico de programación dedicado al proyecto	X						R. Serna	Semana 10	Semana 10					
		Ejecutar el mantenimiento anual de estas máquinas	X						A. Armendatz	Semana 10	Semana 10					
		Preparar cabezas flex jet y flex head extras	X						A. Armendatz	Semana 10	Semana 10					
	WS	Asignar 1 operador de oja por línea	X	X					R. Serna	Semana 9	Semana 9					
		Proveer entrenamiento técnico de procesos de día	X	X					A. Trejo	Semana 9	Semana 10					
		Calendular y ejecutar vibraciones / mantenimientos anuales	X	X					R. Serna	Semana 8	Semana 10					
	RPS HSP	Entrenar a producción en la correcta captura de datos		X					R. Serna	Semana 8	Semana 9					
		Documentar nuevos rates de producción con 3 HSP		X	X				R. Serna	Semana 9	Semana 9					
		Ejecutar el mantenimiento anual de estas máquinas		X					A. Armendatz	Semana 10	Semana 10					

Figura 8.15 DEEP TM en SMT (Ejecución)

Estandarización:

Las acciones de estandarización fueron la documentación entrenamientos, registros de mantenimientos semanales y anuales en sistema oficial de mantenimiento, seguimiento de tendencias de tiempo muerto y eficiencias e mantenimiento, actualización y documentación de plantilla de personal y rates de producción, registro en recursos humanos de cambios de horarios.

Estandarización + 5 días	Instrucciones: Anexar en esta sección las acciones de estandarización determinadas en el plan de acción, así como su evidencia temporal de documentación
	Cambios de horarios registrados en recursos humanos Gráficos de seguimiento y papeles extraídos del reporte oficial de productividad Rutinas de mantenimiento (semanales y anuales) registradas en el programa de mantenimiento de la compañía Plantilla de personal actualizada y documentada Rates de producción actualizados y documentados Plantilla de entrenamientos registrada en recursos humanos ** Se omiten números de documentos y de control por ser confidenciales **

Figura 8.16 DEEP TM en SMT (Estandarización)

Prevención:

Finalmente en la etapa de prevención se registró una mejora del 10% de reducción de tiempo muerto en promedio las 4 siguientes semanas, y de un 33% de reducción de tiempo muerto de la semana 8 a la semana 12, superándose de esta manera el objetivo planteado en la definición del problema.

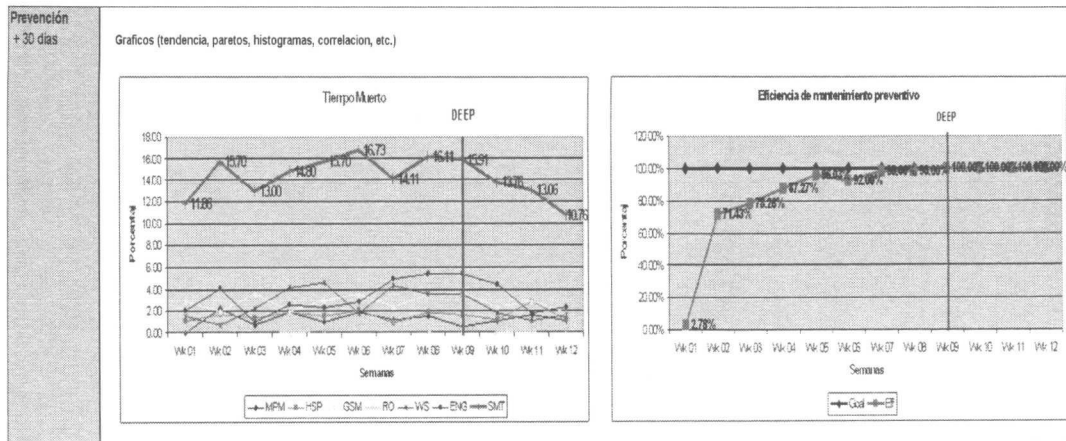


Figura 8.17 DEEP TM en SMT (Prevención)

Este DEEP se ha seguido experimentando cíclicamente con sus variaciones y ajustes mínimos en las acciones, siempre asegurando un porcentaje mayor al 95% en la eficiencia de ejecución de los mantenimientos preventivos, así pues, se muestra en el Anexo 12, el comportamiento del tiempo muerto en todo el año 2005, donde podemos ver que el métrico descendió de un 16.76% (semana 8) a un 5.55% (semana 52), representando una mejora del 65.69% del tiempo muerto de el área de SMT.

En la semana 30 se presentó un incremento en tiempo muerto debido a un recorte de personal afectando los turnos continentales de fin de semana, y obviamente a la ejecución de los mantenimientos; entonces se reajustaron los turnos y reforzó el compromiso con planeación para facilitar la realización de las tareas de mantenimiento.

Capítulo 9

9.- Conclusiones

A continuación se expondrán las conclusiones a las que se ha llegado en esta tesis de investigación, a través del análisis a las respuestas de los objetivos e hipótesis de investigación planteados en los capítulos 1 y 2 de esta misma.

9.1 Respuesta a los objetivos

En el siguiente cuadro se exponen los resultados de esta tesis de investigación como respuesta a los objetivos planteados en el capítulo 1.

<i>Objetivos</i>	<i>Respuestas</i>
<p>➤ Estudiar los elementos que conforman los problemas y como el ser humano se prepara para liderar su resolución.</p>	<p>1.- Los elementos de la estructura de un problema son: la definición del mismo, la investigación de la causa raíz y la ejecución de las acciones correctivas, todo con el fin de prevenir la recurrencia.</p> <p>2.- La solución de los problemas debe realizarse en equipo donde el rol del líder juega un papel importante al fomentar las 3 Rs: Reto, Retroalimentación y Reconocimiento, promoviendo así una cultura de solución de problemas.</p>
<p>➤ Estudiar las herramientas básicas empleadas en la de solución de problemas.</p>	<p>1.- Se investigaron las herramientas de estadística descriptiva e inferencia y se dio una guía de su empleo de acuerdo a la etapa del ciclo de mejora continua PDCA (Anexo 13).</p>
<p>➤ Estudiar las metodologías de solución de problemas más comunes y de mayor éxito en las compañías de manufactura, para tomar lo básico de cada una y adecuarlas a la necesidad de la metodología a desarrollar en esta investigación.</p>	<p>1.- DEEP al igual que las otras metodologías aquí expuestas tiene base teórica en el ciclo de mejora continua Shewhart – Deming (PDCA), (Anexo 13) y puede ser de naturaleza reactiva o preventiva, según el nivel de entrenamiento y cultura en solución de problemas que tengan los individuos que las apliquen.</p>
<p>➤ Reducir los altos costos derivados de una falta de cultura de la prevención, pensamiento estructurado y de una mala toma de decisiones por no saber resolver problemas.</p>	<p>1.- DEEP demostró resultados tangibles en los casi 10 análisis de solución de problemas que se condujeron en el año 2005, como los mostrados en las dos aplicaciones del capítulo 8.</p>
<p>➤ Establecer un diagnóstico de la habilidad para resolver problemas del grupo sobre el que se condujo la investigación y así proponer líneas de entrenamiento.</p>	<p>1.- El estudio previo realizado a los integrantes del grupo en estudio indicó la preferencia personal por el análisis lógico de los problemas pero limitó la fase de ejecución de las acciones. DEEP hace énfasis a esto en la etapa de ejecución introduciendo el concepto de “aterizar” las acciones.</p> <p>2.- Este mismo estudio indicó que el grupo tiene más conocimientos en herramientas de solución de problemas descriptivas (Paretos, histogramas, gráficos de tendencia, gráficos de correlación, gráficos de pay, etc.) que de inferencia (DoE, ANOVA, pruebas de hipótesis, análisis de regresión, etc.).</p>

<p>➤ Analizar las experiencias obtenidas durante el desarrollo e implementación de la metodología DEEP en la compañía y presentar sugerencias para investigaciones futuras.</p>	<p>I.- Las experiencias principales durante la etapa de entrenamiento y aplicación práctica fueron: la incredulidad en un principio del grupo por los resultados de esta metodología, dificultades en la etapa de definición del problema, necesidades de tiempo en la ejecución de las etapas por la falta de entrenamiento en técnicas de análisis y recolección de datos.</p>
---	--

Tabla 9.1 Respuestas a los Objetivos de investigación

9.2 Respuesta a las hipótesis

En el siguiente cuadro se exponen los resultados de esta tesis de investigación como respuesta a las hipótesis planteadas en el capítulo 2.

<i>Hipótesis</i>	<i>Respuestas</i>
<p>➤ La principal complicación en los métodos de solución de problemas radica en la falta de entrenamiento para definir el problema mismo, su causa raíz y estandarizar las acciones.</p>	<p>I.- Durante el entrenamiento y la aplicación de esta metodología la principal limitante radicó en la definición del problema y sus causas raíz, de aquí que DEEP mencione a esta etapa como la más importante e incluya el análisis de causa raíz dentro de la definición del problema.</p>
<p>➤ La segunda causa de una correcta solución de un problema se halla en la falta de tiempo suficiente para analizar datos y convertirla en información convincente.</p>	<p>I.- El tiempo promedio de la solución de un problema es de 20 a 30 días; DEEP, pretende establecer el marco de la definición y análisis de causa raíz, además de la ejecución de las acciones en 5 días y su control y seguimiento en las siguientes 3 semanas.</p>
<p>➤ La tercera y no menos importante es el entrenamiento en herramientas básicas de estadística descriptiva y de inferencia.</p>	<p>I.- El diagnóstico inicial mostró la falta de entrenamiento en herramientas de estadística de inferencia, DEEP fue desarrollado con la base de la estadística descriptiva que les era más amigable a el grupo de estudio; sin embargo, la metodología es compatible para aplicar acciones que involucren alguna herramienta de solución de problemas de estadística de inferencia.</p>
<p>➤ El éxito de un método de solución de problemas radica en el apoyo de la Dirección General para facilitar su despliegue a todos los niveles.</p>	<p>I.- Gracias al apoyo de los gerentes funcionales esta metodología se pudo desarrollar y se sigue empleando de una manera informal, fomentando de manera tangible el cambio de actitud de los ingenieros al afrontar y atacar un problema de una manera más estructurada con un enfoque creativo y preventivo.</p>

Tabla 9.2 Respuestas a las Hipótesis de investigación

9.3 Recomendaciones

Por último se harán algunas recomendaciones para que sirvan de marco de referencia en futuras investigaciones.

- Realizar el estudio con un grupo más grande y de diferentes departamentos.

- Aplicar la metodología DEEP en empresas de servicio y realizar las adecuaciones que requiera la aplicación bajo este concepto.

- Entrenar y fomentar la estadística de inferencia para robustecer las conclusiones derivadas de la estadística descriptiva.

- Abundar en la manera de la creación paso a paso las herramientas de solución de problemas, esta investigación no tenía ese objetivo, por tal motivo no se invirtió más tiempo en ello.

- Practicar, practicar, practicar.... Es lo que lleva al éxito de la aplicación de una metodología de solución de problemas, siempre y cuando el apoyo de la Gerencia facilite la estructura y desarrollo de ésta.

- Hacer un enlace entre las metodologías de solución de problemas estructurados (duras) y los no estructurados (suaves).

PLAN DE TRABAJO

Actividades	2005						2006												
	Mes	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
1. Presentación de la propuesta	1	█																	
2. Selección del equipo	1		█																
3. Diseño NO EXPERIMENTAL de la investigación	4	█	█	█	█														
- Investigación Marco Teorico		█	█	█	█														
4. Programa de implementación y evaluación	10		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█						
- Sesión Informativa			█	█															
- Plan de entrenamiento			█	█	█														
- Desarrollo de plantilla de la metodología					█	█													
- Práctica y depuración de la metodología						█	█	█	█	█	█	█	█						
5. Diagnostico y retroalimentación	6						█	█	█	█	█	█	█						
6. Reporte	2											█	█						

Nota 1. El siguiente plan de trabajo contempla la estructura y tiempo requerido para desarrollar la propuesta y tesis de investigación.
 Nota 2. Los tiempos y actividades mostradas en este plan de trabajo están sujetos a cambios según la necesidad del desarrollo de la tesis.

Anexo 2. Dieciséis estilos personales (Cox, 1994)

ISTJ	ISFJ	INFJ	INTJ
Decidido	Digno de confianza, tradicionalista	Se centra en las posibilidades	Confianza en si mismo
Tranquilo y serio	Aprecia las rutinas establecidas	Se toma el trabajo en serio	Diseñador de sistemas y modelos
Digno de confianza y fiel	Sabe llevar la tarea hasta su culminación	Muestra empatía por los demás	Practica la lluvia de ideas de modo natural
Práctico y minucioso	Ayuda a los demás	Disfruta resolviendo problemas	Resuelto
Cuida bien los detalles y la línea general	Leal		Puede resultar frío y desapasionado
Paciente			
ISTP	ISFP	INFP	INTP
Activo	Activo, simpático, sensible hacia los demás	Tranquilo, idealista	Exacto
Práctico	Reservado y distante	Leal a las personas y las causas	Detecta rápidamente las contradicciones
Sabe utilizar muy bien las máquinas y las herramientas	Busca la libertad y el apasionamiento	Prefiere los valores a la lógica	Buen teórico
Mal comunicador		Se adapta fácilmente	Diseña sistemas e ideas
Impulsivo		Innovador	Rara vez las lleva a la práctica
Autodirigido			
ESTP	ESFP	ENFP	ENTP
Orientado a la acción	Optimista, afectuoso, generoso	Se aburre fácilmente	Percibe las posibilidades
Emprendedor	Prefiere estar activo	Evita la rutina	Buen analista
Mediador	No le gusta trabajar solo	Busca oportunidades de creatividad	Sabe encontrar nuevas vías
Buen vendedor	Confía mucho en su experiencia personal	Entusiasta e innovador	Innovador
No sabe llevar la tarea hasta el final			Inconformista
ESTJ	ESFJ	ENFJ	ENTJ
Se centra en el mundo exterior	Sociable	Buen líder de grupos	Fuerte tendencia a dirigir
Organizador	Centrado en las personas	Las personas son su principal prioridad	Buen organizador y planificador
Evaluador	Abierto	Se relaciona bien con los demás	Intolerante con la ineficiencia
Espera que la gente cumpla las normas y procedimientos establecidos	Fomenta la armonía en las relaciones	Comunicación verbal muy eficaz	Exige de los demás orden y apoyo
Práctico	Práctico y fiel		
	Valores claros		

Anexo 3. Matriz de evaluación del estilo personal (Cox, 1994)

Lea cada una de las cuatro parejas de descripciones que se presentan en la tabla. Cada para describe un elemento de un determinado estilo personal de trabajar. Las descripciones son puntos extremos de un tramo en donde el centro representa el punto de equilibrio entre los dos enfoques opuestos. El lector debe elegir el punto de ese tramo que mejor refleja la intensidad de preferencia por una descripción respecto a la otra.

E	----- ----- ----- -----	I
	<p>Usted busca activamente la compañía y las opiniones de otros, y es sensible a sus expectativas</p>	<p>Usted prefiere la reflexión personal y es sensible a sus propias creencias y valores</p>
S	----- ----- ----- -----	N
	<p>Usted presta atención a los hechos y a la información específica y de tipo práctico</p>	<p>Usted presta atención a las ideas, imágenes, ilusiones y posibilidades para el futuro</p>
T	----- ----- ----- -----	F
	<p>Usted toma decisiones mediante un análisis lógico basado en criterios objetivos</p>	<p>Usted toma decisiones teniendo en consideración creencias, valores y relaciones</p>
J	----- ----- ----- -----	P
	<p>Usted prefiere tomar decisiones rápidas y dar por concluido el asunto</p>	<p>Usted prefiere mantener las opciones abiertas y se resiste a dar por concluidas las cuestiones</p>

De esta matriz se obtiene uno de los dieciséis estilos personales especificados en el anexo 2.

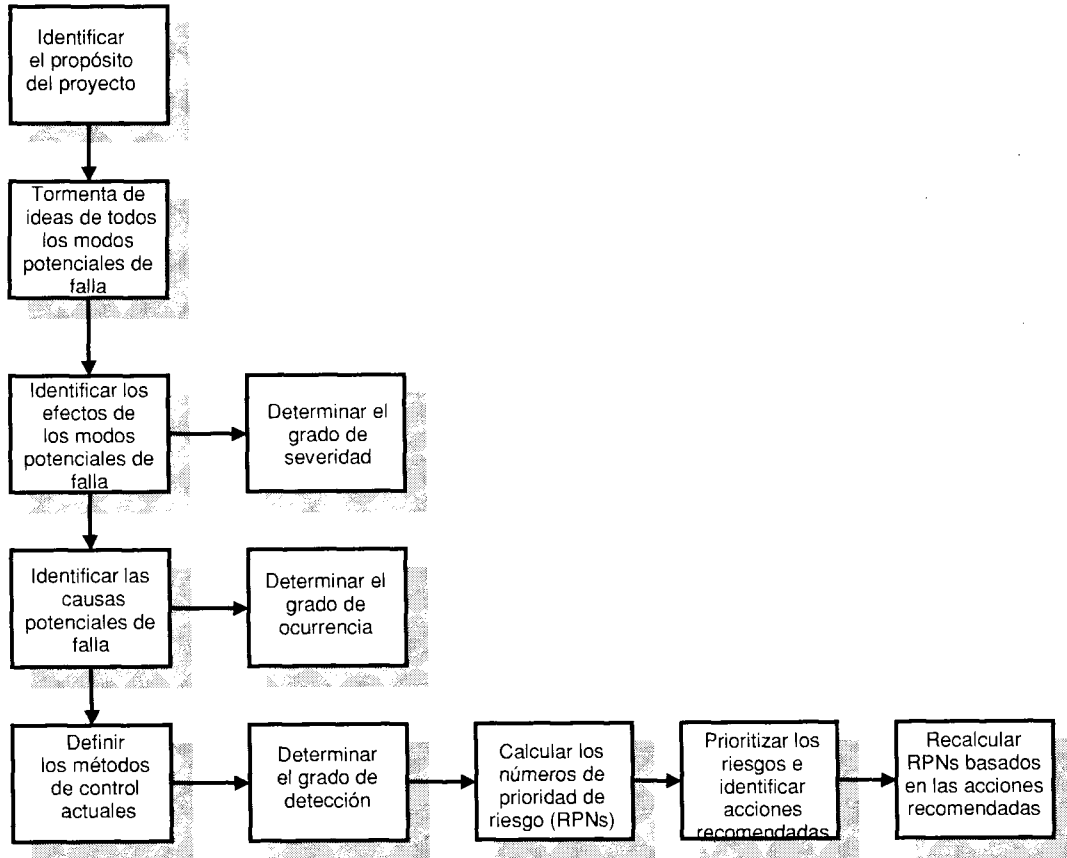
Anexo 4. Sumario de las herramientas de solución de problemas

<i>Herramienta</i>	<i>Propósito</i>	<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
Diagrama de Flujo	Entender el flujo de actividades de un proceso	* Fácil de usar * Usa gráficas	* Difícil de tomar una decisión por la carencia de detalles
Gráfico de radar	Comparar desempeños con referencias internas o externas	* Fácil y entendible representación gráfica	* Difícil de obtener los datos necesarios
Matriz de desempeño	Dar prioridad a los problemas o síntomas que serán resueltos	* Lleva a un análisis estructurado * Acercamiento gráfico	* Requiere de valoraciones subjetivas
Tormenta de ideas	Generar ideas en gran cantidad como sea posible	* Fácil de usar * Involucra a la gente	* Una o poca gente pueden dominar la aportación de ideas * No es posible el anonimato de los participantes
Tormenta de ideas escritas	Generar ideas en gran cantidad como sea posible	* Fácil de usar * Fomenta el anonimato de los participantes	* Puede ser menos espontáneo
Técnicas de muestreo	Obtener una muestra representativa de una gran población	* Minimizar el esfuerzo de la recolección de datos	* Difícil de decidir sobre el tipo y tamaño de muestra * La muestra seleccionada puede no ser representativa
Encuestas	Colectar datos de los encuestados	* Permite la recolección de un gran número de datos	* Difícil de elaborar buenas encuestas * Normalmente existe una respuesta baja del numero de encuestados
Hoja de verificación	Registrar datos en una manera sistemática	* Fácil de usar * Asegurar que todos los datos son capturados	* No permite distinguir la categoría de los datos
Histograma	Mostrar gráficamente datos	* Fácil de ver los patrones de los datos * Usa graficas	* Difícil de identificar las clases de los datos

Gráfico de Pareto	Encontrar los pocos elementos que causan los mayores efectos	* Gráficos notables	* Muchos ejes en el mismo gráfico
Gráfico de dispersión	Encontrar relaciones entre dos variables	* Gráficas fáciles de comprender	* Difícil de seleccionar entre la variable independiente y la variable dependiente
Diagrama de relación	Encontrar la relación entre varios elementos	* Provee una propuesta estructurada	* Valoraciones subjetivas * El diagrama puede ser complejo
Gráfico de tendencias	Seguimiento del comportamiento en el tiempo de una variable	* Efectividad antes y después de las acciones correctivas	* Difícil de obtener un juicio rápido, ya que se debe esperar al término de el periodo de tiempo de análisis preestablecido
Diagrama de causa y efecto	Generar un grupo de causas potenciales del problema	* Fácil de usar * Promueve una estructura y creatividad	* Una o poca gente puede dominar en la aportación de ideas
Cinco por qué's	Identificar una cadena de causas y efectos	* Fácil de usar * Encuentra la causa raíz	* Requiere mucha creatividad y un conocimiento profundo del problema
Análisis FDOA	Permite identificar las potenciales áreas de oportunidad en cuatro rubros a la vez	* Da un panorama más completo de las causas a ser atacadas	* Se requiere un amplio conocimiento de la situación para que sea efectivo
AMEF	Predecir las áreas de alto riesgo a través de acciones preventivas y de control	* Fomenta cultura en equipo * Fomenta el pensamiento de procesos y preventivo	* Al ser un documento vivo, puede dejar de ser actualizado * Requiere entrenamiento especial para el manejo de los rubros de calificación
Gráfica de Control	Monitorear en el tiempo una variable a través de límites de control	* Ayuda a predecir el cambio del proceso en alguna de sus 5Ms	* Se requiere de conocimientos de estadística básica para desarrollar e interpretar las gráficas
Estimación y pruebas de hipótesis	Estimar poblaciones y definir si se acepta o rechaza la hipótesis de prueba	* Herramienta de inferencia estadística	* Se requiere de un entrenamiento más avanzado en técnicas estadísticas para desarrollar e interpretar los resultados

Diseño de experimentos	Encontrar las condiciones óptimas de operación bajo un análisis de niveles y factores de las variables de un proceso	* Herramienta inferencia estadística	de	* Se requiere de un entrenamiento más avanzado en técnicas estadísticas para desarrollar e interpretar los resultados * Experimentar puede resultar caro por el número de muestras requeridas.
Análisis de correlación	Investigar la correlación entre dos variables	* Herramienta inferencia estadística	de	* Se requiere de un entrenamiento más avanzado en técnicas estadísticas para desarrollar e interpretar los resultados
Análisis de regresión	Investigar funcionalmente la correlación entre dos variables	* Herramienta inferencia estadística	de	* Se requiere de un entrenamiento más avanzado en técnicas estadísticas para desarrollar e interpretar los resultados
Polinomios ortogonales	Descomponer y analizar la variación por factores	* Herramienta inferencia estadística	de	* Se requiere de un entrenamiento más avanzado en técnicas estadísticas para desarrollar e interpretar los resultados
Técnicas de análisis multivariado	Resumir las relaciones existentes entre un número grande de variables y clarificar su estructura	* Herramienta inferencia estadística	de	* Se requiere de un entrenamiento más avanzado en técnicas estadísticas para desarrollar e interpretar los resultados
Métodos de optimización y confiabilidad	Encontrar el punto de operación y predecir la confiabilidad de un sistema	* Herramienta inferencia estadística	de	* Se requiere de un entrenamiento más avanzado en técnicas estadísticas para desarrollar e interpretar los resultados
Análisis de probabilidades continuas y discretas	Determinar bajo que probabilidad se rige un evento y así predecir su desempeño	* Herramienta inferencia estadística	de	* Se requiere de un entrenamiento más avanzado en técnicas estadísticas para desarrollar e interpretar los resultados

Anexo 5. Diagrama de flujo de AMEF



Anexo 6. Tabla de severidad de AMEF

Reference: AIAG Process FMEA Tables 6, 7 & 8, Pages -43-, -49-, & -53-

Table 6. Suggested PFMEA *Severity* Evaluation Criteria

Effect	Criteria: Severity of Effect This ranking results when a potential failure mode results in a final customer and/or a manufacturing/assembly plant defect. The final customer should always be considered first. If both occur, use the higher of the two severi	Criteria: Severity of Effect This ranking results when a potential failure mode results in a final customer and/or a manufacturing/assembly plant defect. The final customer should always be considered first. If both occur, use the higher of the two severi	Ranking
Hazardous Without Warning	Very High severity ranking when a potential failure mode Affects safe vehicle operation and/or involves noncompliance with government regulation without warning	Or may Endanger operator (Machine or assembly) without warning	10
Hazardous With Warning	Very High severity ranking when a potential failure mode Affects safe vehicle operation and/or involves noncompliance with government regulation with warning	Or may Endanger operator (Machine or assembly) with warning	9
Very High	Vehicle/Item Inoperable (Loss of primary function)	Or 100% of Product may have to be scrapped or vehicle/item repaired in repair department with a repair time greater than one hour	8
High	Vehicle/Item Operable but at a reduced level of performance. Customer Very dissatisfied	Or Product may have to be sorted and a portion (Less than 100%) scrapped, or vehicle/item repaired in repair department with a repair time between a half -hour and an hour	7
Moderate	Vehicle/Item Operable but confort/convenience item(s) inoperable. Customer Dissatisfied.	Or a Portion (Less than 100%) of the product may have to be scrapped with no sorting, or vehicle/item repaired in repair department with a repair time less than a half -hour	6
Low	Vehicle/Item Operable but confort/convenience item(s) operable at a reduce level of performance.	Or 100% of Product may have to be reworked or vehicle/item repaired offline but does not go to repair department.	5
Very Low	Fit & Finish/Squeak and rattle item does not conform. Defect noticed by most customers (Greater than 75%)	Or the product may have to be sorted, with no scrap, and aportion (Less than 100%) reworked	4
Minor	Fit & Finish/Squeak and rattle item does not conform. Defect noticed by 50% of customers.	Or a Portion (Less than 100%) of the product may have to be reworked, with no scrap, on-line but out of station	3
Very Minor	Fit & Finish/Squeak and rattle item does not conform. Defect noticed by discriminating customers (Less than 25%).	Or a Portion (Less than 100%) of the product may have to be reworked, with no scrap, on-line but in station	2
None	No Discernible Defect	Or slight inconvenience to operation or operator, or no effect	1

Anexo 7. Tabla de ocurrencia y detección de AMEF

Table 7. Suggested PFMEA Occurrence Evaluation Criteria

Probability	Likely Failure Rates	Ranking
Very High: Persistent Failures	? 100 per Thousands pieces	10
	50 per Thousands pieces	9
High: Frequent Failures	20 per Thousands pieces	8
	10 per Thousands pieces	7
Moderate: Occasional Failures	5 per Thousands pieces	6
	2 per Thousands pieces	5
Low: Relatively few Failures	1 per Thousands pieces	4
	0.5 per Thousands pieces	3
Remote: Failure is unlikely	0.1 per Thousands pieces	2
	? 100 per Thousands pieces	1

Table 8. Suggested PFMEA Detection Evaluation Criteria

Detection	Criteria	Inspection Type			Suggested Range of Detection Methods	Ranking
		A	B	C		
Almost Impossible	Absolute Certainty of non detection				Cannot detect or is not checked	10
Very Remote	Controls will probably not detect				Control is achieved with indirect or random checks only	9
Remote	Controls have poor chance of detection				Control is achieved with visual inspection only	8
Very Low	Controls have poor chance of detection				Control is achieved with double visual inspection only	7
Low	Controls may detect				Control is achieved with charting methods, such as SPC (Statistical Process Control)	6
Moderate	Controls may detect				Control is based on variable gauging after parts have left the station, or Go/No Go gauging performed on 100% of the parts after parts have left the station	5
Moderately High	Controls have a good chance to detect				Error detection in subsequent operations, OR gauging performed on setup and first-piece check (For setup causes only)	4
High	Controls have a good chance to detect				Error Detection in station, or error detection in subsequent operations by multiple layers of acceptance: supply, select, install, verify, cannot accept discrepant part	3
Very High	Controls almost certain to detect				Error detection in station (Automatic gauging with automatic stop feature), cannot pass discrepant part	2
Very High	Controls certain to detect				Discrepant parts cannot be made because item has been error proofed by process/product design	1

Inspection Types

- A.- Error-proofed
- B.- Gauging
- C.- Manual Inspection

RPN - Risk priority number

The higher the number the higher the risk the defect will escape

Focus on the high RPN's first and bring the numbers down as low as possible

Anexo 8. Global 8D

8D Problem Analysis Report

Customer: _____ Date Issue Occurred: _____
 Program: _____ 4D Due Date: _____
 Product: _____ 8D Due Date: _____
 Issue #: _____ Date Issue Closed: _____

1. Team Members	Champion Name	Champion Title	Champion Phone Number	Champion E-mail Address
	Additional Team Member Names	Titles	Phone Numbers	E-mail Addresses
2. Problem Description	Description (describe issue in terms of what, where, when and how many)			
	Impact on Customer (Identify the potential for shut down, line interruptions, yard recalls, warranty, etc.)			
Facilities Involved (Customer, JCI and any Suppliers)				
3. Initial Containment	What actions were taken to immediately protect the customer and contain any suspect inventory?			
	Other Product Platform at Risk?		Identification of certified material?	
	Sorting Results (Time, Date, Total Number Sorted and Quantity Rejected)			
	Sorted #	Defect #	Interim Containment Start Date	
4. Root Cause	ROOT CAUSE #1			
	Why Made & How Verified			
Why Shipped & How Verified				
5. Permanent Corrective Action	ROOT CAUSE #1			
	Corrective Action for Why Made			
Corrective Action for Why Shipped				
6. Verification of Corrective Action	Verification of Corrective Action: Has the issue been turned on and off? How? Verification through statistical evidence / hypothesis testing. Verification of corrective action for each why made and why shipped is required.			
	Corrective Action Owner Name	C.A. Owner Phone Number	C.A. Owner E-mail Address	Target Completion Date
	Build Date for Certified Material	How Will Raw Parts Be Identified?		
	How will this issue be avoided in the future?			
7. Prevention	Other Facilities or Platforms At Risk			
	Name	Part Number	C.A. Owner for Follow Up	Due Date
	Has the necessary documentation been updated?	Affected Document	Owner for Update	Date
		DFMEA	NA	
		PFMEA	NA	
		Control Plan	NA	
	Process Flow	NA		
	Operation Instructions	NA		
	Drawing	NA		
	Design Standards	NA		
8. Closure	Closure Statement			

Anexo 9. Instrucciones para Global 8D

Instructions for the 8D Problem Analysis Report

HEADER

- 1) Customer (e.g., Daimler-Chrysler)
- 2) Program (e.g., LH)
- 3) Product (e.g., Overhead System)
- 4) Issue # JCI issue tracking # (May also include Customer or Supplier tracking #)
- 5) Date Issue Occurred: Open date for the issue
- 6) 4D Due Date: Default is 24 hours from date issue occurred
- 7) 8D Due Date: If applicable. Default is 1 week from date issue occurred
- 8) Date Issue Closed: All permanent corrective actions have been implemented and their effectiveness validated; All required support documents have been submitted.

TEAM MEMBERS

- 1) Champion Name/Title/Phone Number/Email Address: Contact information for the individual who is leading the corrective action and submitting the 4D/8D.
- 2) Additional Team Member Name(s)/Title(s)/Phone Number(s)/Email Address(es): Contact information for the cross-functional team members who share responsibility for the corrective actions.

PROBLEM DESCRIPTION

- 1) Description: Describe the issue from a customer's perspective; what would they know?
When: When were the parts manufactured? When were they assembled? When were the assemblies shipped to the customer? When assembled in vehicles? When shipped from OEM?
Detection: How was AG made aware of the issue? Who provided the information?
Extent: How many units are suspected? Proportion found suspect. Where has the data come from - in house, in transit, at customer.
Failure Mode: How does the issue manifest itself?
- 2) Impact on Customer: Identify the potential for shut down, line interruptions, yard recalls, warranty, etc.
- 3) Facilities Involved: Customer, JCI and any Suppliers

INTERIM CONTAINMENT

- 1) What actions were taken to immediately protect the customer and contain any suspect inventory? Since original notification, how are we containing this issue? What is the current containment status? What sorting have we done, where and how have we verified it's effectiveness? If a rework or retrofit plan has commenced – what is it and how have we verified effectiveness – attach plan with sketches and trend graphs.
- 2) Other Product/Platform at Risk: Other JCI lines or Customers who may be impacted by this issue
- 3) Identification of Certified Material: Color, size, location, and content of label or hand-written identification on each part and/or container of certified material.
- 4) Sorting Results: Time, date, total number sorted and quantity rejected - broken down by facility (e.g., Customer, JCI, Supplier)
- 5) Sorted #: Total # sorted at all facilities
- 6) Defect #: Total # of defects found at all facilities
- 7) Interim Containment Start Date: Date

ROOT CAUSE

- Note: The form provides fields for documentation of a single root cause. If additional root causes are identified, "Copy" rows 27-31 and "Insert Cut Cells" to create additional fields.*
- 1) Why Made & How Verified: Identify each root cause for why the issue occurred. Has it been turned on and off? How? Verify through statistical evidence/hypothesis testing. If not verified by turning on/off, identify as a suspected root cause.
Variation: What are opportunities for variation in the process, i.e. how many fixtures do the same process? How many weld cells or robots? Etc.
 - 2) Why Shipped & How Verified: Identify each root cause for why the issue escaped. Has it been turned on and off? How? Verify through statistical evidence/hypothesis testing. If not verified by turning on/off, identify as a suspected root cause.

PERMANENT CORRECTIVE ACTION

- Note: The form provides fields for documentation of a single root cause verification. If additional root causes have been identified, "Copy" rows 32-40 (steps 1-5) and "Insert Cut Cells" to create additional fields.*
- 1) Corrective Action for Why Made: Identify permanent corrective action(s) planned to address the root cause.
 - 2) Corrective Action for Why Shipped: Identify permanent corrective action(s) planned to address the root cause.

VERIFICATION OF CORRECTIVE ACTIONS

- 1) Has the issue been turned on and off? How? Verification through statistical evidence / hypothesis testing. Verification of corrective action for each why made and why shipped is required.
- 2) Corrective Action Owner Name/Phone Number/Email Address: Contact information for the individual responsible for implementing the corrective action.
- 3) Target Completion Date: Date by which all of the corrective actions for this root cause will be implemented.
- 4) Build Date for Certified Material: "Clean point" at which all material is certified as good.
- 5) How Will New Parts Be Identified? Color, size, location, and content of label or hand-written identification on each part and/or container of certified material.

PREVENTION

- 1) How will this issue be avoided in the future? Identify systematic changes that will be put in place to prevent the issue from occurring again. If applicable, standardize the improvements in other "at risk" areas.
- 2) Other Facilities or Platforms At Risk? Identify name, part#, corrective action owner for follow up & due date for any other facility or platform that may be at risk for the same issue. Enter "N/A" if the issue is isolated. "Copy" rows 48-49 and "Insert Cut Cells" to create additional fields as necessary.
- 3) Has the necessary documentation been updated? Identify the documents that must be updated to include the permanent corrective actions, along with who is responsible for the updates and the dates by which they will be updated. Enter "N/A" if the document does not have to be updated.

CLOSURE

- 1) Closure Statement: "Close issue..." (Begin with words noted in "" followed by the rationale for closure.)

Anexo 10. Cinco principios para la solución de problemas (5P)

CAPACIDAD PLANA BY PROCESO

PROCESO	C	A	PG	C	A
PROCESO	14	18	28	3	4

**5 PRINCIPLES for
PROBLEM SOLVING SHEET
for Suppliers**

Problem No. _____

DATE	PROBLEM	SUPPLIER	NON DEFECTS
Year	Initiated	Proposed	Closed
Name	Approved	Accused	Accepted
Pl. Dept			
Date			

PROBLEM STATEMENT
(FORM 1 OBJECT)

1

1-A PROBLEM DEFINITION
(USE THE FOLLOWING TO DESCRIBE THE EFFECTS AND NOT THE CAUSE DETECTED)

WHAT →
WHEN →
WHERE →
WHERE WHO →
WHY →
HOW →
HOW MANY →

1-B PROBLEM DEFINITION
(REASON FOR ANALYSIS: WHAT IS THE PROBLEM YOU ARE TRYING TO SOLVE?)

2-C IDENTIFY ROOT CAUSE
(ROOT CAUSE: WHY HAS THE PROBLEM OCCURRED AND WHY IS IT REPEATING ITSELF?)

PROBLEM OCCURRENCE AND HOW				
NON-DETECTION NOT SHIPPED				
NON-DETECTION NOT SHIPPED				
NON-DETECTION NOT SHIPPED				
NON-DETECTION NOT SHIPPED				
NON-DETECTION NOT SHIPPED				

2-D IDENTIFY ROOT CAUSE

OCCURRENCE
ROOT CAUSE:

NON-DETECTION
ROOT CAUSE:

NON-DETECTION
ROOT CAUSE:

NON-DETECTION
ROOT CAUSE:

NON-DETECTION
ROOT CAUSE:

3 IMPLEMENT (P) COUNTERMEASURES

PROBLEM STATEMENT

CAUSE/ROOT CAUSE - RESPONSE

CHECKLIST FOR IMPLEMENTATION

IMPLEMENTATION	DATE	STATUS

4 CONFIRM COUNTERMEASURES

PROBLEM STATEMENT

DATE	STATUS

5 FEEDBACK/FEEDFORWARD

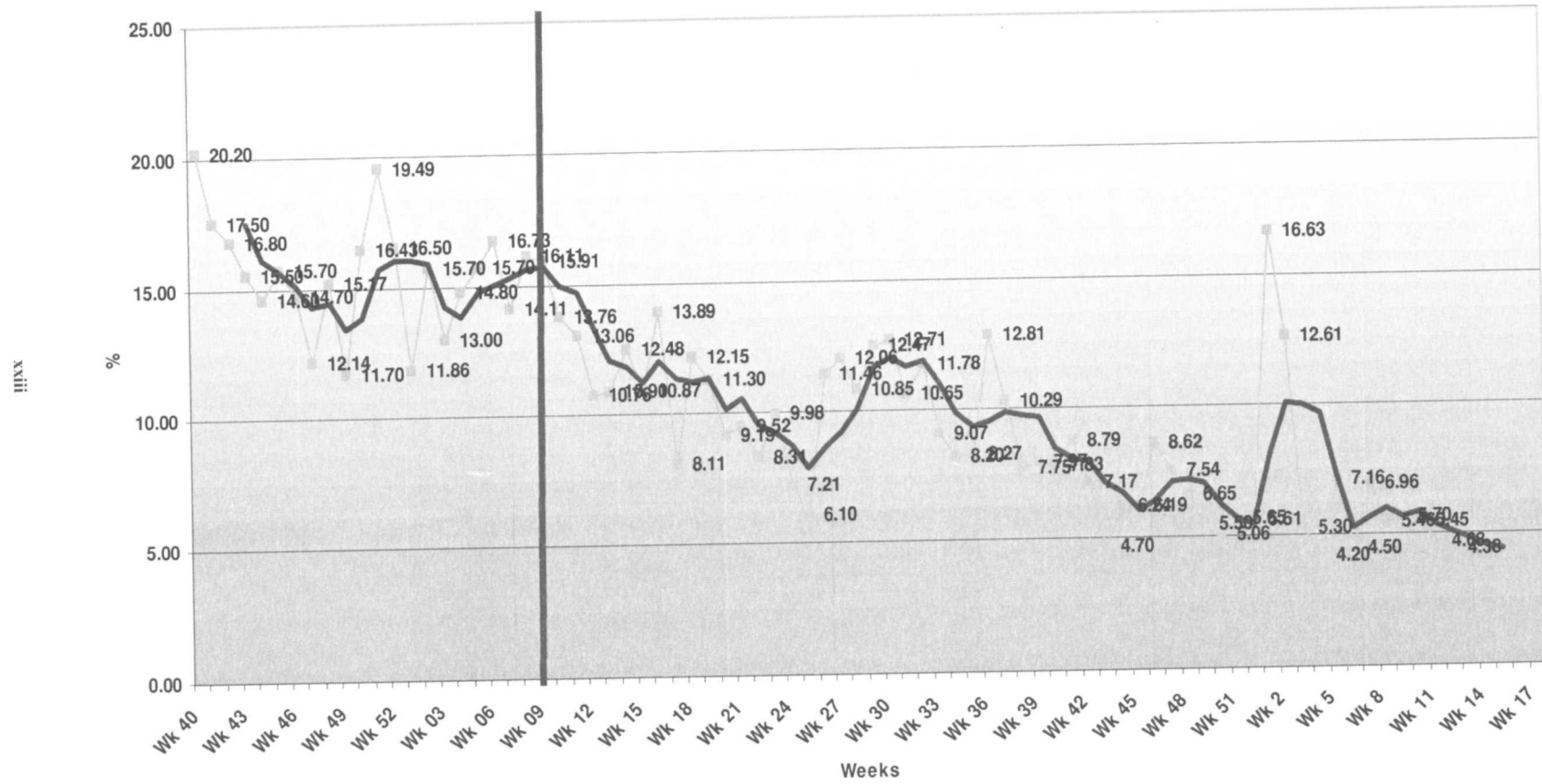
Anexo 11. DEEP

Metodología de solución de problemas DEEP

Definición + 1 día	Descripción: ¿Qué? ¿Cómo? ¿Dónde? ¿Cuándo? ¿Quién?	Objetivo: ¿Cuál es el objetivo de resolver el problema? ¿Qué? ¿Dónde? ¿Cuándo?																																																															
	Graficos (tendencia, paretos, histogramas, correlación, etc.)																																																																
Planificación + 1 día	Diagrama de causa-efecto																																																																
Ejecución + 2 días	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Causa raíz</th> <th rowspan="2">Acciones</th> <th rowspan="2">AC</th> <th rowspan="2">AC1</th> <th rowspan="2">AE</th> <th colspan="2">Impacto</th> <th rowspan="2">Responsable (s)</th> <th colspan="2">Fecha</th> <th colspan="3">Avance</th> <th rowspan="2">Comentarios</th> </tr> <tr> <th>Objetivo</th> <th>Resultado</th> <th>Inicio</th> <th>Fin</th> <th>25%</th> <th>75%</th> <th>100%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>		Causa raíz	Acciones	AC	AC1	AE	Impacto		Responsable (s)	Fecha		Avance			Comentarios	Objetivo	Resultado	Inicio	Fin	25%	75%	100%																																										
	Causa raíz	Acciones						AC	AC1		AE	Impacto		Responsable (s)	Fecha		Avance			Comentarios																																													
Objetivo			Resultado	Inicio	Fin	25%	75%			100%																																																							
Estandarización + 1 día	Instrucciones: Anexar en esta sección las acciones de estandarización determinadas en el plan de acción, así como su evidencia temporal de documentación																																																																
Prevención + 30 días	Graficos (tendencia, paretos, histogramas, correlación, etc.)																																																																

JCI SMT DT HISTORY

Implementacion DEEP



Anexo 13. Relación de PDCA con otras metodologías y sus herramientas

<i>PDCA / Herramientas</i>	<i>Siete pasos (Hosotani)</i>	<i>Ruta de la calidad</i>	<i>Global 8d's</i>	<i>Six Sigma DMAIC</i>	<i>DEEP</i>
PLANEAR *Diagrama de flujo *Gráfico de radar *Gráfico de Pareto *Tormenta de ideas *Diagrama de causa y efecto *5 Por que's *Gráfico de tendencia *Gráfico de dispersión *Histograma *Hojas de verificación *Encuestas *Técnicas de muestreo *Plan de acción *FDOA	Seleccionar un tema	Introducción	Enfoque de equipo	Definir	Definición
	Entender la situación y fijar las metas	Selección del tema	Describir el problema	Medir	Definición
	Plan de actividades	Análisis de los hechos	Implementar y verificar acciones intermedias	Analizar	Definición
	Análisis de causas	Plan de acción	Definir y verificar causas reales	Analizar	Ejecución
		Análisis de los factores	Verificar acciones correctivas		
HACER *Gráfico de Gantt *Gráfico de Pert *Plan de acción *DoE *Pruebas de hipótesis *ANOVA *Regresión *Técnicas de muestreo *Correlación	Implementar las acciones	Acciones correctivas	Implementar acciones correctivas permanentes	Incrementar (mejorar)	Ejecución
VERIFICAR *Gráfico de Pareto *Gráfico de tendencia *Histograma *Gráficos de control *Hojas de verificación *Encuestas *Procedimientos *DoE	Verificar resultados	Confirmación del efecto	Implementar acciones correctivas permanentes	Incrementar (Mejorar)	Estandarización
ACTUAR *Gráfico de Pareto *Gráfico de tendencia *Histograma *Gráficos de control *Hojas de verificación *Encuestas *AMEF *Procedimientos *Poka yokes	Estandarizar y controlar	Aterrizando el efecto	Prevenir la reincidencia	Controlar	Prevención
		Revisión posterior de problemas sin resolver	Felicitar al equipo		
		Planeando para el futuro			

Bibliografía

- Ammerman, M. (1998). The root cause analysis handbook. Productivity press.
- Ackoff, R. (1974). Redesigning the future. Wiley.
- Ackoff, R. (1978). The art of problem solving. Wiley.
- Andersen, B., Fagerhaug, T. (2000). Root cause analysis, simplified tools and techniques. ASQ quality press.
- Automotive industry action group. (2001). Potential failure effects analysis. AIAG publication.
- Bajaria, Hans, J., Copp, Richard, P. (1988). Statistical problem solving. The best route to quality improvement. Quality magazine; 27, 12; ABI/FORM Global. Pg 24.
- Buckenmyer, James,A. (1993). Discovering methods to help break the fire-fighting cycle. Industrial management. 35, 3; ABI/FORM Global, Pg. 31
- Cochran, C. (2002). Six problem –solving fundamentals. Quality diagest magazine.
- Cox, G. (1994). Solucione ese problema, modelos y tecnicas de aplicación en la empresa. Ediciones Deusto.
- Cheser, R. (1994). Kaizen is more than continuos improvement. Quality progress magazine.
- Chrysler Corporation, Ford Motor Company, and General Motors (1993). Potential failure mode and effects analysis (FMEA), Reference manual.
- De Bono, E. (1985). Seis sombreros para pensar. Ediciones Granica
- Díaz, Ricardo, A. (2003). Aplicación y análisis de los elementos que constituyen la metodología seis sigma en una empresa productora de grafito. Tesis de maestría ITESM
- Domb, E. (2005). Think TRIZ for creative problem solving. Quality digest magazine.
- Escalante, Edgardo J. (2005). Seis-sigma, metodología y técnicas. Limusa Noriega editores.
- Evans, James, R., Lindsay, William, M. (2001). The management and control of quality. South-Western college publishing.
- Galgano, A. (1993). Calidad total. Ediciones Díaz de Santos.

- Gharajedaghi, J. (1999). Systems thinking, managing chaos and complexity. Butterworth Heinemann.
- Giltinan, G. (2002). Root cause analysis seminary. Conducted on August 2002 Jabil St. Petersburg, FL.
- Harry, M., Schroeder, R. (1999). Six sigma, The breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations. Currency.
- Hernández, R., Baptista, P., Fernández, C. (2003). Metodología de la Investigación. Mc Graw Hill.
- Honda Automotive Corporation (2000). 5 Principles for problem solving, HSQM-0039 reference manual.
- Hosotani, K. (1989). The QC problem solving approach. 3A corporation.
- Ibañez, F. (2000). Curso de equipos orientados a la solución de problemas (TOPS).
- Imai, M. (1997). Gemba Kaizen, a commonsense, low cost approach to management. Mc Graw Hill
- Imai, M. (1998). Como implementar el Kaizen en el sitio de trabajo (Gemba). Mc Graw Hill.
- Imai, M. (1989). Kaizen , la clave de la ventaja competitiva japonesa. Compañía editorial continental.
- Intrax Technology Group, Ltd. (2003). Problem solving tools. <http://www.intraxltd.com>
- Jackson, C., Michael (2000). Systems approaches to management. Kluwer academic publishers.
- Osborne, Jayne, E. (1991). Creative problem solving. The CPA journal; 61, 9.Pg. 84
- Pande, Peter S., Holpp, L. (2002). ¿Qué es seis sigma?. Mc Graw Hill.
- Ishikawa, K. (1985). ¿Qué es el control de total de calidad? La modalidad Japonesa. Prentice Hall.
- Kepner, Charles H., Tregoe, Benjamin B. (2000). El nuevo directivo racional. Princeton research press.
- Langley, Gerald J., Nolan Kevin M., Nolan, Thomas, W. (1994). The foundation of improvement. Quality progress magazine
- Manual de tesis para alumnos de la universidad virtual del instituto tecnológico y de estudios superiores de monterrey (1997). Editorial Trillas.

Messina, William, S. (1999). Statistical process control for surface mount technology. Free press.

Meza, Cristina A. (2003). Metodología para la integración de las filosofías de manufactura esbelta y seis sigma para el incremento de la competitividad en la PYME. Tesis de maestría ITESM.

Motorola Inc. (1999). Problem solving techniques, Motorola Six sigma black belt course.

Motorola Inc. (2000). DMAIC model, Motorola Six sigma black belt course.

Pokras, S. (1992). Como resolver problemas y tomar decisiones sistemáticamente. Grupo editorial iberoamérica.

Publication manual of the American psychological association. (2001). Library of congress cataloging-in-publication data.

Ranjit, Roy, R. (2000). 16 steps to improvement. Quality digest magazine.

Ríos, J.G. (2005). Curso de sistemas de control de procesos, semana 2 parte 2 conceptos acerca de la calidad, ITESM.

Ruiz, Manuela, R. (2003). Eficacia de los métodos y herramientas de solución de problemas en no conformidades de auditorias de calidad. Tesis de maestría ITESM.

Sugaira, T., Yamada, Y. (1995). The QC storyline. Asian productivity organization

Tague, N. (1995). The quality toolbox. ASQ quality progress.

Tijerina, J (2001). Comparación básica de las metodologías de análisis y solución de problemas, Revista digital de posgrado Transferencia, ITESM <http://www.mty.itesm.mx/die/ddre/transferencia/56/56-III.02.html>

Toledo (2002). PDCA cycle. <http://www.toledo-asq.org/PDCA.htm>

Walpole, Myers, Myers. (1998). Probabilidad y estadística para ingenieros. Prentice hall.

Walton, M. (1992). El método Deming en la práctica. Grupo Editorial Norma.

Williams, D. and Associates. (2005). Ford 8Ds for problem solving, <http://www.dwassoc.com/ford-8-ds.php>

