

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
Y ELECTRICA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



"PROYECTO SEIS SIGMA"

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRIA EN  
CIENCIAS DE LA INGENIERIA DE MANUFACTURA  
CON ESPECIALIDAD EN DISEÑO DEL PRODUCTO

PRESENTA:

ARQ. EDGAR GIOVANNI TREVINO OROZCO

CD. UNIVERSITARIA

ENERO 2004

THE UNIVERSITY OF CHICAGO LIBRARY

75853

M2

FINE

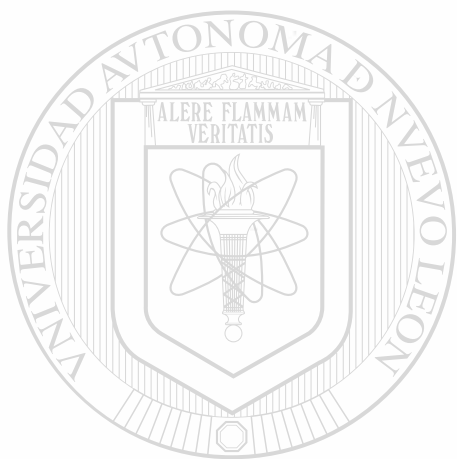
2004

17

2004



1020146705



# UANL

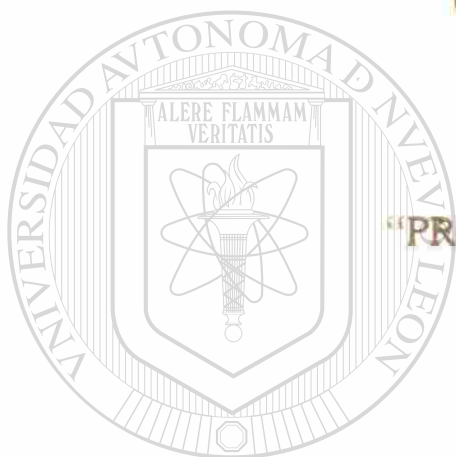
---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
Y ELECTRICA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



"PROYECTO SEIS SIGMA"

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRIA EN  
CIENCIAS DE LA INGENIERIA DE MANUFACTURA  
CON ESPECIALIDAD EN DISEÑO DEL PRODUCTO

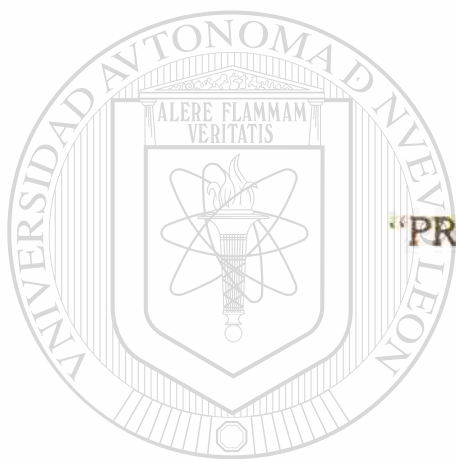
PRESENTA:

ARQ. EDGAR GIOVANNI TREVIÑO OROZCO

CD. UNIVERSITARIA

ENERO 2004

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
Y ELECTRICA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



"PROYECTO SEIS SIGMA"

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRIA EN  
CIENCIAS DE LA INGENIERIA DE MANUFACTURA  
CON ESPECIALIDAD EN DISEÑO DEL PRODUCTO

PRESENTA:

ARQ. EDGAR GIOVANNI TREVIÑO OROZCO

CD. UNIVERSITARIA

ENERO 2004

979 999

TM

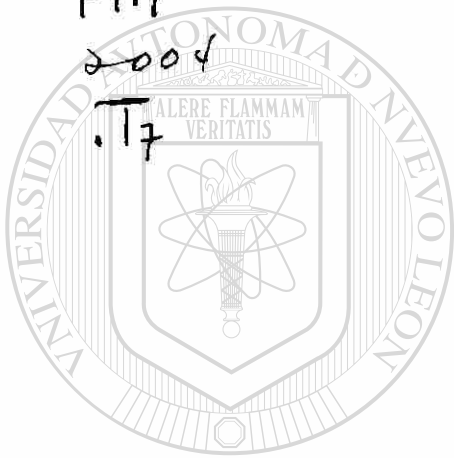
Z5853

.M2

F14E

2004

.T7



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

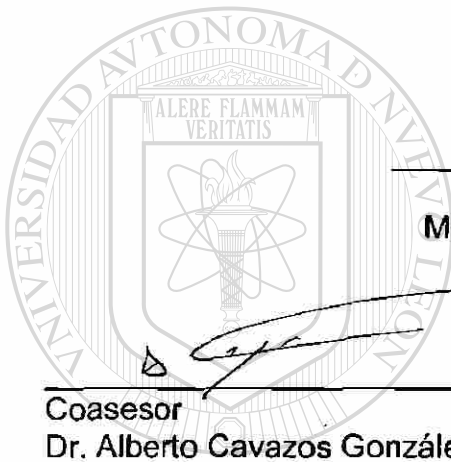


FONDO  
TESIS

**Universidad Autónoma de Nuevo León  
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica  
División de Estudios de Postgrado**

Los miembros del Comité de Tesis recomendamos que la Tesis "Proyecto Seis Sigma", realizada por el alumno Edgar Giovanni Treviño Orozco con número de matrícula 649930, sea aceptada para su defensa como opción al grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería de Manufactura con especialidad en Diseño del Producto.

**El Comité de Tesis**



Asesor

MC Alejandro Aguilar Meráz



Coasesor

Dr. Alberto Cavazos González



Coasesor

MC María Isabel Dimas Rangel

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Vo. Bo.

Dr. Guadalupe Alan Castillo Rodríguez  
División de estudios de Postgrado

Ciudad Universitaria, a 1 de Diciembre del 2003

# Índice

Índice 1	
Sinopsis.....	2
<b>1. Introducción.....</b>	<b>3</b>
1.1. ¿Qué es Seis Sigma? .....	4
1.2. Objetivo.....	6
1.3. Justificación .....	7
1.4. Límites de estudios.....	8
1.5. Metodología .....	9
1.6. Planteamiento del Problema.....	13
1.7. Hipótesis .....	14
<b>2. Marco Teórico.....</b>	<b>15</b>
2.1. Sumario.....	15
2.2. Origen.....	16
2.3. La historia de Seis Sigma .....	18
2.4. Diferencias entre Calidad Tradicional Vs. Seis Sigma.....	20
2.5. Algunos ejemplos.....	22
2.6. ¿Es 99,0 % de calidad ( 4 sigma ), suficiente? .....	23
2.7. El costo de la calidad .....	24
2.8. Variación: La raíz de todos los males .....	26
2.9. ¿Está preparada su empresa?.....	31
2.10. ¿Cómo y por donde comenzar?.....	32
<b>3. Desarrollo.....</b>	<b>33</b>
3.1. Sumario.....	34
3.2. Definiciones .....	35
3.3. 1er. Etapa - DEFINIR.....	36
3.4. 2da. Etapa - MEDIR.....	37
3.5. 3er. Etapa - ANALIZAR.....	40
3.6. 4ta. Etapa - MEJORAR.....	48
3.7. 5ta. Etapa - CONTROLAR.....	55
<b>4. Conclusiones.....</b>	<b>60</b>
Bibliografía.....	62



## Sinopsis

En este trabajo se inicia presentando una explicación de los beneficios obtenidos por otras empresas, al aplicar la metodología Seis Sigma; un poco de historia de la metodología, así como de principios estadísticos para el entendimiento del funcionamiento de la metodología y requerimientos para su implementación.

En la etapa del desarrollo (etapa práctica) se muestra la forma en que se realizó la investigación del problema en el área de inspección de recibo de una empresa maquiladora de cinturones de seguridad, además de la documentación de como se incrementó la eficiencia, redujo el tiempo de inspección y se incrementó la capacidad del departamento de inspección de recibo para detectar el material no conforme, antes de que llegue a producción, utilizando métodos estadísticos de Seis Sigma.



---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN<sup>®</sup>  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

# 1. Introducción

En este capítulo se presentan los alcances que se lograron al concluir el proyecto, la razón de haber escogido el tema proyecto Seis Sigma, puntos a cubrir del tema, la manera en que se trata la información para resolver un problema específico, el cual concluye con la hipótesis a comprobar. También se incluye una introducción al tema describiendo las características principales, empresas que utilizan Seis Sigma y alcances obtenidos.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 1.1. ¿Qué es Seis Sigma?

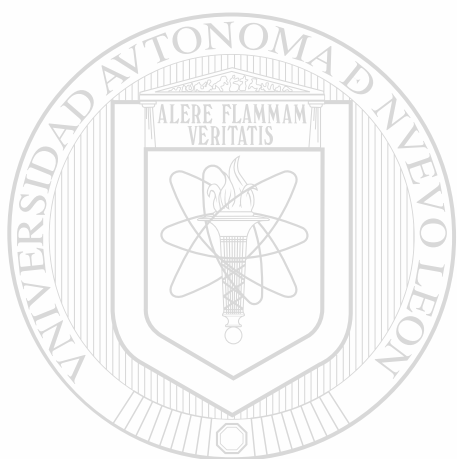
Seis Sigma, es una filosofía de trabajo y una estrategia de negocios, la cual se basa en el enfoque hacia el cliente, en un manejo eficiente de los datos y metodologías y diseños robustos, que permite eliminar la variabilidad en los procesos así como alcanzar un nivel de defectos menor o igual a 3,4 defectos por millón. Adicionalmente, otros efectos obtenidos son: reducción de los tiempos de ciclo, reducción de los costos, alta satisfacción de los clientes y más importante aún, efectos dramáticos en el desempeño financiero de la organización.

En general, las técnicas tradicionales tienden a comportarse dentro del rango de tres Sigma, lo que equivale a un número de defectos de casi 67.000 por millón de oportunidades (DPMO), ocurre un desplazamiento de 1,5 Sigma; esto significa un nivel de calidad de apenas 93,32 %, en contraposición con un nivel de 99,9997 % para un proceso de Seis Sigma. Comparativamente, un proceso de Tres Sigma es 19.645 veces más malo (produce más defectos) que uno de Seis Sigma.

¿Quiénes utilizan Seis Sigma? Empresas comprometidas con la satisfacción del cliente en la entrega oportuna de productos y servicios, libres de defectos y a costos razonables. Algunos ejemplos: Motorola, Allied Signal, G.E., Polaroid, Sony, Lockheed, NASA, Black & Decker, Bombardier, Dupont, Toshiba, etc.

Por ejemplo, Motorola entre 1987 y 1994 redujo su nivel de defectos por un factor de 200. Redujo sus costos de manufactura en 1,4 billones de dólares. Incrementó la productividad de sus empleados en un 126,0 % y cuadruplicó el valor de las ganancias de sus accionistas.

Los resultados para Motorola hoy en día son los siguientes: Incremento de la productividad de un 12,3 % anual; reducción de los costos de mala calidad sobre un 84,0 %; eliminación del 99,7 % de los defectos en sus procesos; ahorros en costos de manufactura sobre los Once Billones de dólares y un crecimiento anual del 17,0 % compuesto sobre ganancias, ingresos y valor de sus acciones.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 1.2. Objetivo

Objetivo general:

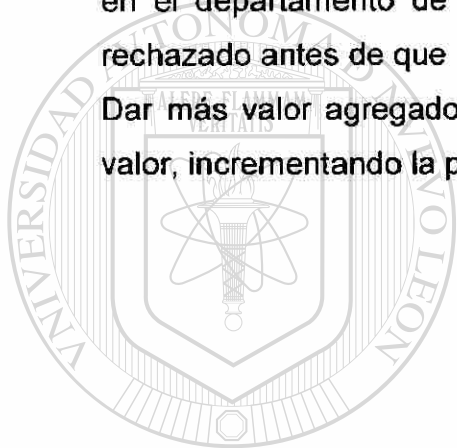
El aplicar la metodología de Seis Sigma en un proyecto práctico.

Dentro de este objetivo tenemos las siguientes metas:

Objetivo particular:

Incrementar la eficiencia, utilizando métodos estadísticos de Seis Sigma, en el departamento de inspección de recibo para detectar el material rechazado antes de que llegue a producción.

Dar más valor agregado al trabajo mientras se eliminan actividades sin valor, incrementando la producción con la misma fuerza de trabajo.



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### 1.3. Justificación

Actualmente cada día hay más personas laborando en el área de calidad y mejora continua, y en toda empresa de alto nivel se esta adoptando poco a poco la política de “La Calidad Primero”, lo cual conlleva a la preferencia por el proveedor que da los mejores productos a tiempo y con un costo justo volviéndose así líder en su área, y maximizando las ganancias de este proveedor.

Para lograr lo anterior es necesario adoptar nuevos sistemas de calidad para figurar a nivel mundial. El Seis Sigma es uno de los más exitosos sistemas de calidad que actualmente ha dado resultados reales en muchas empresas; de este sistema se tiene muy poca información disponible de manera gratuita y presentada de una forma aplicada a un proyecto para entender la metodología en la práctica.

Por lo anterior y con un poco de experiencia en este tema se presenta esta tesis, esperando que sea un apoyo al lector de la misma.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 1.4. Límites de estudios

Gran parte de la información presentada en esta tesis, tiene fundamentos de estadística de un nivel avanzado para la mayoría de los lectores no especializados en el tema; los datos estadísticos están presentados y solucionados en algunos programas computacionales para Seis Sigma (Minitab, IGraphix). En esta tesis no se muestra el uso de estos paquetes o la realización de las ecuaciones estadísticas o aritméticas, únicamente la manera en que se utilizó la herramienta para encontrar alguna solución al problema planteado.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 1.5. Metodología

Seis Sigma es una metodología rigurosa que utiliza herramientas y métodos estadísticos y de calidad, para definir los problemas y situaciones a mejorar, medir para obtener la información y los datos, analizar la información recolectada, incorporar y emprender mejoras a los procesos y finalmente, controlar o rediseñar los procesos o productos existentes, con la finalidad de alcanzar etapas óptimas, lo que a su vez genera un ciclo de mejora continua.

La metodología formal de aplicación de Seis Sigma en general sigue este esquema: definir, medir, analizar, mejorar, controlar (DMAIC, por sus siglas en inglés) sin embargo, algunos practicantes prefieren incorporar otras etapas adicionales, como: reconocer la situación o problema, estandarizar los nuevos procesos en toda la organización, y finalmente, Integrar los cambios o soluciones a toda la organización.



U A N L

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN<sup>®</sup>  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



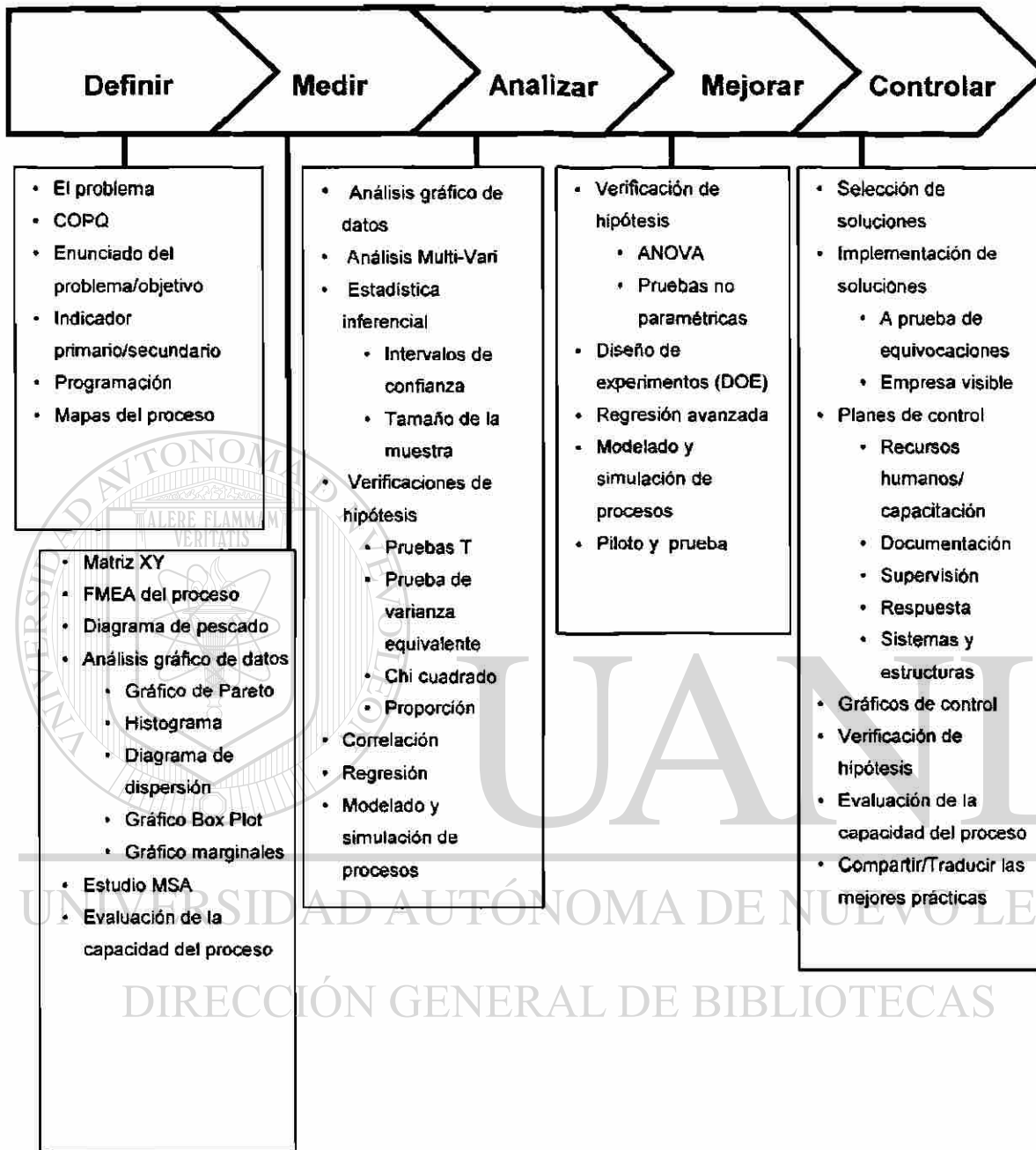
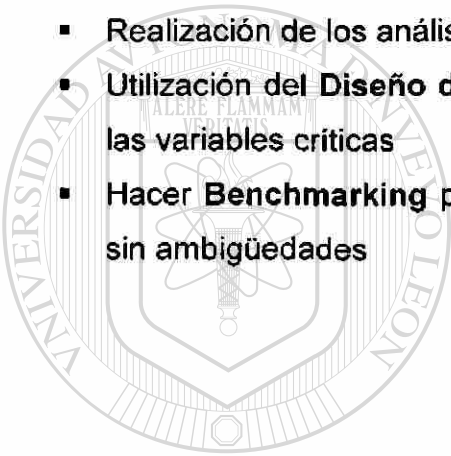


Fig. 1 Etapas de la metodología Seis Sigma

### 1.5.1. Elementos clave

Los elementos clave que soportan la filosofía Seis Sigma y que aseguran una adecuada aplicación de las herramientas, así como el éxito de esta iniciativa como estrategia de negocios, son los siguientes:

- Identificación de los elementos **Críticos para la Calidad (CTQ)**, de los clientes **Externos**
- Identificación de los elementos **Críticos para la Calidad (CTQ)**, de los clientes **Internos**
- Realización de los análisis de los modos y efectos de las fallas (**FMEA**).
- Utilización del **Diseño de Experimentos (DoE)**, para la identificación de las variables críticas
- Hacer **Benchmarking** permanente y establecer los objetivos a alcanzar, sin ambigüedades



UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 1.5.2. Implementación de Seis Sigma

Esta filosofía promueve la utilización de herramientas y métodos estadísticos de manera sistemática y organizada, para el logro de mejoras dramáticas y medibles por su impacto financiero. El ingrediente secreto que hace que funcione, reside en la infraestructura que se establece en la organización. Esta infraestructura, es la que motiva y produce una cultura "**Seis Sigma**" que junto con un "**Proceso de Pensamiento**" en toda la organización, genera un estilo de "**Gerencia Basada en Conocimientos**".

El soporte y compromiso por parte de la Alta Gerencia es vital y fundamental, para lo cual se entrenan y definen los rangos de la metodología Seis Sigma, mostrados a continuación:

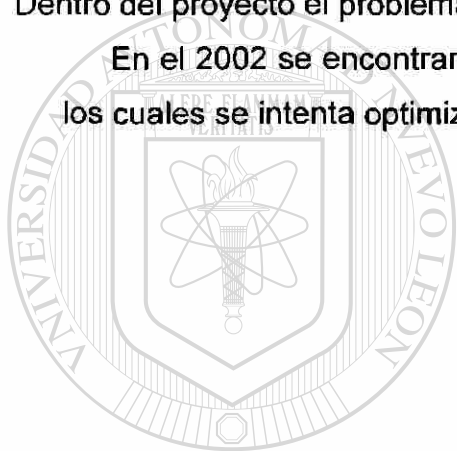
- **Champion** Responsable de la coordinación básica del negocio para lograr Seis Sigma—selección de proyectos para los Black Belts de Seis Sigma en su área de responsabilidad
- **Black Belt** Lider de equipos que implementan la metodología de Seis Sigma en proyectos; introduce la metodología y herramientas a los miembros del equipo y la organización en general
- **Green Belt** Aprende la metodología de Seis Sigma, en lo que se aplica al proyecto en particular. Continúa aprendiendo y practicando la metodología y las herramientas de Seis Sigma después de completar el proyecto puede evolucionar a un nivel de conocimientos y prácticas de Black Belt
- **Yellow Belt** Participa en los equipos de proyectos; apoya las metas del proyecto (típicamente en el contexto de sus responsabilidades existentes) Sigue utilizando la metodología y herramientas aprendidas de Seis Sigma como parte de su trabajo normal

## 1.6. Planteamiento del Problema

Una capacitación de certificación (Seis Sigma) es de un costo elevado para el personal interesado en áreas de mejora a través del uso de estadística, la información disponible es escasa y su demanda es creciente, con este documento se ejemplifica el desarrollo de un proyecto Seis Sigma, dando una herramienta disponible para su entendimiento.

Dentro del proyecto el problema particular:

En el 2002 se encontraron en piso, 617 lotes con material defectuoso, de los cuales se intenta optimizar la confianza de la inspección de este material.



# UANL

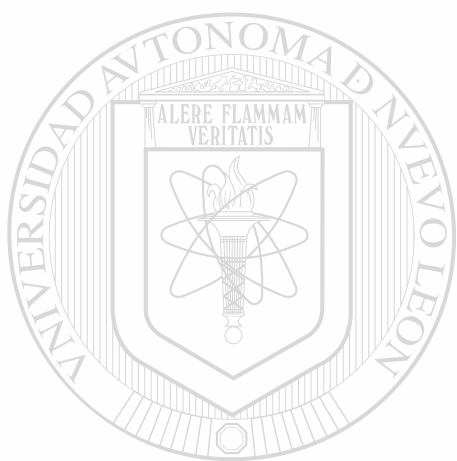
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 1.7. Hipótesis

La satisfacción del cliente y el ahorro monetario para el usuario se optimizan con la aplicación de la metodología Seis Sigma a un problema dado.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 2. Marco Teórico

### 2.1. Sumario

En este capítulo se trata el inicio del Seis Sigma, las empresas que lo utilizan, y una explicación de su aplicación: los ahorros y beneficios obtenidos por otras empresas.

Se menciona un comparativo de la manera de trabajo tradicional contra la manera de trabajo Seis Sigma.

Se presenta el costo que tiene aplicar la calidad y la remuneración que se obtiene a su vez de esta aplicación.

---

Se muestran estadísticos de la metodología así como requerimientos para su implementación empresarial.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 2.2. Origen

La filosofía Seis Sigma se inicia en los años 80's como una estrategia de negocios y de mejoramiento de la calidad, introducida por Motorola, esta filosofía ha sido ampliamente difundida y adoptada por otras empresas de clase mundial, tales como: G.E., Allied Signal, Sony, Polaroid, Dow Chemical, FedEx, Dupont, NASA, Lockheed, Bombardier, Toshiba, J&J, Ford, ABB, Black & Decker, etc.

Su aplicación requiere del uso intensivo de herramientas y metodologías estadísticas y de calidad para reducir la variabilidad de los procesos y producir los resultados esperados, con el mínimo posible de defectos, bajos costos y máxima satisfacción del cliente. Esto contrasta con la forma tradicional de asegurar la calidad, al inspeccionar post-mortem y tratar de corregir los defectos, una vez producidos.

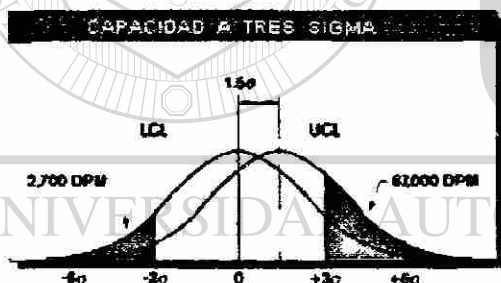


Fig. 2 Capacidad tres sigma

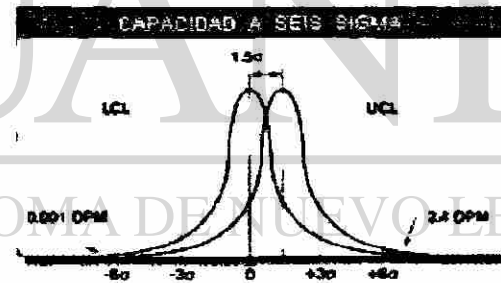
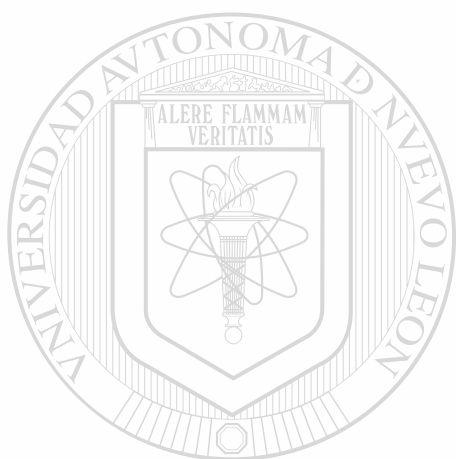


Fig. 3 Capacidad Seis Sigma

Un proceso con una curva de capacidad afinada para seis (6) sigma, es capaz de producir con un mínimo de hasta 3,4 defectos por millón de oportunidades (DPMO), lo que equivale a un nivel de calidad del 99.9997 % Fig. 3. Este nivel de calidad se aproxima al ideal del cero-defectos y puede ser aplicado no sólo a procesos industriales de manufactura, sino también en procesos transaccionales y comerciales de cualquier tipo, como por ejemplo: en servicios financieros, logísticos, mercantiles, etc.

Quizá la contribución más importante para el auge y desarrollo actual de Seis Sigma, haya sido el interés y esfuerzo dedicado para su implantación en G.E., desde sus divisiones financieras, hasta sus divisiones de equipos médicos y de manufactura. La fuerza impulsora que apuntaló y apoyó esta iniciativa: Jack Welch, CEO de G.E. "Miren, Solamente tengo tres cosas que hacer: tengo que seleccionar a las personas correctas, asignar la cantidad adecuada de dólares y transmitir ideas de una división a otra a la velocidad de la luz. Así que realmente estoy en el negocio de promover y transmitir ideas".



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



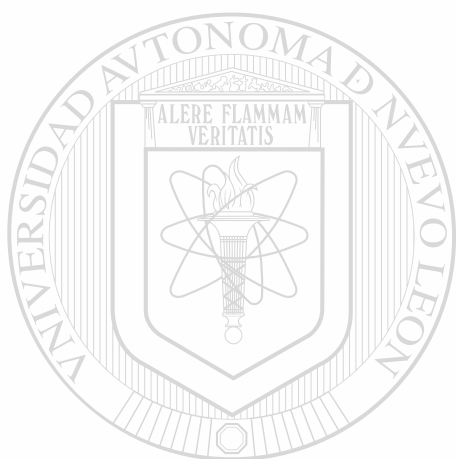
## 2.3. La historia de Seis Sigma

La historia de Seis Sigma se inicia en Motorola cuando un ingeniero (Mikel Harry) comienza a influenciar a la organización para que se estudie la variación en los procesos (enfocado en los conceptos de Deming), como una manera de mejorar los mismos. Estas variaciones son lo que estadísticamente se conoce como desviación estándar (alrededor de la media), la cual se representa por la letra griega sigma ( $\sigma$ ). Esta iniciativa se convirtió en el punto focal del esfuerzo para mejorar la calidad en Motorola, capturando la atención del entonces CEO de Motorola: Bob Galvin. Con el apoyo de Galvin, se hizo énfasis no sólo en el análisis de la variación sino también en la mejora continua, estableciendo como meta obtener 3,4 defectos (por millón de oportunidades) en los procesos; algo casi cercano a la perfección.

Esta iniciativa llegó a oídos de Lawrence Bossidy, quién en 1991 y luego de una exitosa carrera en General Electric, toma las riendas de Allied Signal para transformarla de una empresa con problemas en una máquina exitosa. Durante la implantación de Seis Sigma en los años 90 (con el empuje de Bossidy), Allied Signal multiplicó sus ventas y sus ganancias de manera dramática. Este ejemplo fue seguido por Texas Instruments, logrando el mismo éxito. Durante el verano de 1995 el CEO de GE, Jack Welch, se entera del éxito de esta nueva estrategia de boca del mismo Lawrence Bossidy, dando lugar a la mayor transformación iniciada en esta enorme organización.

El empuje y respaldo de Jack Welch transformaron a GE en una "organización Seis Sigma", con resultados impactantes en todas sus divisiones. Por ejemplo: GE Medical Systems recientemente introdujo al mercado un nuevo scanner para diagnóstico (con un valor de 1,25 millones de dólares) desarrollado enteramente bajo los principios de Seis Sigma y con un tiempo de scan de sólo 17 segundos (lo normal eran 180 segundos). En otra de las divisiones: GE

Plastics, se mejoró dramáticamente uno de los procesos para incrementar la producción en casi 500 mil toneladas, logrando no sólo un beneficio mayor, si no obteniendo también el contrato para la fabricación de las cubiertas de la nueva computadora iMac de Apple.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 2.4. Diferencias entre Calidad Tradicional Vs. Seis Sigma

¿Qué hace diferente a Seis Sigma de la Calidad Tradicional? ¿No están soportadas por prácticamente las mismas herramientas y métodos conocidos por los practicantes de la Calidad Total, TQM, etc.? Las diferencias residen en la forma de aplicar estas herramientas y su integración con los propósitos y objetivos de la organización, como un todo. La integración y participación de todos los niveles y funciones dentro de la organización es factor clave, respaldado por un sólido compromiso por parte de la alta Gerencia y una actitud proactiva, organizada y sistemática en busca de la satisfacción tanto de las necesidades y objetivos de los clientes, como de las necesidades y objetivos de la propia organización.

En la Fig. 4, se resumen algunas de las diferencias más notables entre la forma tradicional de enfocar la Calidad en las organizaciones y la forma de enfocarla a través de la estrategia de Seis Sigma.

CALIDAD TRADICIONAL	SEIS SIGMA
Está centralizada. Su estructura es rígida y de enfoque reactivo.	Está descentralizada en una estructura constituida para la detección y solución de los problemas. Su enfoque es proactivo.
Generalmente no hay una aplicación estructurada de las herramientas de mejora.	Se hace uso estructurado de las herramientas de mejora y de las técnicas estadísticas para la solución de problemas.
No se tiene soporte en la aplicación de las herramientas de mejora. Generalmente su uso es focalizado y aislado.	Se provee toda una estructura de apoyo y capacitación al personal, para el empleo de las herramientas de mejora.
La toma de decisiones se efectúa sobre la base de presentimientos y datos vagos.	La toma de decisiones se basa en datos precisos y objetivos: "Sólo en Dios creo, los demás traigan datos".
Se aplican remedios provisionales o parches. Sólo se corrige en vez de prevenir.	Se va a la causa raíz para implementar soluciones sólidas y efectivas y así prevenir la recurrencia de los problemas.
No se establecen planes estructurados de formación y capacitación para la aplicación de las técnicas estadísticas requeridas.	Se establecen planes de entrenamiento estructurados para la aplicación de las técnicas estadísticas requeridas.
Se enfoca solamente en la inspección para la detección de los defectos (variables clave de salida del proceso). Post-Mortem.	Se enfoca hacia el control de las variables clave de entrada al proceso, las cuales generan la salida o producto deseado del proceso

**Fig. 4** Tabla de comparación de calidad

## 2.5. Algunos ejemplos

- El número de fatalidades en vuelos domésticos en Estados Unidos, fue de 0.43 ppm; es decir, un nivel entre 6 y 7 sigma.
- Generalmente, los centros de producción de energía nuclear, operan con niveles entre 6 y 7 sigma.
- Motorola, G.E., Lockheed, Allied Signal y la NASA, efectúan la mayoría de sus procesos a niveles de Seis Sigma.
- Las compañías promedio en Estados Unidos tienen entre 1.000 y 10.000 dpm (defectos por millón), para un desplazamiento de 1,5 sigma; esto equivale a un nivel de 4 sigma.



UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

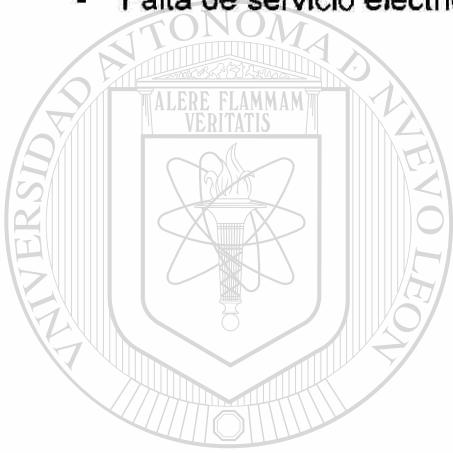


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 2.6. ¿Es 99,0 % de calidad ( 4 sigma ), suficiente?

Algunos ejemplos de porqué un nivel de calidad del 99,0 % no sería suficiente, ni satisfactorio, mucho menos aceptable:

- 20.000 piezas de correo perdidas cada hora.
- 5.000 operaciones de cirugía incorrectas, por semana.
- Al menos dos aterrizajes con problemas, diarios y en los principales aeropuertos.
- 200.000 prescripciones incorrectas de medicamentos, cada año.
- Falta de servicio eléctrico, por casi 7 horas, cada mes.



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 2.7. El costo de la calidad

Esta es una pregunta que muchas organizaciones aún no encuentran como responder. La mayoría piensa que muy poco y otros que demasiado, al punto de considerar como aceptables las siguientes expresiones: "**no podemos regalar calidad**" o "**mejorar nuestra calidad le costará demasiado al cliente**". En muchas organizaciones promedio (tres sigma) el costo de entregar productos y servicios puede alcanzar hasta el **40,0 %** de las ventas.

En general y de manera ideal, el costo de la calidad puede ser definido en cuatro categorías: fallas internas, fallas externas, aseguramiento y prevención. Cada una de estas categorías puede incluir los siguientes elementos:

- **Fallas Internas:** Desperdicio (scrap), retrabajo y el desperdicio y retrabajo de los proveedores. Aquí se puede apreciar su efecto en mayores niveles de inventario y largos tiempos de ciclo.
- **Fallas Externas:** Costo para el cliente (debido a los defectos), costos de garantía y servicio, ajustes por reclamos y material retornado o devuelto.
- **Aseguramiento:** Inspección, pruebas y ensayos, auditorías de calidad, costo inicial y de mantenimiento de los equipos de pruebas y ensayo.
- **Prevención:** Planeación de calidad, planeación de procesos, control de procesos y entrenamiento.

Adicionalmente, se deben considerar los costos asociados a los esfuerzos y programas para mejorar la calidad y especialmente los costos de oportunidad de producir más con los mismos activos y menos recursos dedicados a corregir defectos y apagar incendios. Quizá el más difícil de estimar sería el costo de pérdida de la lealtad de los clientes y pérdida de ventas, por mala calidad.

Normalmente, las organizaciones sólo miden y toman en consideración para sus costos de calidad los siguientes elementos: desperdicio (scrap), gastos de garantía, costos de inspección y sobretiempo Fig. 5 casi siempre quedan por fuera elementos importantes que no se toman en cuenta o que los sistemas contables tradicionales no son capaces de manejar, como los siguientes: incremento en los gastos de mantenimiento, pérdida de Ventas, Insatisfacción de los clientes, pérdida de tiempo (downtime), errores en ingeniería y desarrollo de productos, errores en listas de materiales y materiales e insumos rechazados.

<b>Nivel Calidad</b>	<b>DPMO</b>	<b>Nivel Sigma</b>	<b>Costo Calidad</b>
<b>30,9 %</b>	<b>690.000</b>	<b>1,0</b>	<b>NA</b>
<b>69,2 %</b>	<b>308.000</b>	<b>2,0</b>	<b>NA</b>
<b>93,3 %</b>	<b>66.800</b>	<b>3,0</b>	<b>25-40 %</b>
<b>99,4 %</b>	<b>6.210</b>	<b>4,0</b>	<b>15-25 %</b>
<b>99,98 %</b>	<b>320</b>	<b>5,0</b>	<b>5-15 %</b>
<b>99,9997</b>	<b>3,4</b>	<b>6,0</b>	<b>&lt; 1 %</b>

*Fig. 5 Costo de Calidad, como porcentaje de las Ventas.*



## 2.8. Variación: La raíz de todos los males

La variación en los procesos constituye una de las fuentes principales de insatisfacción en los clientes; si se encuentra su causa raíz y se elimina, los clientes sentirán la diferencia. No siempre se obtiene el mismo producto o servicio con el mismo nivel de conformidad a lo especificado y de forma consistente y repetitiva; por ejemplo, cuándo fue la última vez que Ud.:

- Fue de compras a una tienda y escogió la cola de pago más lenta.
- Recibió un corte de cabello más corto o más largo que lo usual, distinto a como Ud. lo quería.
- Decide comprar unos zapatos y en la tienda se encuentra con el vendedor más ignorante de todos.

Posiblemente en más de una oportunidad fue atendido rápidamente en la cola de pago de la tienda, recibió el corte de cabello perfecto y se encontró con el vendedor de zapatos más diligente y conocedor de todos. ¿No sería ideal que siempre fuera así?

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN<sup>®</sup>  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### 2.8.1. Un ejemplo de variación en los procesos

Considerando la compra de una pizza, la cual se ordena en alguna pizzería que este de camino a casa. Se dispone de dos pizzerías de las cuales se tiene la siguiente información en cuanto a tiempos de preparación (en minutos), para 10 pizzas:

Pizzería ABC: 6,5 - 6,6 - 6,7 - 6,8 - 7,1 - 7,3 - 7,4 - 7,7 - 7,7 - 7,7 min.

Pizzería XYZ: 4,2 - 5,4 - 5,8 - 6,2 - 6,7 - 7,7 - 7,7 - 8,5 - 9,3 - 10,0 min.

Utilizando herramientas estadísticas comunes, tales como la media, mediana y moda, se obtienen los siguientes resultados:

Pizzería ABC: Media = 7,15 - Mediana = 7,20 - Moda = 7,7 min.

Pizzería XYZ: Media = 7,15 - Mediana = 7,20 - Moda = 7,7 min.

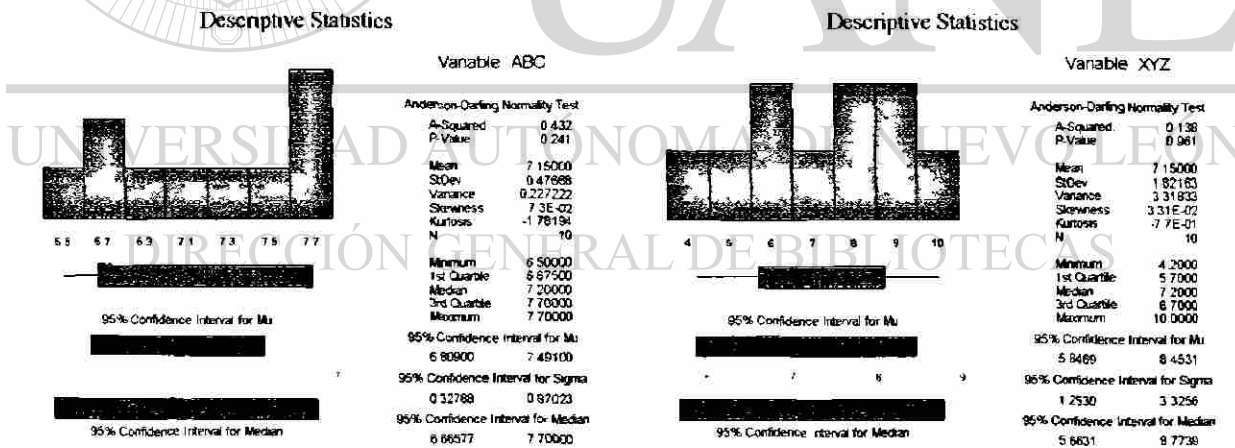
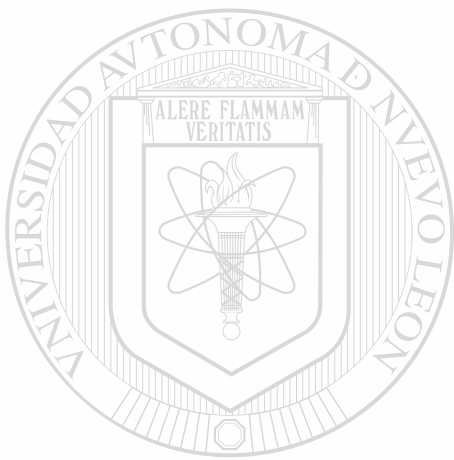


Fig. 6 Gráficas de comparación estadística Pizzería ABC vs. XYZ

De estos resultados se puede observar que ambas pizzerías tienen las mismas medidas de tendencia central; es decir, en promedio, los clientes de ambas esperan por sus pizzas el mismo tiempo. Basado en estos resultados, es difícil distinguir diferencias en ambos procesos como para tomar alguna decisión

al respecto. En la Fig. 6, si se observan nuevamente los datos de tiempos de preparación, se puede observar una mayor variación (o dispersión) en los tiempos de la pizzería XYZ. Si todas las demás características de calidad de ambas pizzerías son iguales, es probable que los clientes prefieran comprar sus pizzas en la ABC, por sus tiempos de preparación más consistentes y menos variables. En el mundo de los negocios se requiere de algo más preciso y confiable para medir y cuantificar la variación de los procesos; para ello se dispone de las siguientes medidas: Rango y Desviación Estándar.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 2.8.2. Rango

Una forma sencilla de medir la variación en los procesos es determinando el rango de las mediciones; es decir, la diferencia entre el valor más alto y el valor más bajo de la muestra. Si lo aplicamos a las dos pizzerías, se obtiene lo siguiente:

Pizzería ABC: Rango = 1,2 minutos

Pizzería XYZ: Rango = 5,8 minutos

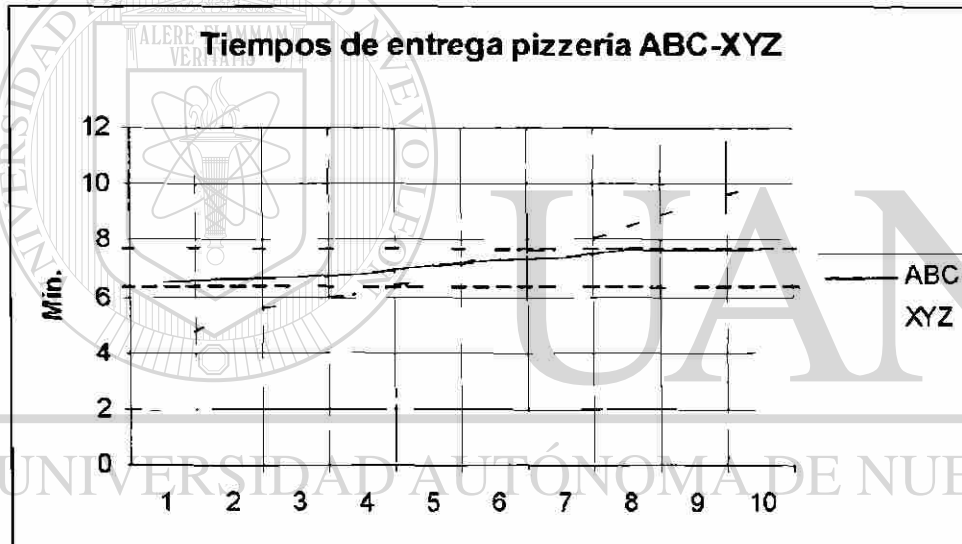


Fig. 7 Gráfica de conexión de líneas para 10 frecuencias de las pizzerías ABC y XYZ

El Rango más alto de la XYZ sugiere que ésta posee la mayor cantidad de variación asociada en el tiempo de preparación de sus pizzas Fig. 7. Si bien el Rango es bastante fácil de calcular, algunas veces puede llevar a conclusiones erróneas, dado que sólo considera los valores extremos de la muestra. La mejor herramienta disponible es la Desviación Estándar.

### 2.8.3. Desviación estándar

La desviación estándar toma en consideración la variación de cada una de las mediciones alrededor de la media de la muestra. Si se comparan las dos pizzerías, se obtiene lo siguiente:

Pizzería ABC: Desviación Estándar = 0,48 minutos

Pizzería XYZ: Desviación Estándar = 1,82 minutos

Definitivamente, la pizzería ABC exhibe la menor variación en los tiempos de preparación en comparación con la XYZ, lo cual confirma la observación inicial de los datos y el resultado previo del Rango. En conclusión, si se quiere un servicio más rápido y consistente, se compra una pizza en la que presenta menos variación en sus procesos: Pizzeria ABC.

De la misma forma se desarrolla la calidad de los productos y servicios que trabajan con demasiada variación, lo cual representa la posibilidad de pérdida de clientes (menos ventas), más quejas y reclamos (insatisfacción), mayor desperdicio y retrabajo (altos costos) y por supuesto resultados nada buenos para el negocio desde el punto de vista financiero y de permanencia en el tiempo, frente a sus competidores mejor preparados.

## 2.9. ¿Está preparada su empresa?

Primero que todo, se identifica y define el desempeño estratégico actual de su organización (en términos de: Compañía, Unidad de Negocios, Departamento, etc.) y luego se responde las siguientes preguntas:

1. ¿Existe una necesidad u oportunidad de cambio crítica para el negocio que esté basada o soportada en necesidades financieras, competitivas o culturales?
2. ¿Es posible definir un razonamiento y justificación suficientemente sólido como para aplicar (de alguna manera) Seis Sigma al negocio?
3. ¿Serán capaces los sistemas actuales gerenciales y de mejora de procesos de alcanzar el nivel de mejora esencial requerido para el éxito continuo del negocio?

Dependiendo de las respuestas a las anteriores interrogantes, la organización podría estar lista para explorar el camino de Seis Sigma. En general, se puede tener buenas oportunidades de adoptar esta filosofía y estrategia de negocios si sus respuestas fueron afirmativas a las preguntas 1 y 2 y especialmente si respondió negativamente a la pregunta 3.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 2.10. ¿Cómo y por donde comenzar?

Una vez reconocida la necesidad de cambio y la conveniencia de explorar acerca de la adopción de esta filosofía y estrategia de negocios, es conveniente verificar la condición de partida de su organización, tomando en consideración la gran cantidad de actividades y prioridades que generalmente se tienen dentro de una organización. De las siguientes tres situaciones, se selecciona la que mejor describe la actual situación:

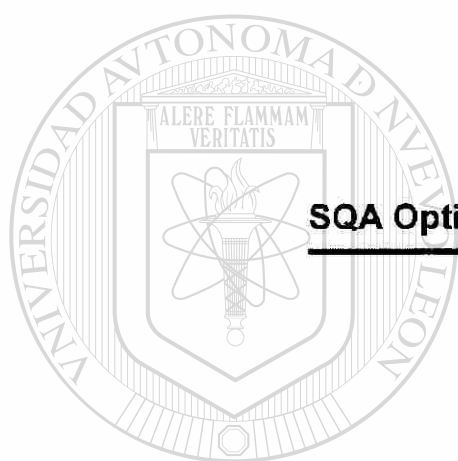
- La organización está lista y es capaz de enfocarse en un esfuerzo decidido y dirigido a crear una "Organización Seis Sigma".
- Existen algunas situaciones o procesos estratégicos de alta prioridad para el negocio que requieren y demandan recursos y esfuerzos enfocados para su mejora.

Nuestro sentido de urgencia es tal que se requiere atacar los problemas y proyectos de corto plazo antes de considerar la adopción de un proceso Seis Sigma.

En función de la respuesta seleccionada, el curso de acción a seguir será diferente para la organización y de esa forma se podrán orientar y enfocar los recursos de manera más efectiva y eficiente. De acuerdo a la situación, se tienen las siguientes oportunidades:

- *La organización parece estar lista para una transformación total y completa del negocio.*
- *Es mejor enfocar y dirigir los esfuerzos y recursos hacia alguna forma de mejora estratégica.*
- *El mejor punto de partida seguramente será iniciar proyectos de mejora de los procesos de inmediato.*

### 3. Desarrollo



**SQA Optimización de muestreos**

UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Contenido:



### 3.1. Sumario

En este proyecto se busca incrementar la eficiencia, reducir el tiempo de inspección e incrementar la capacidad del departamento de inspección de recibo para detectar el material rechazado antes de que llegue a producción, utilizando métodos estadísticos de Seis Sigma.

Puntos a resolver:

- El entrenamiento
- Estandarización de criterios
- No inspección

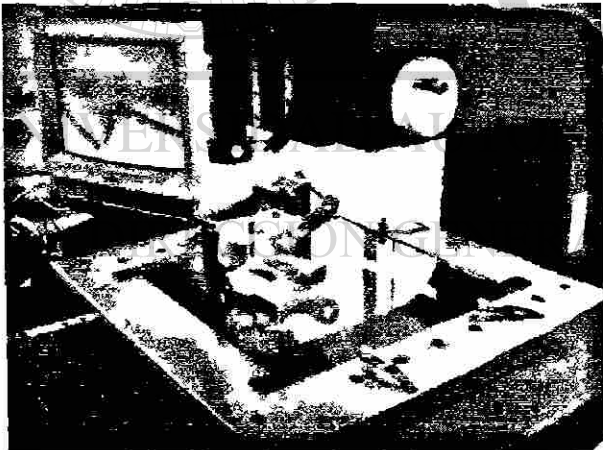
Para cubrir la mayor cantidad de puntos de los problemas se propone un fixture para habilitar el uso de la máquina Quickvision misma ha estado inactiva durante más de un año, ya que no existen programas, ni métodos de uso de dicha máquina, aplicados a la inspección de las piezas que se reciben en el departamento de inspección de recibo, se propone un método el cual:

- Reducirá tiempo en alineación
- Aumentará la confiabilidad de inspección
- Incrementará la cantidad de inspección

Como resultado, el uso de la máquina propuesta (Quickvision) es notablemente mejor opción que el método de inspección tradicional (Microview), en cuanto a tiempo de inspección, sin opción de error por el operario.

## 3.2. Definiciones

- *Inspección* Verificación del material entregado por el proveedor de las características especificadas.
- *Rechazo* No conformidad en la calidad del material recibido
- *Microview* Máquina de medición comparador óptico
- *Quickvision* Máquina de medición por coordenadas – visual
- *SQA* Supplier Quality Assurance (Aseguramiento de Calidad del Proveedor)
- *IR* Reporte de incidencia de recibo de material fuera de especificación, al proveedor
- *Lean (Esbelto)* Es un enfoque sistemático de los procesos de negocio, que trata de organizar el sistema identificando y eliminando desperdicio
- *Poka Yoke* Término japonés que significa a prueba de errores; aparato que previene el mal ensamble de un producto.



**Fig. 8** Máquina de medición *Microview*



**Fig. 9** Máquina de medición *Quickvision*

### 3.3. 1er. Etapa - DEFINIR

Esta etapa de la metodología Seis Sigma es un análisis básico del proceso en el cual se define el problema y cual es la característica crítica de calidad para el cliente (CTQ) (¿qué es crítico para el cliente?)

- **Problema** En el 2002 se encontraron en piso, 617 lotes con material defectuoso, de los cuales se mejorará la confianza de la inspección de este material.
- **Objetivo** Incrementar la eficiencia, reducir el tiempo de inspección e incrementar la capacidad del departamento de inspección de recibo para detectar el material rechazado antes de que llegue a producción.
- **Defecto / Oportunidad** El defecto del proyecto es la confiabilidad de los rechazos a tiempo, y la cantidad de partes no inspeccionadas por falta de recursos y la metodología usada. La oportunidad es mejorar la cantidad de inspección.
- **Calendario del Proyecto** El proyecto se inició el 27 de enero del 2003 y se terminó el 31 de julio del 2003.

---

- **Miembros del equipo**

Chris Evans	Champion
Oscar Garza	Dueño del proceso
Adrián González	Supervisor de inspección
Jorge Meléndez	Asesor financiero
Pedro Maciel	Master black belt
Giovanni Treviño	Black belt

### 3.4. 2da. Etapa - MEDIR

En la etapa de medir se especifica cual es la característica critica de calidad interna (traducir lo que quiere el cliente al lenguaje de la organización) (Y), definir que es defecto para el proyecto y se valida el sistema de medida, **entrada (X) -> proceso -> salida (Y)**

#### 3.4.1. Diagrama de flujo

El diagrama de flujo Fig. 10, muestra las tareas que se realizan en el proceso de "recibir un nuevo lote de material". En este se aprecian, marcadas en color verde las actividades que agregan valor (VA) al proceso como lo son el recibo de material, uso del material y la inspección del mismo, en esta última tarea encerrada en un círculo es mostrada el área en la que se enfoca este proyecto; también en color rojo, aparecen las actividades que no agregan valor (NVA), para este proyecto tenemos todos los pasos de la disposición del material rechazado.

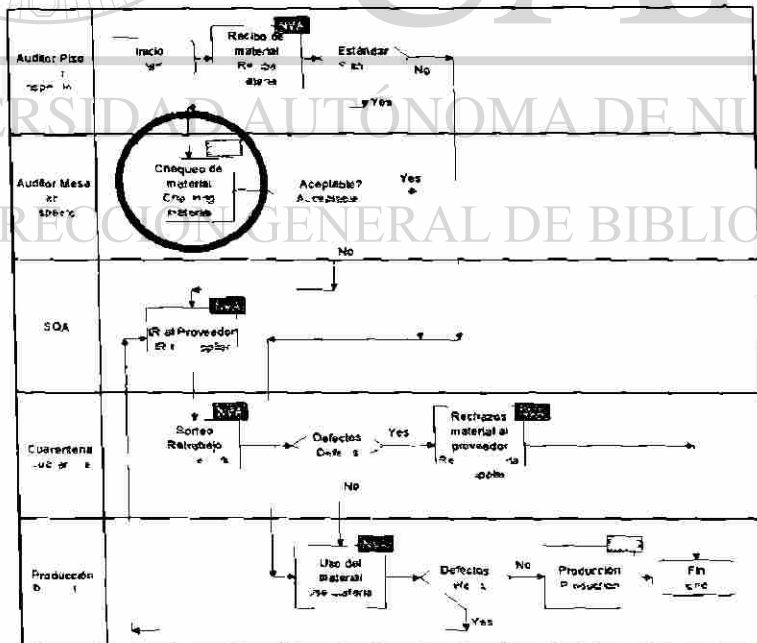


Fig. 10 Diagrama de flujo para el área de inspección de recibo

### 3.4.2. Diagrama causa y efecto

El propósito de este diagrama es presentar un listado de las X's o entradas del proyecto, las cuales después de ser procesadas se convierten en Y's o salidas. Dependiendo de las entradas que tenga el proyecto será el resultado obtenido. La mejora en los resultados, consiste en cambiar algunas X's críticas; estas son posteriormente evaluadas en las siguientes etapas del proyecto.

Del modelo de inspección que se tiene actualmente, el diagrama causa y efecto Fig. 11, muestra detalles elementales como lo es la falta de estándares, causa en forma directa o indirecta de varios problemas del departamento o X's. Estos datos fueron obtenidos de lluvia de ideas en algunas entrevistas al personal del departamento SQA e inspección, para asegurar la veracidad de la información.

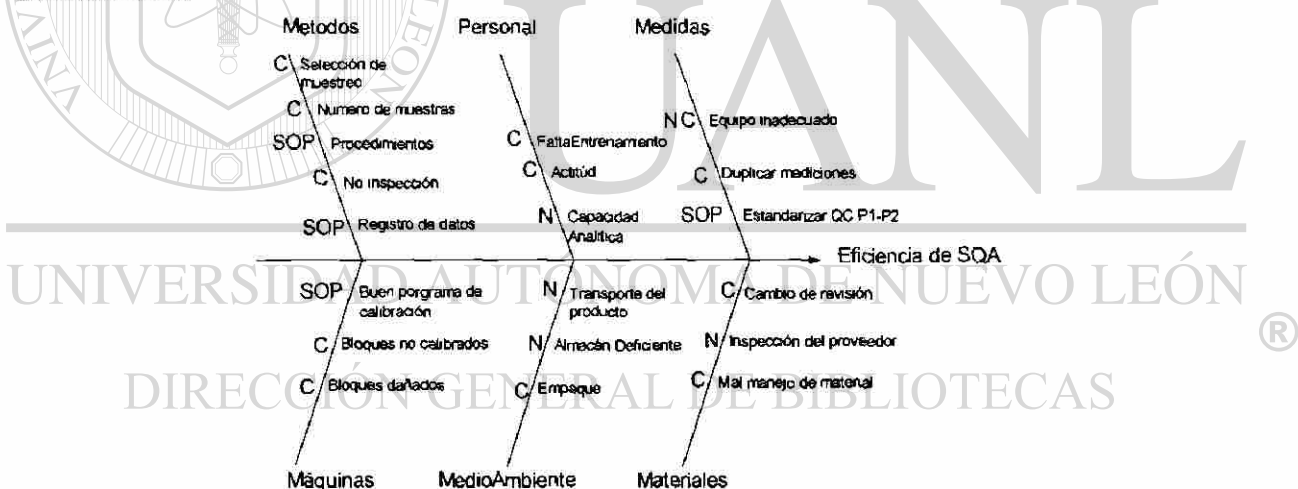


Fig. 11 Diagrama causa y efecto para la eficiencia del departamento SQA

En dicho diagrama se marca también las características de las X's como pueden ser:

- C Controlables
- N Noise (Ruido)
- SOP Standard of Procedures (Estándar de Procedimientos)

### 3.4.3. Matriz XY

En base al diagrama de Causa y efecto, se introducen las X's identificadas en la columna correspondiente del formato de la matriz XY Fig. 12. Luego lo mismo con las Y's que el equipo del proyecto consideró las más importantes, ordenando estas en cuanto a importancia, dependiendo de la prioridad o impacto que tenga cada una, se obtiene alta ponderación en el entrenamiento del personal.

Esta herramienta muestra varias causas posibles. De estas causas nos concentramos en la más grande, encerrada en rojo en la Fig. 13, mediante la evaluación de los auditores de inspección en cuanto a criterios y capacidades al realizar su trabajo, verificando diferentes factores en la siguiente etapa de análisis.

**XY Matrix**

#	Input Variables (X's)	Output Variables (Y's)						Count	Percent	
		1	2	3	4	5	6			
		Confiablez de Inspeccion	Mejorar la productividad	Eliminar actividades sin valor o Eficiencia						
		Output Ranking	10	9	8	7				
			Association Table							
1	Selección de material	10	9	10	10		331	12%		
2	Mal manejo de material	5	9	9	9		257	9%		
3	Meduras no calibradas	9	9	10	10		321	12%		
4	Entrenamiento	10	10	10	10		340	12%		
5	Transporte de material	5	9	9	8		250	9%		
6	Almacen del cliente	9	9	8	7		284	10%		
7	Estandarizar criterios	9	9	10	9		314	11%		
8	Cambios de revision	9	10	10	9		323	12%		
9	No inspeccion	9	9	10	9		314	11%		
10							2734	100%		

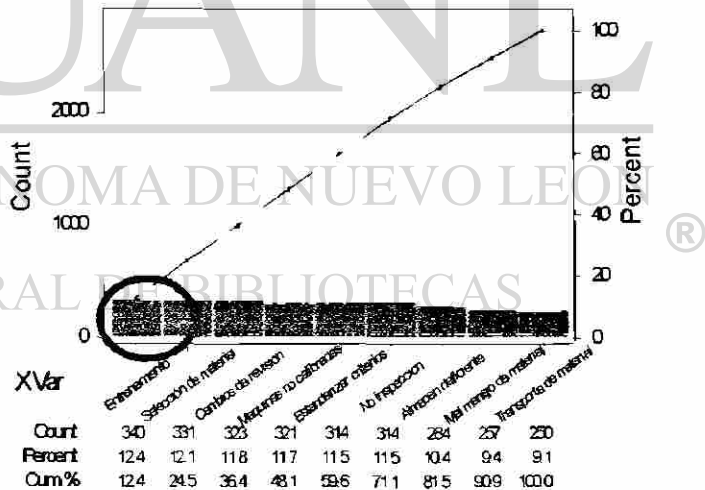


Fig. 12 Matriz XY Obtenida del diagrama causa y efecto

Fig. 13 Pareto de representación gráfica de la matriz X

### 3.5. 3er. Etapa - ANALIZAR

En la etapa de analizar, se mide la capacidad actual; a través de cualquier herramienta estadística que permita detectar la fuente de variación se analizan los datos con detalle, e identifican las variables que causan variación en el proceso (X1, X2,.....,Xn)

#### 3.5.1. Capacidad del proceso

Del estudio de capacidad del proceso, de la cantidad de piezas inspeccionadas por el personal del departamento inspección de recibo Fig. 14, apreciamos el promedio de tiempos de inspección de auditores de inspección, así como las piezas que están después del USL (limite superior) representan un proceso fuera de control.

En la gráfica P de la Fig. 15 indica algunos puntos fuera de control, debido a que es demasiado el tiempo que se toma en examinar las piezas, excediendo los limites establecidos. Posteriormente, de estas piezas se tomó las que llegaban con mayor frecuencia a inspección, para iniciar a trabajar con ellas como primer objetivo Fig. 16.

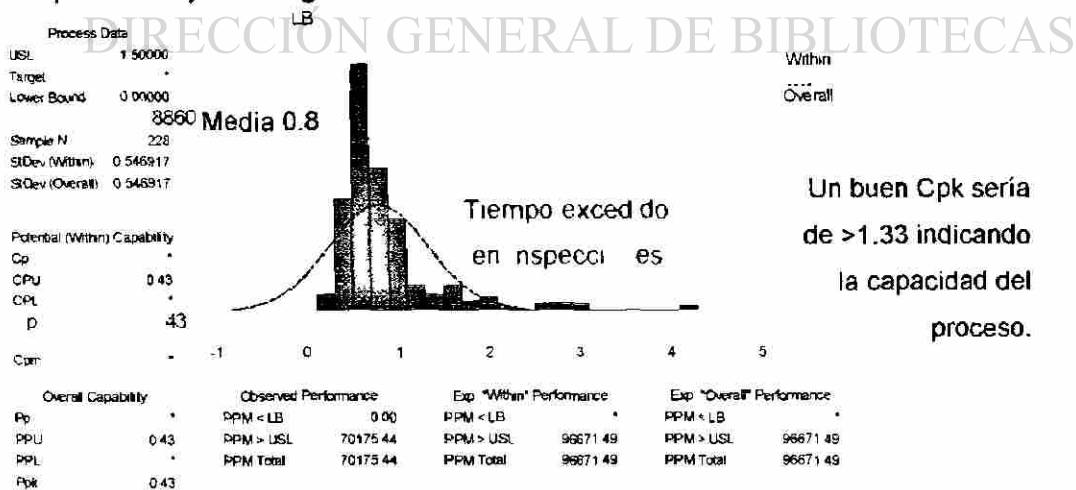
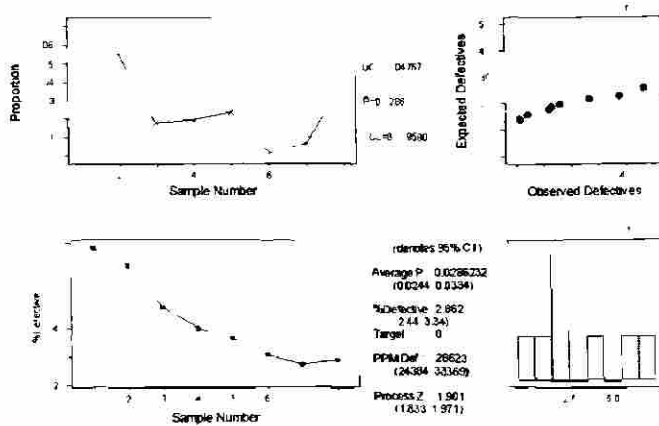


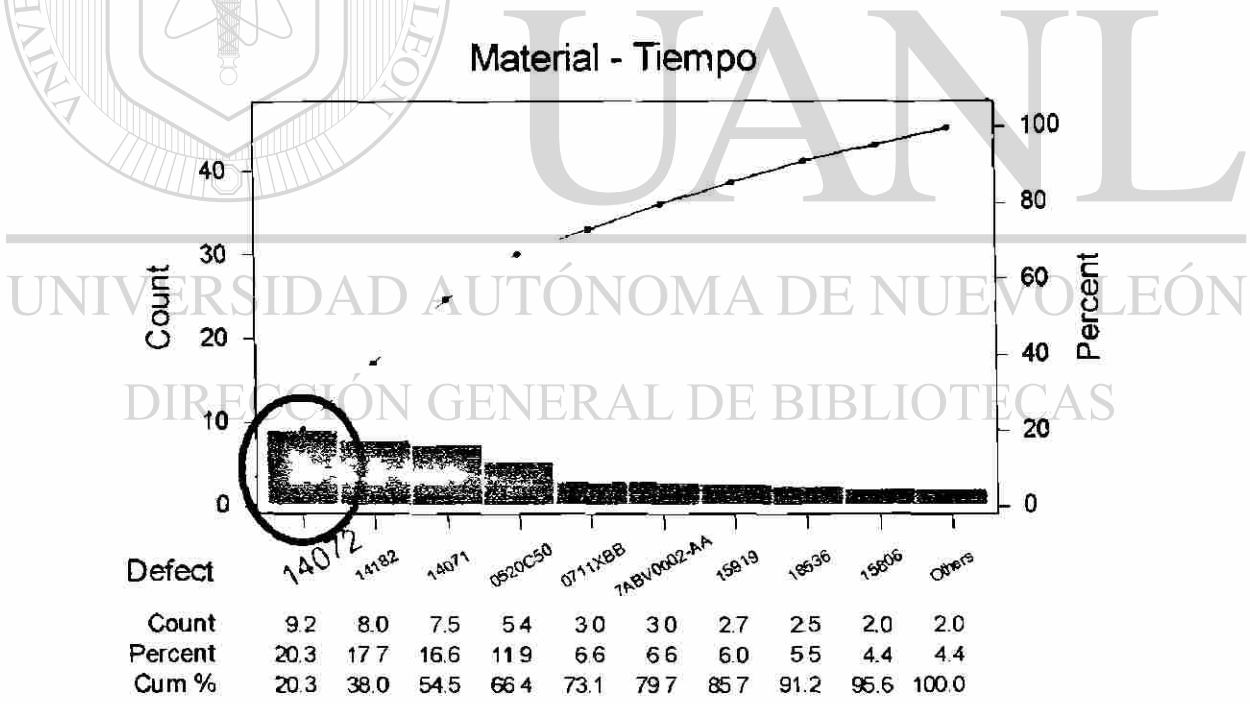
Fig. 14 Histograma de la Capacidad del proceso

- **Binomial Capability TiempoMuerto**
- Test results for P Chart
- TEST 1. One point more than 3.00 sigmas from center line.
- Test Failed at points: **1 2 6 7**
- **TiempoTotal**      **TiempoMuerto**
- 690                      47
- 38
- 12
- 13
- 16
- 1
- 4
- 27

**Binomial Process Capability Report for TiempoMuerto**



**Fig. 15 Reporte de capacidad binomial**



**Fig. 16 Piezas que ocupan mayor tiempo en inspección**



### 3.5.2. Estadística descriptiva

En la gráfica de estadística descriptiva, Fig. 17 se puede ver que el promedio de inspecciones por auditor de inspección, es de 0.8352 hr. por inspección con valores que van desde 0 hr. hasta 6 hr. en algunos casos extremos.

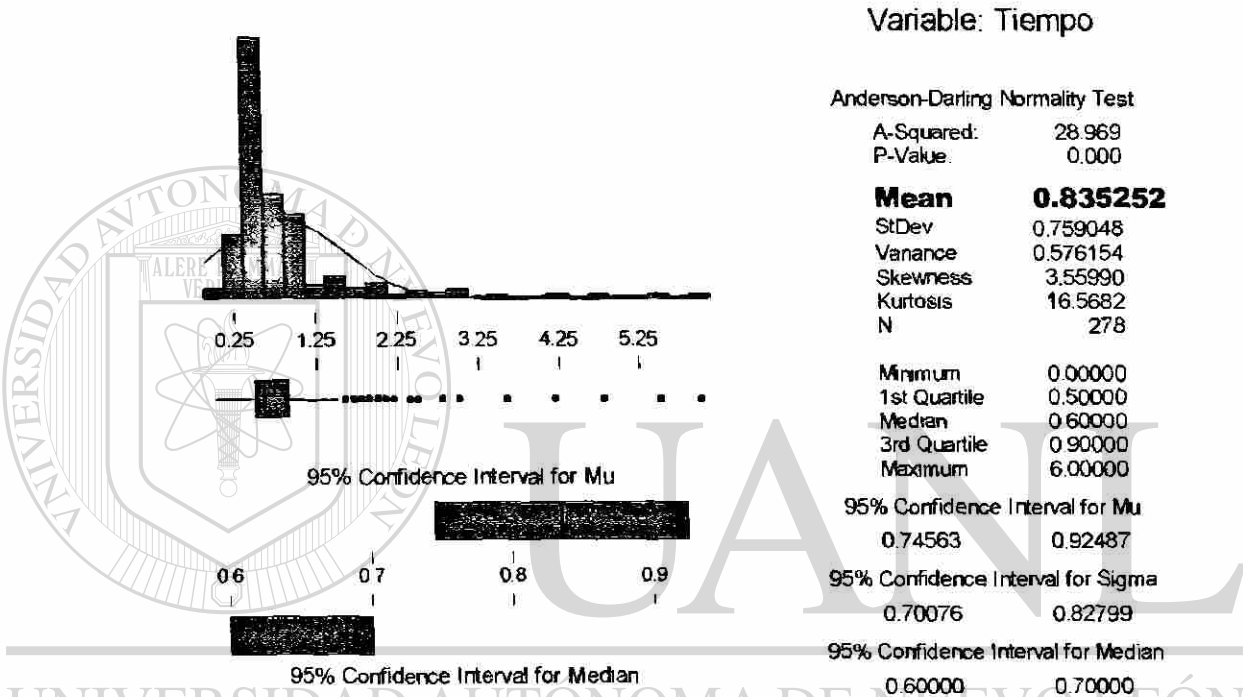


Fig. 17 Estadística descriptiva del proceso de medición

### 3.5.3. ANOVA

En la tabla mostrada en la Fig. 18, se muestran datos obtenidos en el mes de mayo del 2003 de las inspecciones por semana que realizó cada auditor, mismos que son usados para un estudio de variación del promedio de inspecciones de un auditor a otro.

En este estudio se plantea una (Hipótesis nula)  $H_0$  = todas los promedios son iguales, contra una (Hipótesis alternativa)  $H_a$  = al menos uno de los promedios es diferente.

Alicia	Claudia	German	Heriberto	Janeth	Laura	Lizeth	Nelly	Olga	Paty	Rogelio	Rolando	Rosy	Santiago
56	98	67	54	97	82	37	100	91	98	85	0	137	78
42	73	71	77	113	87	13	96	116	110	45	0	135	101
82	100	65	52	127	106	0	91	110	110	72	76	124	73
32	69	63	0	86	49	21	135	46	50	47	53	36	24

Fig. 18 Tiempo de inspección semanal por auditor del mes de mayo del 2003

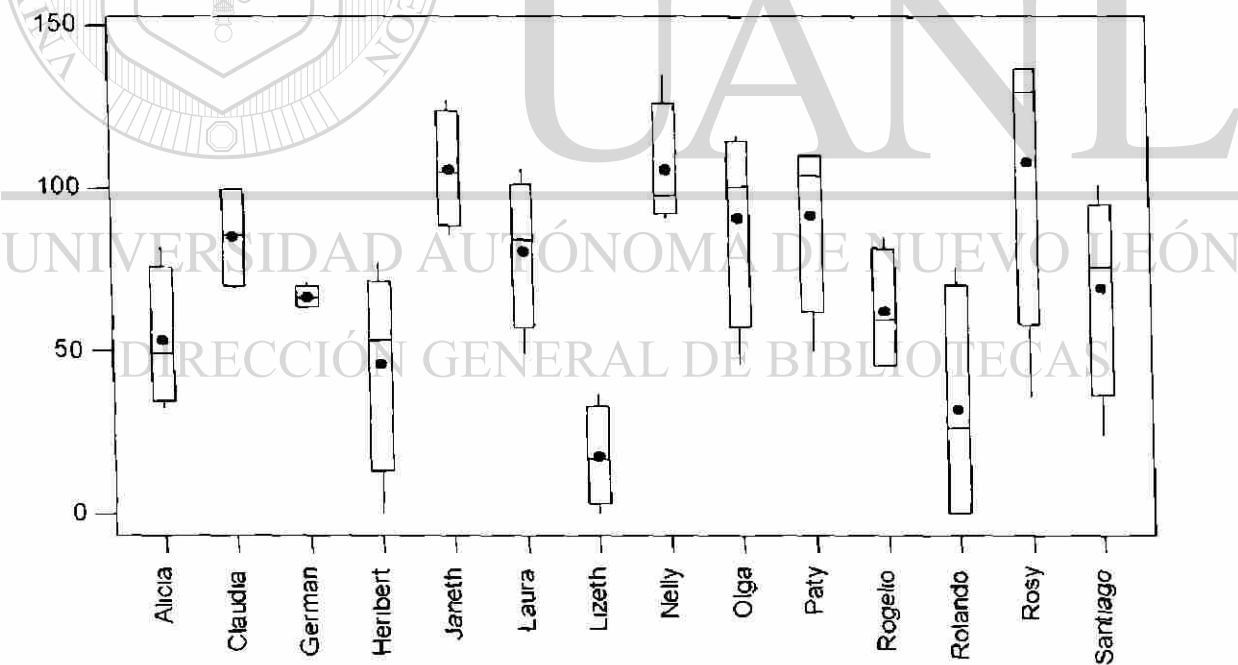
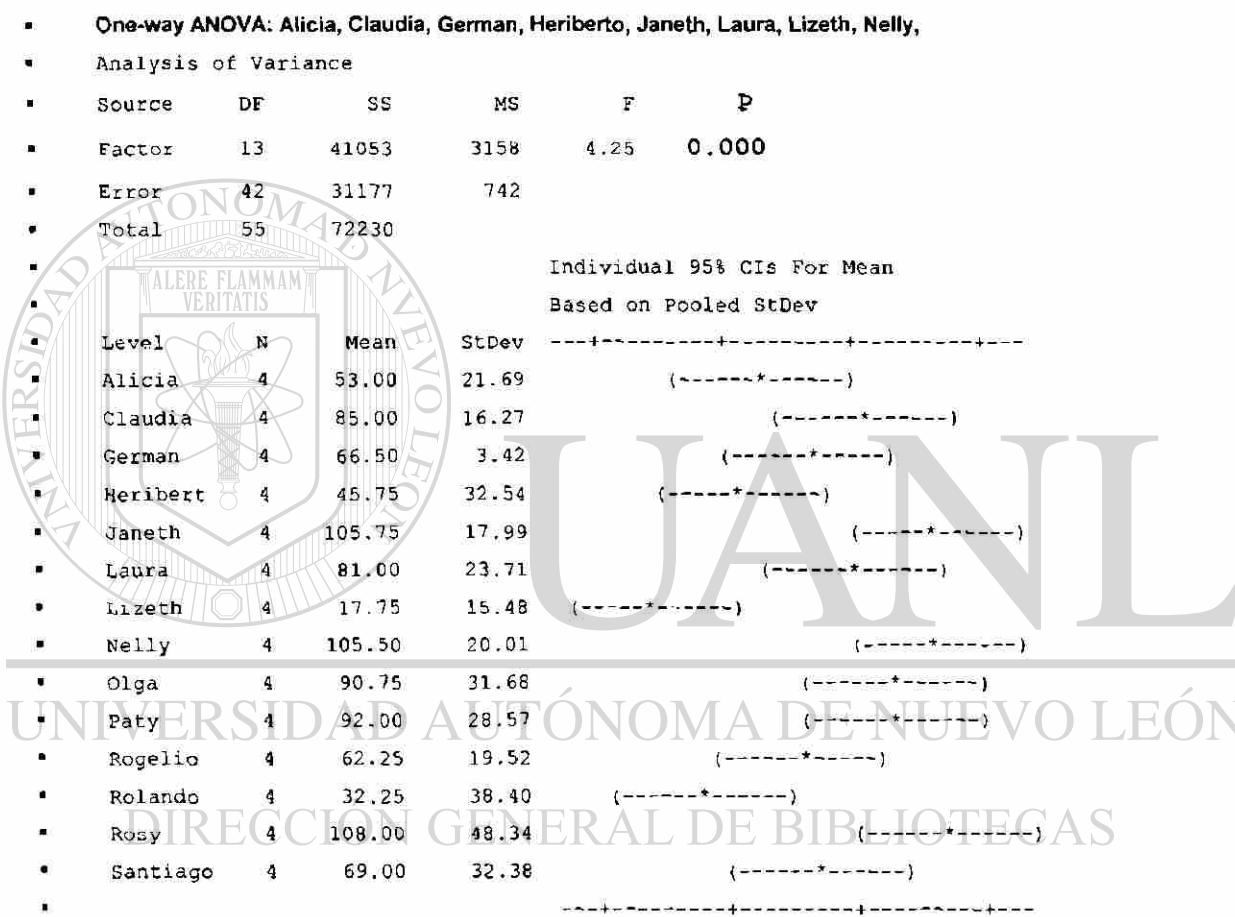


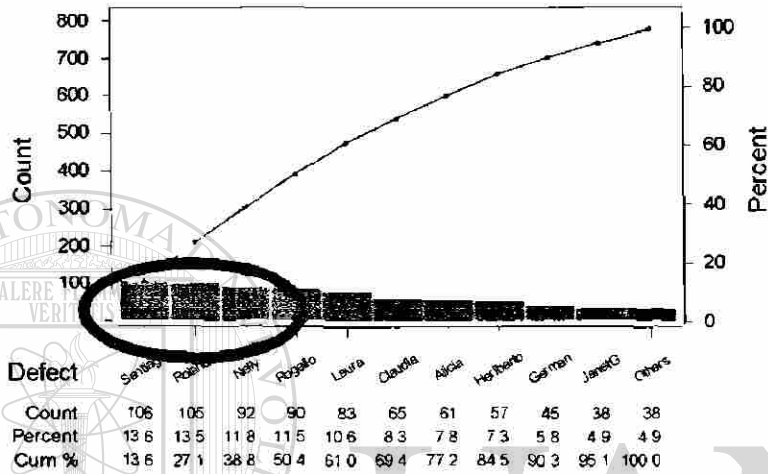
Fig. 19 Gráfica de cajas para el tiempo de inspección semanal por auditor obtenida de la Fig. 18, (las medias están incluidas como un círculo rojo)

En el estudio de ANOVA realizado a cada auditor se encontró que el  $P\text{-Value} < 0.05$ , Fig. 20 indica que los datos son significativamente diferentes por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, en la cual se plantea que los promedios de tiempo de inspección de todos los auditores son iguales, por lo tanto la productividad de cada auditor con respecto a otro, no es una constante, o no hay estándares de inspección.

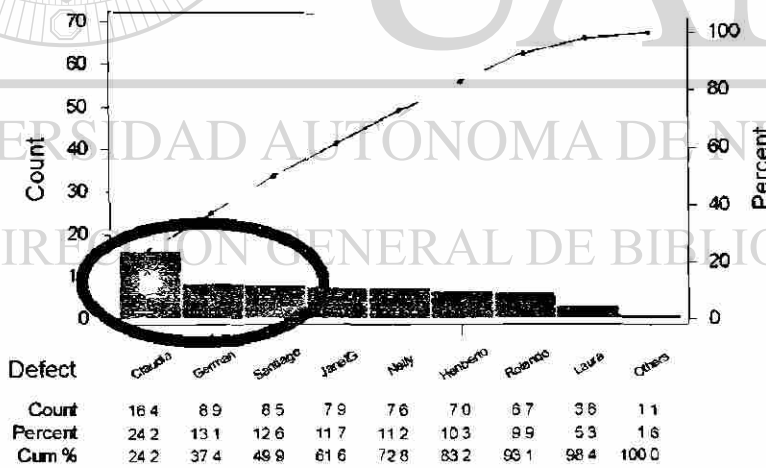


**Fig. 20 Resultado del ANOVA de tiempo de inspección semanal por auditor del mes de mayo del 2003**

Por otra parte, también se encontraron algunas diferencias en la cantidad de inspecciones realizadas por cada auditor Fig. 21. Estas diferencias fueron más notorias en la cantidad de rechazos de material Fig. 22, que hace cada auditor al encontrar algún defecto en una inspección; esto hace suponer que no se tiene el mismo criterio entre auditores.



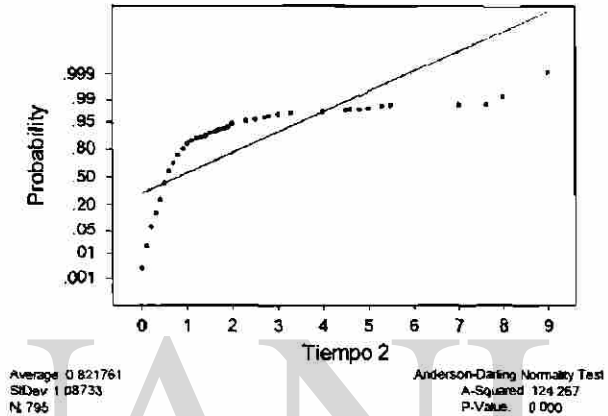
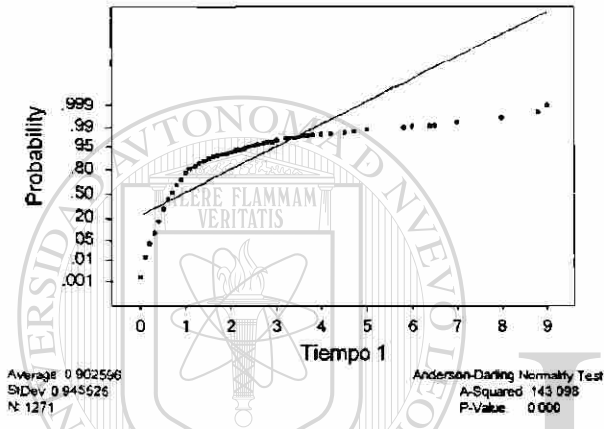
**Fig. 21 Cantidad de inspecciones por auditor**



**Fig. 22 Cantidad de rechazos por auditor**

### 3.5.4. Prueba de Igualdad de Varianzas

Se realizó posteriormente la comparación entre los tiempos de inspección del primer turno contra el segundo turno, para lo cual se utiliza la herramienta de igualdad de varianzas Fig. 25, con sus respectivas pruebas de normalidad Fig. 23 y Fig. 24; debido a que los datos de ambos turnos no son normales se toma el valor de la prueba de Levene.



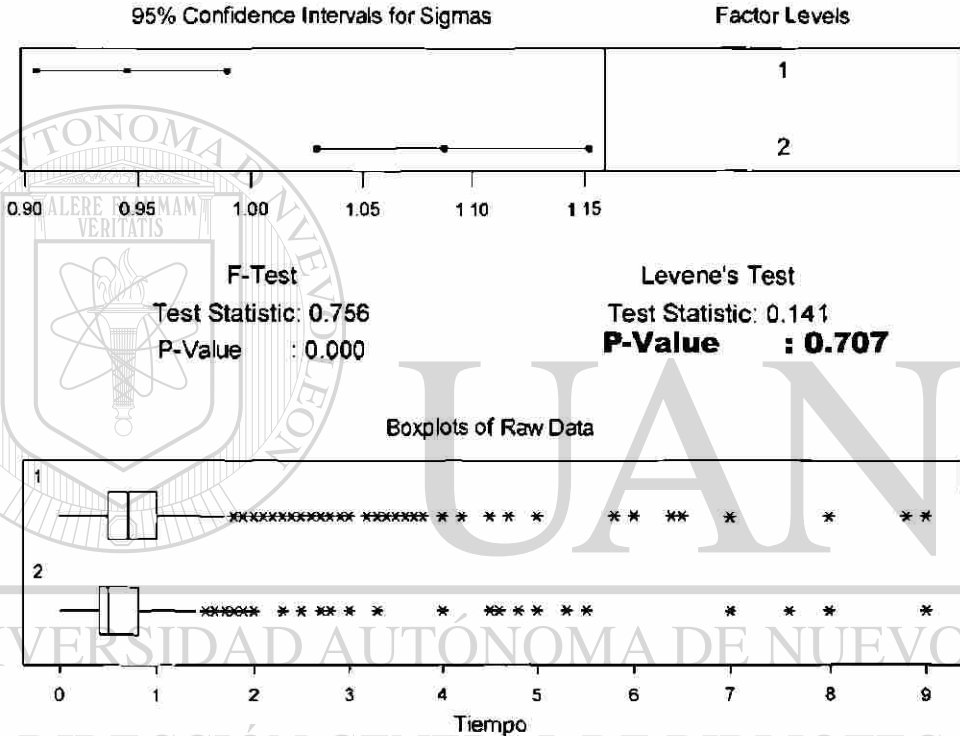
**Fig. 23 Diagrama de dispersión para la prueba de normalidad para el tiempo de las inspecciones del turno 1**

**Fig. 24 Diagrama de dispersión para la prueba de normalidad para el tiempo de las inspecciones del turno 2**

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

El P-Value = 0.707 Fig. 25, indica que no hay suficiente evidencia para rechazar que las poblaciones tienen variaciones diferentes en el proceso de inspección de material, dicho de otra manera el proceso está controlado de igual forma en ambos turnos, aunque por el hecho de que se trabaje una hora más en el primer turno haya un poco más de producción en este.

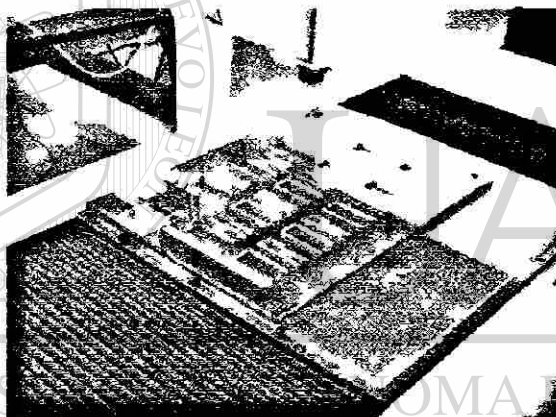
### Test for Equal Variances for Tiempo



**Fig. 25** Representación gráfica de la prueba de igualdad de varianzas entre los tiempos de inspección del turno 1 y el turno 2

Para cubrir la mayor cantidad de puntos de las problemas del anterior diagrama de causa y efecto se propone un fixture Fig. 27 para habilitar el uso en serie de la máquina Quickvision en lugar de la máquina Microview, usada hasta ahora. Esta máquina no ha tenido uso en un año que ha permanecido en el departamento de inspección; lo anterior debido a que no existen programas, ni métodos de uso de la misma, aplicados a la inspección de las piezas que se reciben en el departamento de inspección de recibo. El uso de esta máquina propone:

- El reducir tiempo en alineación
- El aumentar la confiabilidad de inspección
- El incrementar la cantidad de inspección

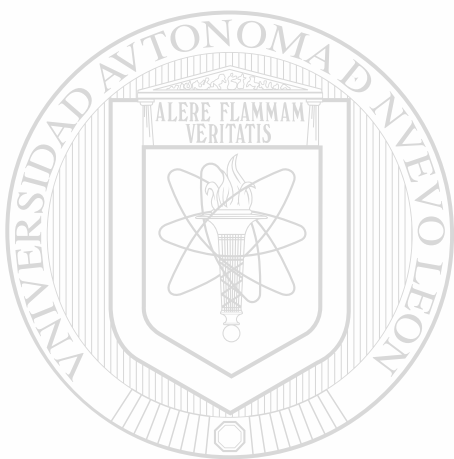


*Fig. 28 Fixture de apoyo para la medición en serie en máquina Quickvision*

### **3.6.1. Sistema de automatización de medición Quickvision**

- Este sistema trabaja a base de una luz que es proyectada desde el fondo de una pantalla de cristal
- Sobre esta pantalla se coloca la pieza a medir
- Esta pieza corta la luz proyectada quedando el contorno de la pieza a escala real

- Este contorno se proyecta en una pantalla del software que controla la máquina
- En el cambio de luz a sombra de la imagen en pantalla se coloca un marcador en cada uno de los límites de la distancia a medir, dando el resultado de esta misma distancia, con una tolerancia de  $\pm 0.002$  mm
- Este proceso se automatiza en cada una de las distancias a medir
- Mediante el fixture, se puede medir en un solo programa de 10 min. de proceso, hasta 15 piezas con todas sus respectivas dimensiones Fig. 28.



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



### 3.6.2. Diseño de experimentos

Un diseño de experimentos es (DOE), es un estructurado y organizado método para determinar la relación entre factores (X's) que afectan a un proceso y dan como resultado de proceso una salida (Y), permitiendo identificar entre todos los factores (X's) el factor que tiene más influencia para obtener el resultado (Y). Se realizó un diseño de experimentos que permita medir y comprobar el beneficio del proceso nuevo contra el proceso anterior. Se plantea el siguiente diseño de experimentos:

#### 2 factores para reducir el tiempo de inspección

Factor Bajo	Factor Alto	Tiempo de inspección
Máquina Microview	Quickvision	¿?
Operador Operador2 (Experiencia en el área)	Operador1 (No experiencia en el área)	¿?

General Linear Model: Tiempo versus Operador, Máquina

Factor	Type	Levels	Values
Operador	fixed	2	Operador2 Operador1
Máquina	fixed	2	Microview Quickvision

Analysis of Variance for Tiempo, using Adjusted SS for Tests

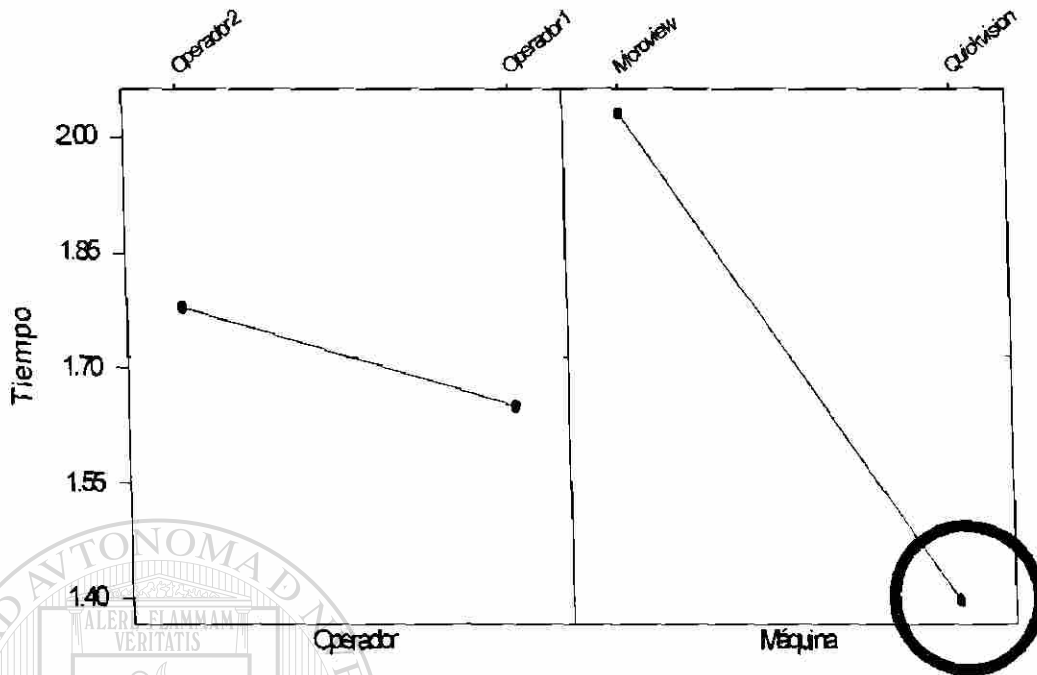
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Operador	1	0.05070	0.05070	0.05070	1.73	0.225
Máquina	1	1.21603	1.21603	1.21603	41.41	0.000
Operador*Máquina	1	0.05603	0.05603	0.05603	1.91	0.205
Error	8	0.23493	0.23493	0.02937		
Total	11	1.55770				

Unusual Observations for Tiempo

Obs	Tiempo	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
12	1.55000	1.90000	0.09894	-0.35000	-2.50R

**Fig. 29 Factores de influencia de mayor importancia en el Diseño de Experimentos Máquina - Operador = Tiempo de inspección**

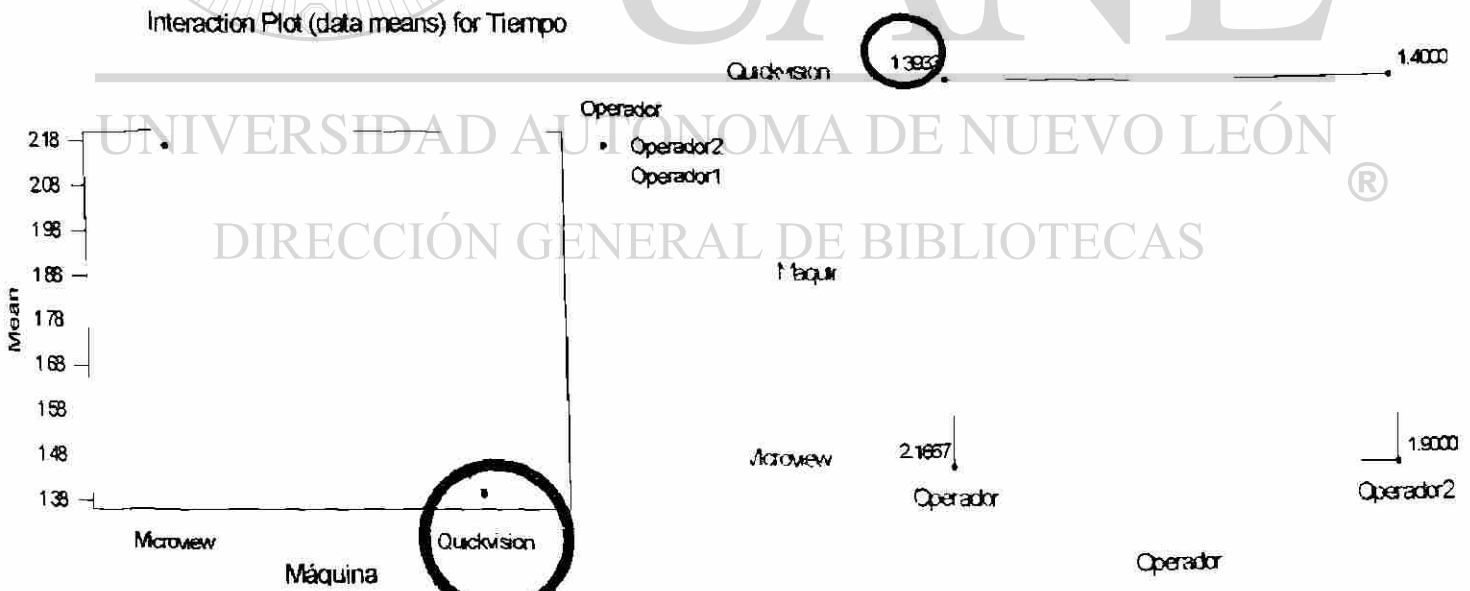
En las siguientes gráficas de interacción y de cubo, Fig. 30 y 31, el menor tiempo promedio de inspección (que es el objetivo deseado) se registra encerrado en color rojo en la combinación de Microview – Operador1.



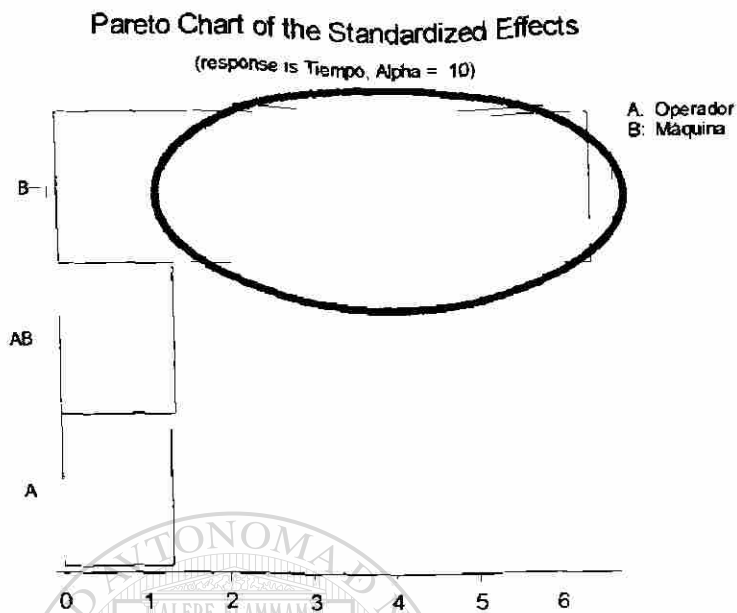
**Fig. 30 Diagrama de Interacción del diseño de experimentos con los factores Tiempo y Operador – Tiempo y Máquina**

Interaction Plot (data means) for Tiempo

Cube Plot (datameans) for Tiempo



**Fig. 31 Diagrama de interacción y Fig. 32 Diagrama de cubo de los factores Tiempo, Operador y Máquina**



Podemos ver en la Fig. 33, que el factor de la máquina (factor B) es el más fundamental en el DOE, o es causante de el mayor efecto del resultado del tiempo, omitiendo al operador y la combinación de ambos (factores A y AB).

**Fig. 33 Pareto de influencia de los factores en el diseño de experimentos**

Como resultado del experimento el uso de la máquina Quickvision es notablemente mejor opción que el Microview en tiempo de inspección, sin opción de error por el operario, así como la combinación de Máquina – Operario no es un factor de poco peso para el resultado de este experimento.

### 3.6.3. Gage R&R

En la Fig. 34 se muestra en el estudio del gage R&R la medición en dos ocasiones de misma una pieza con once dimensiones, hecha por dos operadores, la variación esta controlada (en el Rchart) el rango es bastante pequeño, dentro de la tolerancia que debe tener de 0.1mm.

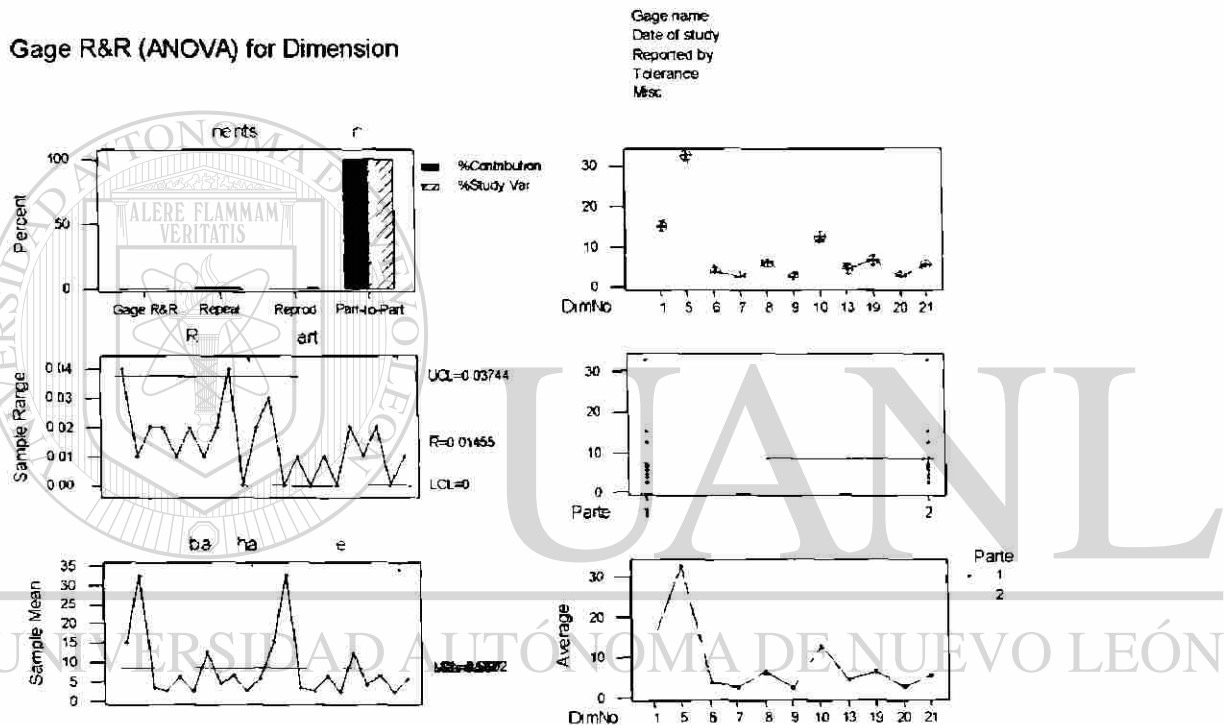


Fig. 34 Gage R&R

### 3.7. 5ta. Etapa - CONTROLAR

En la etapa de controlar, se establecen controles estadísticos que permitan garantizar la mejora a largo plazo, comprobar el sistema de medida, las causas de variación, medir el beneficio comparando el antes y después de la mejora, se deben también incluir planes de control, que aseguren a estas mejoras mantenerse en el tiempo limite especificado.

- La capacitación del método propuesto.
- La documentación correspondiente para toda persona que desee hacer el proceso, sin conocimiento previo (con su actualización correspondiente).
- Un plan de respuesta en caso de una falla del proceso.

Para cumplir con los anteriores objetivos se presentan a continuación las herramientas de:

- Gráficos de control
- Plan de recursos Humanos
- Lean Manufacturing
- Control de documentación



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### 3.7.1. Gráfica de control

El proceso muestra una mejora en tiempo y variación mostrada en el siguiente gráfico de control Fig. 35, con el uso de la máquina Quickvision, este proceso se mantiene realizando medición y evaluación del mismo una vez cada tres meses y se incluye en el sistema del departamento de calibración de la planta.

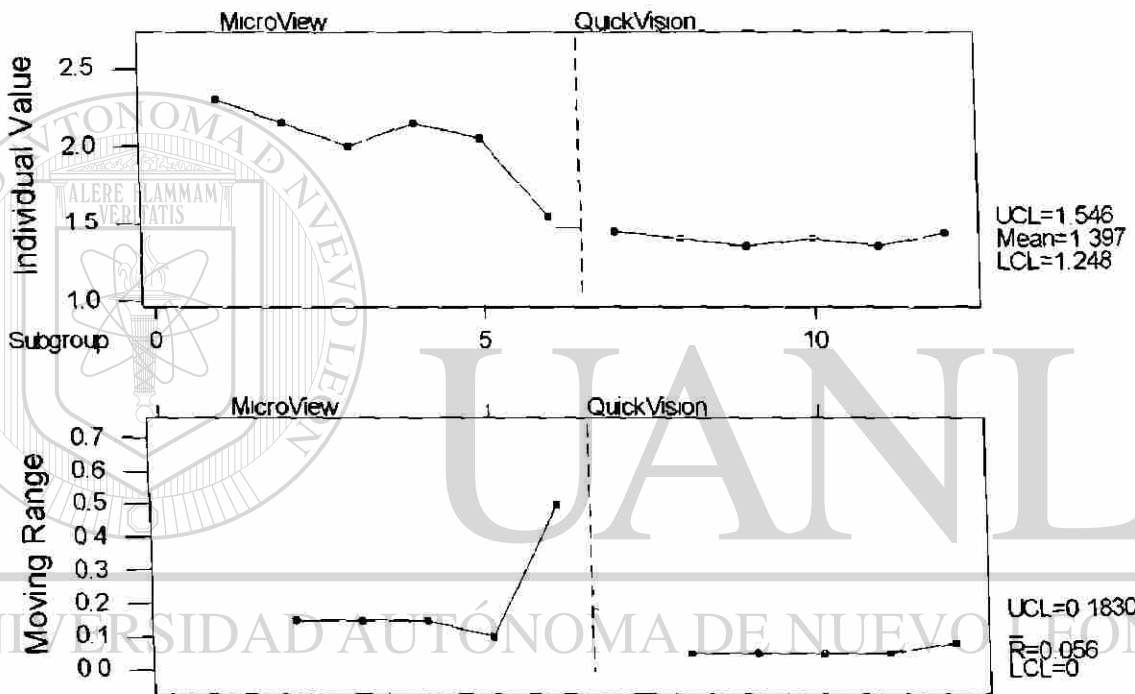


Fig. 35 Comparación en Gráfico MR del tiempo por máquina Microview vs. Quickvision

### 3.7.2. Plan de Recursos Humanos

Plan de Recursos Humanos, esta dirigido a las personas impactadas por las mejoras (quienes participan en el proceso). Se debe listar las personas (usuarios) que requieren capacitación inmediata para el proceso, y que tipo de capacitación, y también quienes requieran una capacitación continua así como quien la impartirá. En la Fig. 36 se muestra la forma.

**PLAN DE CONTROL / RUTA**

Página

<input type="checkbox"/> PROTOTIPO			<input type="checkbox"/> PRELANS			<input checked="" type="checkbox"/> PRODUCCIÓN												
NOMBRE / DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA Cassette CS						Contacto clave/Teléfono			NUMERO DE PIEZA DEL CLIENTE 14071C		Fecha (orig)		Fecha (rev) 08/15/03					
EQUIPO PRINCIPAL QuickVision						LEYENDA DE FAB Y REP DE DISP			Aprobación de calidad del cliente/fecha (si es necesaria)									
NUMERO DE PLAN DE CONTROL						LEYENDA DE LA CLASE DE CARACTERÍSTICA R = MENOR M = MAYOR C = CRITICA CLAVE = SIGNIFICATIVA						No. de programa de herramta. pedido de talla		No. versión.				
No. de pieza/proceso	Nombre proceso	Muestra disp. para el herr. parámetro.	Características			MÉTODO												
			NO	PRODUCTO	PROCESO	CARACTER ESPECIALES	Espec/ Tolerancia del producto	Espec/ Tolerancia del proceso	Técnica de evaluación/ medición	NO DISP MEDIDA	FIAB Y REP DISP MEDIDA PARA TOL.	CP	CPK	Muestra		Método de control	Plan de reacción	
			DOC			CLASE	RPM								Tamaño	Frec.		
1	Inspección	Fixture		Buckle Frame	Coloca/Frame a la altura de la máquina, colocar la fixture en la máquina e inspeccionar	M	70	que se encuentre bien remachado al chasis, no debe moverse de a simple	Verificar que se encuentre bien acomodado al andaj antes de colocarlo y remacharlo en la maquina	Con el reporte					5 piezas	En cada lote	100 % Visual Instrucciones de trabajo	Informar a Supervisor Inspección de recibo

Fig. 36 Plan de control y seguimiento del proyecto

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



### 3.7.3. Lean manufacturing

Se apoya el uso del fixture con ayudas visuales, Fig. 37 para su correcta colocación, además de ser este mismo fixture un Poka Yoke, Fig. 38 que mantiene las piezas en posición evitando que se muevan y que tengan variación de medición.

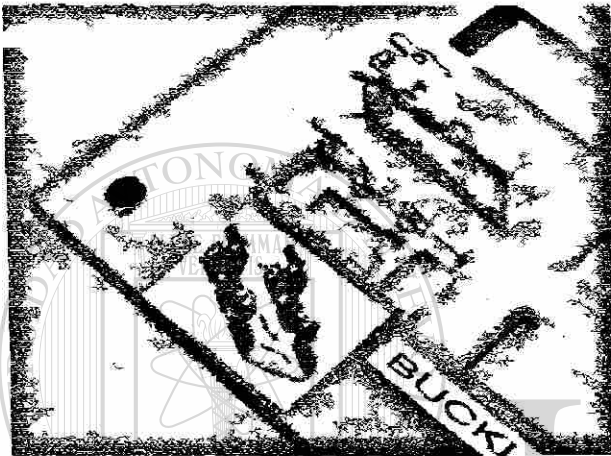


Fig. 37 Ayudas visuales

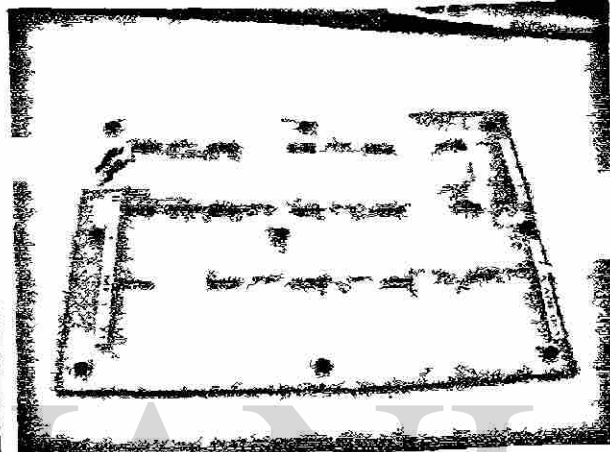


Fig. 38 Fixture - Poka Yoke

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN<sup>®</sup>  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



### 3.7.4. Control de documentación

También se presentó la documentación correspondiente al uso y calibración del fixture, de acuerdo con el sistema ISO-TS, en el formato de la Fig. 39.

**I.- OBJETIVO:**  
Uso adecuado de la máquina Quick Vision

**II.- ALCANCE:**  
Quickvision

**III.- RESPONSABILIDADES:**  
Checar la tarjeta de calibración este vigente y correr el programa de medición

**IV.- EQUIPO Y HERRAMIENTAS:**  
Quick Vision  
Muestra a inspeccionar  
Fixture

**V.- INFORMACIÓN QUE CONTIENE:**

1. Inspeccion de muestra
2. Método:
  - 2.1.1. Encienda la computadora y la máquina y corra el software de la misma
  - 2.1.2. Abra el programa de la pieza correspondiente a medir
  - 2.1.3. Levante sin colocar el fixture en la máquina para asegurar el que no colisione
  - 2.1.4. Coloque la pieza a inspeccionar en el fixture correspondiente cuidando de que este bien ajustado
  - 2.1.5. Al detenerse el programa, si la pieza ajustó en la máquina sin hacer contacto
  - 2.1.6. Coloque el fixture en la base de la máquina
  - 2.1.7. Vuelva a correr el programa
  - 2.1.8. Pase las dimensiones ingresadas a la hoja de datos

Fig. 39 Instrucción de trabajo para el uso la máquina Quickvision según la norma de calidad ISO-TS

## 4. Conclusiones

Como conclusión tenemos que la metodología del Seis Sigma, nos proporciona una herramienta de mejora continua eficaz, a través de estadística aplicada, que apoya la satisfacción del cliente, y optimización de recursos.

- En el caso práctico se llegó a la conclusión de la reducción del indicador tiempo de inspección de un promedio de 2:00 hrs. a 1:23 hrs. Mostrado en la Fig. 35 Comparación en Gráfico MR del tiempo por máquina Microview vs. Quickvision.
- Sin embargo esta solución fue obtenida a través de una investigación e identificación del principal problema (desperdicio de recursos debido a no estandarización).
- Herramientas para ver que datos están fuera de control (o donde nos debemos enfocar) como la Fig. 14 Histograma de la Capacidad del proceso, los paretos de la Fig. 20 Cantidad de inspecciones por auditor, que indican el factor que influye en mayor proporción en un indicador, o la comparación de resultados obtenidos como la anova Fig. 19 Gráfica de cajas para el tiempo de inspección semanal por auditor, nos llevan a esta identificación de la causa principal del problema.
- Posteriormente el Diseño de experimentos (DOE) Fig. 30 Diagrama de interacción del diseño de experimentos con los factores Tiempo y Operador – Tiempo y Máquina, confirma un beneficio al pronosticar la mejora aún antes de tener datos fidedignos del proceso en función; para finalmente medir la mejora y seguir controlando esta con las Gráficas de control, Planes de capacitación, Lean manufacturing Fig. 37 Fig. 39

Instrucción de trabajo para el uso la máquina Quickvision según la norma de calidad ISO-TS.

- Se demuestra que la metodología Seis Sigma puede ser usada para identificar y mejorar un proceso.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## Bibliografía

1. Investigación a tu alcance 2  
Universidad Iberoamericana  
Jaime Maravilla Correa

2. SSQ Spanish Black Belt  
Six Sigma Qualtec

3. Six Sigma Pocket Guide  
Rath & Strong  
Management Consulting

4. Elementary Statistics Eight edition  
Mario F. Triola

---

Addison Wesley Longman Pearson Education

5. <http://www.seis-sigma.com>

