



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE MEJORA
A UN SISTEMA DE CALIDAD
A TRAVÉS DE SIX SIGMA. CASO DE ESTUDIO: PLANTA PRET.**

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A:

SERGIO IGNACIO DURÁN PÉREZ

DIRECTOR DE TESIS:

M. I. SERGIO MACUIL ROBLES



2014



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Señor
SERGIO IGNACIO DURÁN PÉREZ
Presente

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA
COMITÉ DE TITULACIÓN
FING/DICyG/SEAC/UTIT/78/2013

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. SERGIO MACUIL ROBLES que aprobó este Comité, para que lo desarrolle usted conforme a la opción I. "Titulación mediante tesis o tesina y examen profesional", para obtener su título en INGENIERIA CIVIL

**"PROPUESTA DE MEJORA A UN SISTEMA DE CALIDAD A TRAVÉS DE SIX SIGMA.
CASO DE ESTUDIO: PLANTA PRET."**

INTRODUCCIÓN

I. ANTECEDENTES

II. ELEMENTOS PREFABRICADOS

III. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA DE CALIDAD UTILIZADO EN LA PLANTA PRET

IV. PROPUESTAS DE MEJORA AL SISTEMA DE CALIDAD DE PRET A TRAVÉS DE SIX SIGMA

V. CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 17 de Enero de 2014
EL PRESIDENTE DEL COMITÉ

M. EN I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ
JLTS/MTH

Gracias a...

Dios, por darme la vida una vez más y ser mejor de lo que fui ayer.

Mis padres, son un gran ejemplo de tenacidad y valor.

Mi hermano, por ser mi guía, maestro, consejero y un gran amigo.

Mis hermanas, a pesar de las diferencias me apoyaron incondicionalmente.

Mi familia, que nunca se detiene ni se rinde, a pesar de la adversidad.

El Universo, por darme la fuerza para alcanzar la perfección.

Y gracias a ti, por romper los paradigmas.

ÍNDICE

	PÁGINA
INTRODUCCIÓN	5
HIPÓTESIS	6
OBJETIVOS: GENERAL Y ESPECÍFICOS	6
CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES	
1.1. ¿Qué es un sistema de calidad?	7
1.2. Parámetros de un sistema de calidad.	8
1.3. ¿Qué es Six Sigma?	9
1.4. Ventajas y desventajas en la aplicación de Six Sigma.	14
1.5. Casos de éxito de la aplicación Six Sigma.	15
CAPÍTULO 2. ELEMENTOS PREFABRICADOS	
2.1. ¿Qué es un prefabricado?	20
2.1.1. Principales características.	20
2.2. Tipos de prefabricados.	20
2.3. Ventajas y desventajas del uso de elementos prefabricados.	21
2.4. Tendencias de los prefabricados.	22
CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA DE CALIDAD UTILIZADO EN LA PLANTA PRET	
3.1. Situación actual	25
3.2. Objetivos y cultura.	27
3.3. Análisis de resultados.	28
CAPÍTULO 4. PROPUESTA DE MEJORA AL SISTEMA DE CALIDAD DE PRET A TRAVÉS DE SIX SIGMA	
4.1. Propuesta de calidad.	42

CONCLUSIONES	44
GLOSARIO DE TÉRMINOS	45
BIBLIOGRAFÍA	46
PÁGINAS WEB CONSULTADAS	47
ANEXOS	48
NOTAS	50

INTRODUCCIÓN

La información que existe sobre los orígenes de la filosofía Six Sigma es muy poca y se remonta a 1985, cuando Bill Smith, un ingeniero de medio nivel de Motorola, presentó una investigación en la que concluía que si un producto defectuoso era corregido durante el proceso de producción, otros productos defectuosos no serían detectados hasta que el cliente final los recibiera. Mientras que, por otro lado, si un producto era elaborado libre de errores, el producto rara vez le fallaría al cliente, a pesar de esto fue General Electric quien popularizó esta herramienta.

Teniendo el fin en mente, Motorola se dio cuenta que las empresas de clase mundial no retrabajan sus productos defectuosos y que se encontraba perdiendo mercado, por lo tanto se pidió a Smith que desarrollara una manera práctica de aplicar la teoría de Six Sigma a todas las operaciones de Motorola.

Convencido del trabajo que había desarrollado Bill Smith, el Dr. Mikel Harry, creó una estrategia para implementar Six Sigma en las organizaciones.

Esta iniciativa se convirtió en el punto focal del esfuerzo para mejorar la calidad en Motorola, captando la atención del entonces CEO¹ de Motorola: Bob Galvin.

Con el apoyo de Galvin, se hizo énfasis no solo 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.

Asimismo con apoyo financiero y la participación de compañías como IBM, Texas Instrument, Defense Group, Digital Electronics, Asea Brown Boveri y Kodak, Six Sigma Research Institute a cargo de Mikel Harry, se comenzó a implantar Six Sigma.

Después de 10 años de trabajo, implementando y mejorando la estrategia de Six Sigma, se creó la Six Sigma Academy's Navigator System, la cual tiene como objetivo:

- Facilitar el cambio de cultura para que la metodología sea utilizada en todas las organizaciones.
- Aumentar los niveles de calidad en las organizaciones.
- Crear una infraestructura adecuada para iniciar, dirigir y soportar los principios de Six Sigma.

Hoy en día, Six Sigma está considerada como una herramienta de gestión muy aceptada en países como Reino Unido, Francia y España, al haber demostrado su validez y su potencial en sectores como servicios financieros, alta tecnología, manufactura, químico, aeronáutico, tecnologías de la información, software, banca, administraciones públicas y otras con independencia del tamaño y del volumen de la organización.

HIPÓTESIS

Al utilizar Six Sigma en prefabricados, se logrará medir la variabilidad y la capacidad de proceso para las columnas oblongas, con el fin de obtener un panorama actual de la planta de Prefabricados y Transportes, S.A. de C.V. (PRET).

OBJETIVOS: GENERAL Y ESPECÍFICOS

Objetivo General

Desarrollar una propuesta de aplicación con la metodología Six Sigma en PRET.

Objetivos Específicos

- Elaborar un diagnóstico de la situación actual de la empresa en estudio.
- Elaborar una propuesta de mejora en la empresa en estudio para la aplicación de Six Sigma, como un instrumento de mejora continua basada en los resultados de la investigación.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1. ¿Qué es un sistema de calidad?

La palabra *calidad* expresa en general una idea que, aplicada a un material, una obra o a un servicio, se refiere al conjunto de cualidades que lo caracterizan y que lo hacen más o menos aceptable para el usuario.

A lo largo del tiempo, el concepto de calidad ha evolucionado a través de unas circunstancias marcadas por el creciente desarrollo industrial. Si en el pasado la idea prioritaria del empresario fue el aumentar la productividad, con el tiempo el producir con calidad ha pasado a ser el objetivo principal. La mejora de los sistemas de producción comienza con F. Taylor, iniciador de los métodos científicos de gestión, quien en 1878 realiza las primeras medidas de tiempos e implanta un sistema de incentivos en un proceso productivo.

Con estas mejoras surge pronto la idea de controlar también la calidad del producto y en 1930 el grupo de investigación dirigido por W. A. Shewhart propugna que en la producción industrial no es necesario suprimir la variabilidad del producto fabricado, sino analizarla y evaluar si la variación registrada es admisible. Se inicia así el control estadístico de la calidad.

En un nuevo avance, para garantizar la calidad del producto se controla el proceso productivo con los elementos que intervienen en él, llegando al aseguramiento de la calidad a través de una mayor participación de la empresa y una mejora del sistema de gestión.

A partir de los años cincuenta, en diversos países, la administración de las empresas asume la responsabilidad de implantar la calidad en la industria y establece normas con mayor participación. Este impulso difunde la idea de una calidad gestionada por la empresa, con la máxima responsabilidad de la alta dirección. Las normas para la implantación de un proceso de mejora continua establecen las bases para alcanzar lo que hoy se denomina *calidad total*. Joseph Juran, Philip B. Crosby y Edward Deming son, entre otros, autores representativos de esta última etapa.

En la evolución de la calidad se pueden apreciar tres etapas significativas: (1) control y mejora de la productividad, (2) control estadístico de la calidad, en sus fases de control de producto (control de calidad) y control de proceso, (3) *gestión de la calidad*.

En cada etapa de esta evolución, el desarrollo y las necesidades del sector industrial se han reflejado en una normativa cada vez más rigurosa. En la etapa actual, los requerimientos de calidad no solo obligan a que el producto, obra o servicio realizado, cumpla unas ciertas condiciones, sino a implantar la calidad en

toda la organización, dentro de un sistema de gestión que la considere como un objetivo de la planificación empresarial.

Conviene recordar que las funciones de gestión son desempeñadas por la dirección, por mandos intermedios y por mandos operativos, de igual modo que la implantación de la calidad ha de adoptar un sistema de gestión extendido a todos los niveles de la estructura empresarial. Este sistema de gestión es lo que se denomina *sistema de calidad*.

La Norma UNE 66901ⁱⁱ define un sistema de calidad como la organización, los procedimientos, los procesos y los recursos necesarios para llevar a cabo la gestión de la calidad.

La necesidad de implantar un sistema de calidad se debe a diversas razones: exigencias del cliente y del sector industrial, obligación de cumplir normas y conformidades. Los costos que se denominan de “no calidad”, tangibles o intangibles, pueden traducirse en costos de accidentes, de equipos, materiales, pérdida de clientes, etc., y aunque no igualmente cuantificables son siempre importantes.

“La clave del éxito está en mirar al futuro. El presidente tiene que mirar adelante diez años, el director cinco años, el gerente de división tres años y el jefe de sección por lo menos un año.” (Ishikawa, 1985)

1.2. Parámetros de un sistema de calidad.

Así los menciona Kaoru Ishikawa:

- Conocer los requisitos de los consumidores.
- Saber que comprarán los consumidores.
- No se puede definir la calidad sin saber el costo.
- Prever los posibles defectos y reclamos.
- Pensar siempre en tomar las medidas apropiadas. El control de calidad sin acción es siempre palabrería.
- El control de calidad llega a su estado ideal cuando ya no requiere vigilancia (inspección).

1.3. ¿Qué es Six Sigma?

Six Sigma es muchas cosas y quizás sea mucho más sencillo decir como es percibido:

- Una visión.
- Una filosofía.
- Un símbolo.
- Una medición.
- Una meta.
- Una metodología.

En contraste Six Sigma no es:

- Una cura para todos los problemas.
- Una garantía de éxito.
- Exclusivo para manufactura.
- Una herramienta más.

Six Sigma es una medida estadística que describe la distribución con respecto a la media de cualquier proceso o procedimiento. Todo proceso o procedimiento que alcance una capacidad de Six Sigma (variabilidad tan pequeña que los límites de especificación coincidan con los límites de más menos seis veces la desviación estándar o sigma del proceso) puede esperar que su proceso sea capaz de producir con un índice de defectos de unas pocas partes por millón, aún y cuando la media del proceso cambie de posición con respecto al tiempo. En términos estadísticos esto casi alcanza el concepto de cero defectosⁱⁱⁱ. Las decisiones se basan en hechos, datos estadísticos, pues lo único constante en los procesos es la variación.

Para alcanzar todas las metas corporativas, o tener una clase mundial, todas las mejoras en la calidad deberán de estar en un índice revolucionario apoyado por la alta dirección.

“El término ‘alta dirección’ (también altos directivos) siempre incluye a los jefes corporativos. En las empresas grandes es corriente que se creen “divisiones” a las que se da considerable autonomía con respecto a sectores concretos del negocio de la empresa. En tales casos, ‘alta dirección’ incluye a los directores generales de las divisiones y su staff.”^{iv} (Juran, 1990)

El objetivo de todo negocio es generar utilidades. Un innegable objetivo del nivel de desempeño del Six Sigma, es minimizar costos; a través de la reducción o eliminación de actividades que no agregan valor a los procesos y maximizar la calidad para obtener utilidades a niveles óptimos.

Los proyectos Six Sigma producen grandes retornos sobre la inversión. En un artículo de la Harvard Business Review, Sasser y Reichheld señalan que las compañías pueden ampliar sus ganancias en casi un 100% si retienen sólo un 5% más de sus clientes gracias al logro un alto grado de calidad.

Six Sigma cambia el modo que opera la dirección. Six Sigma es mucho más que proyectos de mejora. La dirección y los supervisores aprenden nuevos enfoques en la forma de resolver problemas y adoptar decisiones.

Lo que se logra es un proceso con una curva de capacidad afinada (Fig. 1.1) y se encuentra una variación mínima fijando una meta clara (Fig. 1.2). Six Sigma es capaz de producir con un mínimo de hasta 3.4 DPMO^v lo que equivale a un nivel de calidad del 99.9997%

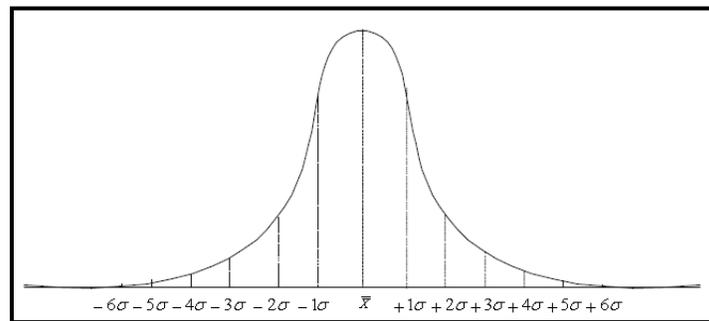


Fig. 1.1 Distribución normal centrada

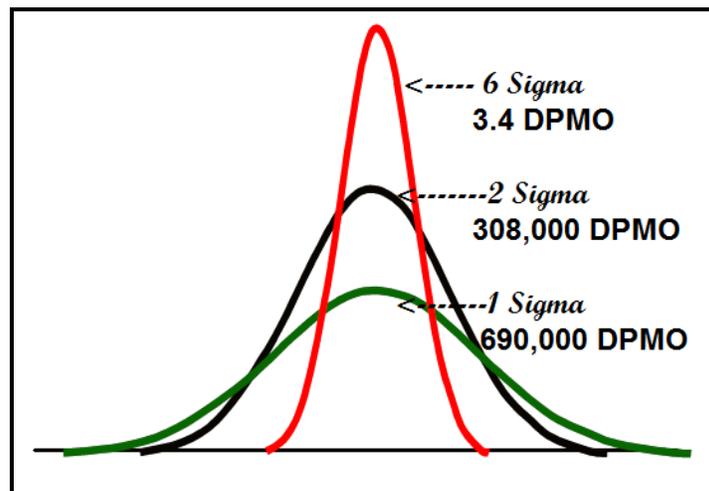


Fig. 1.2 Variación mínima en Six Sigma

Six Sigma es un término que se ha estado usando en grandes compañías líderes en Estados Unidos. Primeramente fue usado por Motorola y General Electric, pero últimamente ha abarcado más compañías tales como Texas Instruments, Ford, IBM, Sony, FedEx, Toshiba y NASA por mencionar algunas. La

primordial importancia de este concepto se basa en medir y reducir toda la variabilidad o defectos en los productos que se manufacturan.

Resumiendo, Six Sigma reconoce:

- La satisfacción completa de todos los clientes mediante el entendimiento, superación y despertar nuevas necesidades del cliente.
- Productos y servicios superiores con diseños robustos.
- Procesos predecibles, bien entendidos y que sean capaces de producir repetitividad y altos índices de eficiencia con cero defectos.

El ingrediente clave que lo hace funcionar:

Es la organización ya que produce una cultura Six Sigma junto con un proceso de pensamiento en toda la empresa y genera un estilo de gerencia basada en conocimientos.

Como se había mencionado, el soporte y compromiso por parte de la alta dirección es vital y fundamental, para lo cual se entrenan y definen los Maestros (también conocidos como Champions), quienes son los dueños de los proyectos críticos para la organización. Para desarrollar estos proyectos se escogen y preparan Expertos (conocidos como: Master Black Belt, Black Belt, Green Belt, Yellow Belt), quienes se convierten en agentes de cambio para impulsar y desarrollar estos proyectos, en conjunto con los equipos de trabajo seleccionados para los mismos.

La estructura humana de Six Sigma se compone de la siguiente manera:

1. Campeón ejecutivo. (*Champion, término en inglés*): director de área quien provee la dirección estratégica y recursos para apoyar, supervisar y financiar los proyectos a ejecutar. Busca al personal necesario para llevarlos a cabo.
2. Maestro de Cinturón Negro. (*Master Black Belt, término en inglés*): es el encargado de crear cambios esenciales y duraderos en el funcionamiento de toda la empresa. Para lograrlo, ha de elegir con acierto tanto los proyectos como al equipo de trabajo saber instruirlo, guiarlo y darle seguimiento.
Suelen empezar haciéndolo consultores externos a la empresa. Sin embargo, una vez formado el personal, se convierte en miembro de la empresa.
3. Cinturón Negro. (*Black Belt, término en inglés*): debe contar con habilidades tanto de gestión como técnicas (una combinación de la que no todo el mundo dispone) y ha de poder entusiasmar a su equipo y ganarse la confianza de sus superiores.
Son clave para el conjunto del proyecto. Para obtener resultados se debe dotarle de estructura y herramientas. Las herramientas estadísticas le servirán para valorar los resultados.
4. Cinturón Verde. (*Green Belt, término en inglés*): se enfocan en actividades cotidianas diferentes de Six Sigma pero participan o lideran proyectos para atacar problemas de sus áreas.

5. Cinturón Amarillo. (*Yellow Belt, término en inglés*): son los operadores que tienen el problema en proceso y responsables de integrarse al equipo para lograr las mejoras implementadas o cambios.

Lograr que todo el mundo hable el mismo idioma y luche por las mismas metas. Este es el poder de Six Sigma. Es la primera filosofía de gestión que implica a todos los escalafones jerárquicos, de arriba abajo, de forma que todo el mundo se encuentre en la misma frecuencia.

La metodología DMAIC (Definir Mejorar, Analizar, Incorporar, Controlar) se utiliza cuando un proceso o producto existente no satisface los requerimientos del cliente o tiene un pobre desempeño.

La metodología DMADV (Definir Mejorar, Analizar, Diseñar, Verificar) se utiliza cuando el producto o proceso no existe y requiere ser desarrollado o uno existente, debe ser rediseñado en su totalidad.

Enseguida se presentan las fases de la metodología Six Sigma:

- *Definir* los problemas y situaciones a mejorar,
- *Medir* para obtener la información y datos,
- *Analizar* la información recolectada,
- *Incorporar o Mejorar* y emprender mejorar al o a los procesos 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.

DMAIC se usa casi universalmente para guiar los proyectos de mejora de procesos de Six Sigma. Aún cuando las mejoras dramáticas en calidad requieren transformar la filosofía gerencial y la cultura organizacional, el hecho es que los proyectos actuales deben ser emprendidos tarde o temprano para lograr objetivos.

Sin embargo, DMAIC no es un método para planear proyectos. La planeación de proyectos es una disciplina completa. Aunque los planes y proyectos están relacionados muy de cerca, también difieren en muchos aspectos. Los resultados impresionantes de Six Sigma generalmente surgen de los Proyectos de Six Sigma.

¿Qué hace diferente a Six Sigma de la calidad tradicional?

Las diferencias radican en la forma de aplicar las herramientas y de la integración del personal de la organización como un todo, en conjunto con la dirección, con una actitud proactiva, organizada y sistemática.

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

- 200 piezas de correo perdidas cada hora.
- 50 operaciones de cirugía incorrectas, por semana.
- Al menos dos aterrizajes con problemas, diarios y en los principales aeropuertos.

- Falta de servicio eléctrico, por casi 7 horas, cada mes.

Cada una de estas categorías puede incluir los siguientes elementos:

- Fallas Internas: Desperdicio (scrap), retrabajo y el desperdicio de los distribuidores. 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.

Las tablas 1.1 y 1.2 las utilizó Motorola para evaluar un proceso Six Sigma:

Valor del índice Cp	Clase o categoría del proceso	Decisión (con proceso centrado)	Grado Sigma
$Cp \geq 2$	Clase mundial	Calidad Seis Sigma	6
$Cp \geq 1.33$	1	Adecuado	5
$1 < Cp \leq 1.33$	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto	4
$0.67 < Cp \leq 1$	3	No adecuado para el trabajo	3
$Cp < 0.67$	4	No adecuado, requiere modificaciones	2

Tabla 1.1 Valores Cp^{vi} y su interpretación

Nivel de calidad	DPMO	Nivel Sigma	Costo Calidad
30.90%	690,000	1	NA
69.20%	308,000	2	NA
93.30%	66,800	3	25-40%
99.40%	6,210	4	15-25%
99.98%	320	5	5-15%
99.9997%	3.4	6	< 1%

$$DPMO = 1,000,000 \times DPO$$

DPO: Índice que es igual al número de defectos entre el total de oportunidades de error al producir una cantidad dada de productos

NA: no podría existir con ese nivel de calidad.

Tabla 1.2 Costo de calidad, por porcentaje de las ventas

La variación en los procesos (variabilidad) 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:

- Fue de compras a una tienda y le tocó la cola de pago más lenta.
- Recibió un corte de cabello más corto o más largo que lo usual, distinto a como usted lo deseaba.

Posiblemente en más de una oportunidad fue atendido rápidamente en la cola de pago o recibió el corte de cabello perfecto. Sería ideal que siempre fuese así.

La variabilidad posiblemente es la raíz de los males. Darle una atención adecuada, puede marcar la diferencia en cualquier empresa.

1.4. Ventajas y desventajas en la aplicación de Six Sigma.

Ventajas de Six Sigma:

- Implementar el sistema Six Sigma en una organización crea una cultura interna de individuos educados en una metodología con un patrón de caracterización, optimización y control de procesos, porque las actividades repetitivas alrededor de un servicio o una confección de un producto constituyen un proceso. Se optimizan y/o mejoran los procesos para que éstos sean simplificados, reduciendo el número de pasos, tornándose más rápidos y eficientes.
- Decrece los defectos y el tiempo del ciclo.
- Mejora continua.
- Se puede aplicar en cualquier tipo de empresa sea de tipo industrial, comercial o de servicios.
- Six Sigma es una metodología sistemática de reducir costos de forma proactiva, concentrándose en la mejora de los procesos más que reaccionando, corrigiendo fallos.
- El costo en entrenamiento de una persona en Six Sigma se compensa ampliamente con los beneficios obtenidos a futuro.
- A corto plazo aporta soluciones rápidas a problemas sencillos o repetitivos; a largo plazo aporta una metodología de diagnóstico, diseño robusto, establecimientos de tolerancias, al tiempo que aporta un medio sencillo de comunicación y establecimiento de metas.
- Six Sigma es un método basado en datos, para llevar la calidad hasta niveles próximos a la perfección, diferente de otros enfoques, ya que también corrige los problemas antes de que se presenten. Más específicamente se trata de un esfuerzo disciplinado para examinar los procesos repetitivos de las empresas.
- Genera el crecimiento comercial y mejora la rentabilidad.

- Mejora la comunicación y el trabajo en equipo a través de ideas, problemas, éxitos y fracasos compartidos.
- El enfoque principal es dar prioridad al cliente (esta definición permanece desde que la Calidad como concepto de gerenciamiento, ha sido denominada como tal).
- Mejora la satisfacción del cliente.

Desventajas de Six Sigma:

- Con el fin de aplicar la metodología Six Sigma en una organización, es sumamente importante contar con una capacitación en todos los niveles. Si los asociados, los mandos medios o ejecutivos de alto nivel, no son entusiastas acerca de la utilización de la metodología Six Sigma puede conducir al fracaso.
- La eficacia de Six Sigma no se ha medido. Debido a la incapacidad de las mediciones, no está claro si Six Sigma es realmente útil.
- Muchas organizaciones utilizan la metodología Six Sigma como una forma de protegerse de la responsabilidad. Por ejemplo, si una empresa produce un producto que es de baja calidad o puede perjudicar a su usuario, la organización puede utilizar la defensa que la calidad está a la vanguardia con el fin de ser considerado positivamente. A este respecto, no está claro si una organización ha implementado Six Sigma por su metodología o para cubrir su responsabilidad.

1.5. Casos de éxito de la aplicación Six Sigma.

GENERAL ELECTRIC

"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". (Jack Welch, CEO de G.E., 1995)

Los números son solo una parte de la historia. Desde el primer año de esfuerzos, los frutos se han acelerado: \$750 millones de dólares a finales de 1998. Algunos analistas han pronosticado \$5 billones de dólares en beneficios, producto de los esfuerzos a principios de la década.

El cuadro financiero, es solo un reflejo personal de los muchos éxitos que G.E. ha logrado a través de su iniciativa Six Sigma. Por ejemplo:

Los sistemas de negocio de Medical (GEMS) han utilizado técnicas de diseño Six Sigma para crear un gran avance en tecnología de exploración médica. Los pacientes pueden ahora conseguir una completa exploración del cuerpo en medio minuto, frente a tres minutos o más con la tecnología anterior. Los hospitales pueden aumentar el uso del equipo y lograr un menor costo por análisis también.

Para G.E. existen tres elementos clave para obtener calidad: cliente, proceso y empleado. Todo lo que hace para seguir siendo una compañía de primer nivel mundial se concentra en estos tres elementos esenciales.

Los clientes son el centro del universo G.E.: “son ellos quienes definen la calidad. Esperan rendimiento, confiabilidad, precios competitivos, entrega a tiempo, servicio, claro y correcto procesamiento de las transacciones y más. Si evaluamos cada atributo que influye la percepción del cliente, sabemos que ser bueno no es suficiente. Maravillar a nuestros clientes es una necesidad. Porque si no lo hacemos alguien más lo hará”.

La gente genera resultados. Para aplicar el enfoque de calidad de G.E. es fundamental involucrar a todos los empleados. El compromiso de G.E. consiste en brindar oportunidades e incentivos para que los empleados concentren su talento y energía en satisfacer a sus clientes. Todos los empleados de G.E. reciben capacitación en estrategia, herramientas estadísticas y técnicas del proceso de Calidad Six Sigma.

La calidad es responsabilidad de cada empleado. Si se desea tener éxito, cada uno de ellos debe involucrarse, estar motivado y conocer el proceso a la perfección.

El proceso Six Sigma se concentra en reducir la variación del proceso y luego, en mejorar la capacidad del proceso.

El éxito que G.E. ha logrado a través de Six Sigma ha superado sus mejores pronósticos. En toda la compañía, los asociados de G.E. aceptan de buen grado la filosofía Six Sigma centrada en el cliente y basada en la información y la aplica a todos los niveles. Estos éxitos han servido de base para compartir buenas prácticas en todos sus negocios, dedicar el máximo de poder de G.E. a la búsqueda de mejores y más ágiles soluciones.

CATERPILLAR

Caterpillar implantó Six Sigma a escala global desde el primer día, a partir de enero de 2001. La empresa nunca tuvo intención de probar esta metodología en las operaciones de producción, ver cómo funcionaba y después probarla en otro ámbito. Desde su perspectiva, en todas las áreas en las que había un resultado, había un proceso. Si había un proceso, había una variación en el rendimiento. Si había una variación en el rendimiento, el proceso era objeto de Six Sigma. No se excluyó ningún área de la empresa, desde producción hasta identificación de ingresos, pasando por servicios al cliente.

La empresa implantó el programa en varias fases y, para finales de 2001, contaba con setecientos Cinturones Negros (Black Belts, término en inglés). En la actualidad, hay alrededor de dos mil. Los Cinturones Negros de Caterpillar han sido formados por Maestros de Cinturones Negros (Master Black Belts, término en inglés) y reciben un mínimo de 160 horas de formación, al tiempo que trabajan en su primer proyecto. La empresa desarrolla a sus futuros líderes a través del programa Cinturón Negro,

aplicando un estricto proceso de selección para escoger a los profesionales que van a desempeñar ese papel.

En el caso de Caterpillar, la alta dirección de la empresa se comprometió desde el principio y dejó claro que Six Sigma había llegado para quedarse.

La formación fue la misma para los cinturones negros de contabilidad que para el personal de producción de Pekín. La intención era –y el resultado final así fue– que Six Sigma se impregnara en todos los rincones de la empresa desde el primer día. Todas las áreas, desde investigación y desarrollo hasta producción, pasando por marketing, finanzas y contabilidad, han realizado importantes aportaciones con respecto a la implantación de la metodología y la han utilizado para revisar y modificar los procesos internos. De hecho, Caterpillar también la va a implantar en su cadena de suministro, con lo que se incorporarán casi todos los distribuidores y muchos proveedores.

Desde el principio, Caterpillar nombró un director de mediciones, que era responsable de establecer los criterios para garantizar que los beneficios de cada proyecto fueran reales. Según los representantes de la empresa que han gestionado las mediciones de Six Sigma, el cálculo de unos beneficios reales y verosímiles es esencial para el éxito de un proyecto y el seguimiento de los beneficios requiere un gran rigor y mucha atención a los detalles. Esta precisión ayuda a eliminar la emoción y el escepticismo, proporcionando datos reales. Las políticas son muy específicas con respecto a lo que importa y lo que no, pero la empresa sigue preocupándose de asegurarse de que esta necesidad de exactitud no ahogue la creatividad y obstaculice el progreso.

La receta de Caterpillar para el éxito de Six Sigma:

Claridad

- Todo el mundo comprende la terminología, las expectativas y sus razones.
- Hay un claro vínculo desde las iniciativas de mejora de los procesos hasta la estrategia de negocio y los beneficios cuantificables.

Coherencia

- Todos los proyectos están sujetos al mismo rigor.
- Se aplican los mismos principios a escala mundial.

Compromiso

- La alta dirección está comprometida con los principios de Six Sigma a todos los niveles.
- La alta dirección está comprometida con los líderes de Six Sigma y con su éxito.

¿Cuáles fueron los resultados? La empresa puso en marcha el enorme proyecto a principios de 2003 y comenzó a comprender los impactos en agosto de dicho año, cuando tuvo alineados y probados los sistemas de información financiera. Caterpillar pasó, casi de inmediato, de miles de diferencias de conciliación a ninguna.

Los beneficios fueron dobles. En primer lugar, se eliminaron la complejidad y el riesgo de los números y los directivos pudieron utilizar un único conjunto de cifras, que generaba múltiples imágenes, para gestionar

la empresa. En segundo lugar, se pudo destinar al análisis un esfuerzo significativo de trabajo, anteriormente dedicado a la conciliación. Esta redistribución ahorró a la empresa la necesidad de contratar a más personas de apoyo durante un período de tremendo crecimiento.

Los beneficios fueron:

- La estrategia de Caterpillar se desarrolla con más concentración y claridad.
- Se reduce al mínimo el escepticismo como consecuencia del rigor y de una metodología coherente.
- Hay una única forma de trabajar, lo que hace que el personal esté más familiarizado y comprometido.
- Todo el mundo puede ver los resultados, además cuadran con el rendimiento económico.
- Se ahorran importantes recursos o se reasignan a otros fines con mayor valor añadido.
- Six Sigma es una proposición en la que todos salen ganando, dado que los profesionales son recompensados por su éxito.

Desde la perspectiva de la dirección, es una forma de poner en práctica la estrategia de manera más eficaz y eficiente. Se basa en datos y está estructurada, lo que reduce al mínimo los efectos del escepticismo, que podrían haber dado al traste con los esfuerzos iniciales de implantar las iniciativas. La empresa no tiene múltiples filosofías y herramientas de gestión; todos los proyectos son proyectos de Six Sigma. Los profesionales entienden la terminología y las razones de lo que están haciendo. En lugar de convertirse en una moda pasajera, como suele ocurrir frecuentemente con las iniciativas implantadas de arriba abajo, la metodología Six Sigma está arraigada en la cultura de la organización hasta el punto de que muchos no pueden imaginar Caterpillar sin ella.

FORD MOTOR COMPANY

Es una de las compañías manufactureras más importantes del mundo, tanto en capital, como en personal y capacidad productiva, siendo así líder mundial por sus productos, servicios automotrices y financieros logrando con esto satisfacer la necesidad de sus clientes para alcanzar ventas que los lleven al éxito, siendo el número uno en el mundo por el éxito obtenido.

Se decide implementar Six Sigma para racionalizar las operaciones, crear y mantener una red logística más centralizado. Observando que contaba con varias áreas de ahorro de costos reales, como resultado de reducir las discrepancias de entrada portador, eliminando los costos innecesarios de primera calidad y la reducción de excesos de envío.

Se fijaron los siguientes objetivos:

- Desarrollar, implementar y operar una red de logística centralizada, para obtener un resultado de los proveedores y operaciones de los transportistas mejorando el rendimiento y la rendición de cuentas.
- Proporcionar a Ford con la cadena de suministro en tiempo real y la visibilidad financiera.

Las soluciones se encontraron:

- En plantas, aproximadamente 1,200 tráilers por día.
- Se capacitó a más de 1,500 proveedores en un conjunto análogo de los procedimientos y las tecnologías de la logística.
- Implementando estrictos procedimientos de rendición de cuentas y tecnologías avanzadas de gestión para obtener visibilidad en tiempo real de estado de entrega, horarios de enrutamiento y productividad.
- Se diseñó un sistema de carga de facturación para captar de inmediato los costos.

Ford llevó a cabo estudios para determinar los beneficios de la transición de la empresa descentralizada de las operaciones logísticas de un enfoque centralizado.

La decisión fue rápidamente evidente la centralización de las operaciones logísticas de la compañía aumentaría tanto la velocidad y la visibilidad en toda la red, así como reducir los costos de la cadena de suministro.

CAPÍTULO 2

ELEMENTOS PREFABRICADOS

2.1. ¿Qué es un prefabricado?

La prefabricación es un sistema que permite realizar, por medio de elementos estandarizados fabricados de ante mano, un montaje que se realiza según un plano establecido.

El prefabricado se puede definir como una pieza previamente manufacturada, obteniendo un elemento que cumple con las especificaciones requeridas del ACI (American Concrete Institute, término en inglés), y del PCI (PRESTRESSED CONCRETE INSTITUTE). El prefabricado es llevado a obra, utilizando maquinaria para su transportación, colocación y poder ensamblar. Con esto se quiere dar una breve idea de lo que es un prefabricado, considerando todos los aspectos que deben tomarse en cuenta.

2.1.1. Principales características.

- a) Dimensiones del prefabricado: a mayores dimensiones del elemento, mayores tolerancias y holguras, no sólo por posibles errores, sino por facilidad de maniobra.
- b) Dirección de la medición: la importancia de la precisión depende si se mide el ancho, el peralte o la longitud.
- c) Tipo de construcción: por razones arquitectónicas, estéticas o de instalaciones y acabados, las edificaciones requieren de mayor precisión que los pasos o puentes vehiculares.
- d) Tipo de prefabricado: los precolados de fachada requieren de tolerancias menores, así como los elementos estructurales que tienen acabados aparentes.
- e) Dependencia u orden de secuencia: la posición de los elementos de los cuales dependerá el apoyo de más elementos montados posteriormente, requiere de mucha precisión porque los errores se acumulan. Así, un error en la cimentación afectará al resto de la estructura.

2.2. Tipos de prefabricados.

En este tema se hablará de los tipos de prefabricados de concreto.

Elemento simple: es un prefabricado que no lleva ningún tipo de refuerzo, es un elemento de concreto como si fuera una losa siendo de dimensiones menores a los de otros elementos prefabricados. Ya que el material que va contener se confina y le ayuda a recibir las cargas y los esfuerzos que se dan tanto en el elemento como en el mismo material haciendo que se trabaje conjuntamente.

Elemento reforzado: es el que se le aplica esfuerzos internos, a fin de reducir los esfuerzos potenciales de tensión derivados de las cargas que resulten en dicho concreto.

Elemento pretensado: método de presfuerzo en el cual los cables se tensan antes de la colocación del concreto. Este proceso es el más utilizado en el campo de la prefabricación, ya que permite una producción en serie (también se le conoce como método de presfuerzo de liga), logrando que este proceso sea más económico. El método de pretensado consiste básicamente en dar un presfuerzo al elemento que se esté fabricando, otorgarle al elemento esfuerzos contrarios a los que va a estar sujeto bajo cargas de servicio, en este caso se le otorgan esfuerzos de compresión a la pieza que se produzca. Se consigue tensando unos tendones antes de vaciar el concreto, y una vez que el concreto adquiere cierta resistencia se sueltan, los cuales tratan de recuperar su longitud inicial, la cual no es posible ya que la adherencia que tienen con el concreto no lo permite.

Elemento postensado: método de presfuerzo en el cual se tensan después de que el concreto haya adquirido cierta resistencia. El postensado presenta una ventaja muy grande en comparación con el pretensado.

Es importante garantizar que los ductos no se muevan con el vaciado de concreto, ya que de lo contrario, el efecto del presfuerzo no será el deseado.

Prefabricado industrializado: Es el que está elaborado en una planta, con maquinaria especializada y su producción es en serie.

Generalmente es el que va sufrir una transportación desde la planta generadora hasta la obra con el fin de que se instale el producto.

Prefabricado no Industrializado: Es el trabajar con elementos prefabricados pero en el mismo lugar de la obra se prefabrica y después lo utilizamos y se instala.

Lo cual hace que siga siendo un prefabricado ya que se fabrica aparte y se coloca.

En el sistema prefabricado existen diferentes tipos de secciones de elementos, los cuales tienen diferentes funciones. Como es una producción en serie, es un proceso industrial, por lo cual a la fabricación de cada una de las diferentes secciones se pueden llamar líneas de fabricación.

2.3. Ventajas y desventajas del uso de elementos prefabricados.

Ventajas en prefabricados:

- Se reduce en gran medida el tiempo en la obra lo cual es un gran beneficio, ya que el tiempo es el factor más importante en la industria de la construcción.
- Mayor control de calidad.

- La utilización de mano de obra es menor y solamente se requiere para la colocación y la unión de los elementos.
- Uso repetitivo de moldes metálicos de buena calidad (a la larga es económico).
- Se tiene una mayor limpieza en toda la obra.
- Un elemento cualquiera tiene un acabado uniforme y le da una agradable apariencia.
- Tienen mayor durabilidad y se les brinda menor mantenimiento.
- Mayor resistencia.

Desventajas en prefabricados:

- Mayor detalle en planos de construcción y montaje.
- Mayor planeación (estudio en tiempo y movimientos de maquinaria y transporte).
- La inversión se hace en menos tiempo.
- Se requiere maquinaria pesada (tractocamión, grúas, etc.).
- Mano de obra especializada.
- Se requiere espacio para maniobras en las obras.
- La inversión en moldes metálicos es muy alta.
- Son elementos pesados, se requiere equipo para maniobras, como grúas.

2.4. Tendencias de los prefabricados.

Los prefabricados, en continua evolución, permiten desarrollar una nueva construcción más fiable, competitiva, eficaz y bella, jugando con todas las ventajas que, frente a otras soluciones constructivas, ofrecen estos productos. Los elementos prefabricados abarcan una amplio espectro de productos que van desde los más estandarizados como bloques, adoquines, tejas y baldosas, hasta los elementos diseñados bajo pedido e integrados en un proyecto global hecho a medida. Eficiencia energética, resistencia al fuego, durabilidad o sostenibilidad son sólo algunas de las características diferenciadoras que ofrecen los prefabricados.

Los elementos prefabricados permiten la integración de dispositivos u otras tomas preinstaladas para dar soporte a infinidad de servicios de comunicaciones, fontanería e incluso ventanas. Estos dispositivos pueden moldearse dentro de cualquier elemento. En este siglo, en el que cada vez más, tanto los hogares como las oficinas, se diseñan pensando en las telecomunicaciones, el uso de elementos prefabricados facilita mucho la labor de los arquitectos y diseñadores, ya que los prefabricados no interfieren con las señales de radio, wi-fi u otras redes de Internet. Por lo tanto, los prefabricados son la solución constructiva que más favorece la utilización de las nuevas tecnologías.

Los prefabricados son resistentes a los ataques biológicos. Al ser muy denso y resistente, el prefabricado no es presa fácil de los enemigos comunes de los materiales orgánicos. No sufren de la putrefacción debido a los hongos, mohos, termitas y roedores. Por un lado, ciertos materiales de construcción son el alimento perfecto para algunos insectos y diferentes especies de animales. Además, el cambio climático está afectando a la flora y fauna, las termitas se están convirtiendo en una verdadera amenaza en muchos países de la Unión Europea. Por lo que los prefabricados son invulnerables a todas estas amenazas (hasta el momento).

La fortaleza, resistencia y durabilidad del prefabricado está comprobada. Hay ocasiones en las que se necesita contener el agua por peligro de inundaciones debido a desbordamientos o tormentas. El prefabricado es un material excelente en la construcción de barreras de protección fluvial o costera, o bien, en sistemas de drenaje, así como el transporte y tratamiento de aguas residuales.

Los elementos prefabricados son inteligentes ya que pueden ayudar a recoger información muy útil para saber cómo se comporta un edificio en diferentes situaciones y, en general, a lo largo del tiempo. Para ello se incrustan unos microprocesadores que almacenan datos del comportamiento de la estructura ante movimientos u otras fuerzas; posteriormente, cualquier técnico podrá leer fácilmente los datos almacenados pasando un lector sobre la superficie del elemento.

Detecta debilidades en la estructura, existen sensores muy sofisticados que, instalados en los elementos prefabricados que componen la estructura de un edificio, captan y envían señales a un procesador cuando se producen movimientos excesivos o impactos en dicha estructura. El uso de estos sensores es especialmente interesante en puentes y estructuras de gran altura.

Este material es muy adecuado para su empleo como barrera de contención en carreteras, impidiendo que un vehículo la atraviese e invada el carril contrario. Ya que no es un muro continuo, utilizando los elementos adecuados, también protege a los vehículos ligeros.

Europa se ha convertido en campo de experimentación en el cual con frecuencia se llevan al límite los fundamentos antiguos para dar solución a nuevos retos constructivos.

Arnold Van Acker trabajó durante 45 años en la industria de la prefabricación de concreto.^{vii}

En una entrevista publicada por el IMCYC, A.C. a través de su página de internet comparte su experiencia y comenta lo siguiente:

“Los factores más comunes que han determinado los avances en el uso de prefabricados de concreto en Europa son dos en específico: el primero, la aspiración de obtener hitos de mayor altura (afán constante del hombre); el segundo, la expansión de las cualidades y ventajas estructurales en su uso.

Hoy en día es muy común que los edificios de oficinas sean de gran altura.

Los diseños actuales de arquitectura han generado formas no ortogonales: elípticas, redondeadas, con bordes afilados, etc. Esto es una clara tendencia del mercado que nos ha hecho mejorar, hoy puedo afirmar que la industria de prefabricados esta lista para responder con flexibilidad y eficiencia técnica en su producción a cualquier reto constructivo en edificación.

En el contexto de medio ambiente, la industria de prefabricados de concreto está marcando una pauta importante en la reducción de factores o agentes contaminantes: hasta un 45% en el uso de materiales tradicionales, hasta un 30% en el uso de energía eléctrica, un 40% menos residuos de demolición, entre otros factores.

Varias plantas de reciclaje para concreto se han ido realizando en los últimos años y sabemos que las futuras plantas de prefabricación funcionaran como un sistema cerrado, en el que todo se procesará, reciclará e industrializará en nuevos elementos para la construcción”.

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA DE CALIDAD UTILIZADO EN LA PLANTA PRET

3.1. Situación actual.

Prefabricados y Transportes, S.A. de C.V. (PRET). Es una de las principales filiales de Ingenieros Civiles Asociados (ICA), la constructora más grande de México con más de 60 años de experiencia y es la empresa líder de prefabricados en México. A través del impulso a este sistema de construcción, se busca el desarrollo de la ingeniería como creación de valor, innovación y nuevas tecnologías. Los prefabricados constituyen una herramienta vital para enfrentar los grandes retos de la construcción que se exigen actualmente. De esta manera, se tiene como principal objetivo satisfacer las necesidades del sector, de forma innovadora, con precios accesibles, a través de procesos eficientes de producción y control integral de calidad.

PRET ve un panorama con grandes posibilidades de crecimiento y proyectos que desean abarcar en su totalidad como una empresa líder e independiente.

Aunque en el pasado tuvieron problemas de coordinación, construcción y planeación, utilizan los tropiezos como herramientas y aprenden de los mismos para crecer. Actualmente se están reestructurando para seguir a la vanguardia en todos sus procesos y ofrecer mayor durabilidad en sus elementos que fabrican.

Para PRET la calidad consiste, en el cumplimiento de sus normas y consistencia del producto para cumplir con las necesidades del cliente, por ende; deben cambiar si desean trascender.

En palabras llanas apuntan hacia lo siguiente:

- Misión: hacer el trabajo con óptima calidad.
- Visión: ganar proyectos en su totalidad.

Se presenta el organigrama actual en PRET pensando en la calidad de sus productos así como en la satisfacción del cliente. La empresa ha ganado premios gracias a la calidad que se ha conseguido.

Sus procesos están certificados a nivel internacional en materia de seguridad, calidad y medio ambiente.

Cualquier cambio que deseen realizar en la empresa, deben tomar en cuenta lo que existe para saber hacia dónde se dirigen.

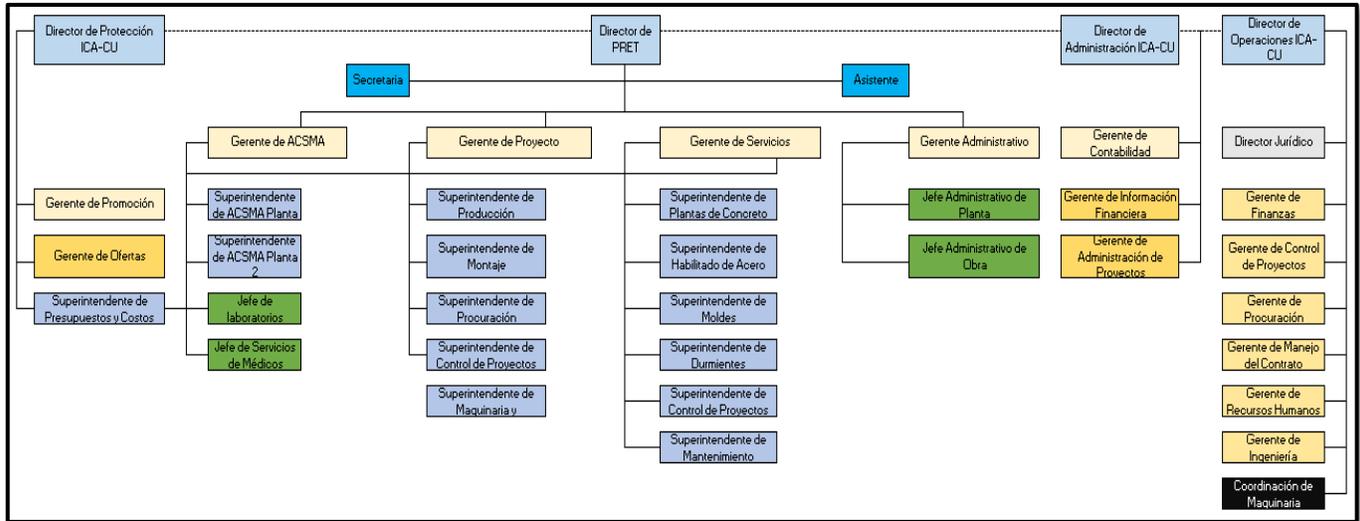


Figura 3.1 Organigrama actual en PRET

Actualmente PRET cuenta con un proceso de fabricación, en donde lo llevan a cabo para fabricar: columnas, trabes y tabletas.

En esta tesis se enfoca al estudio de columnas.

Dicho proceso se constituye con planeación, normas y control que rigen las actividades de la producción.

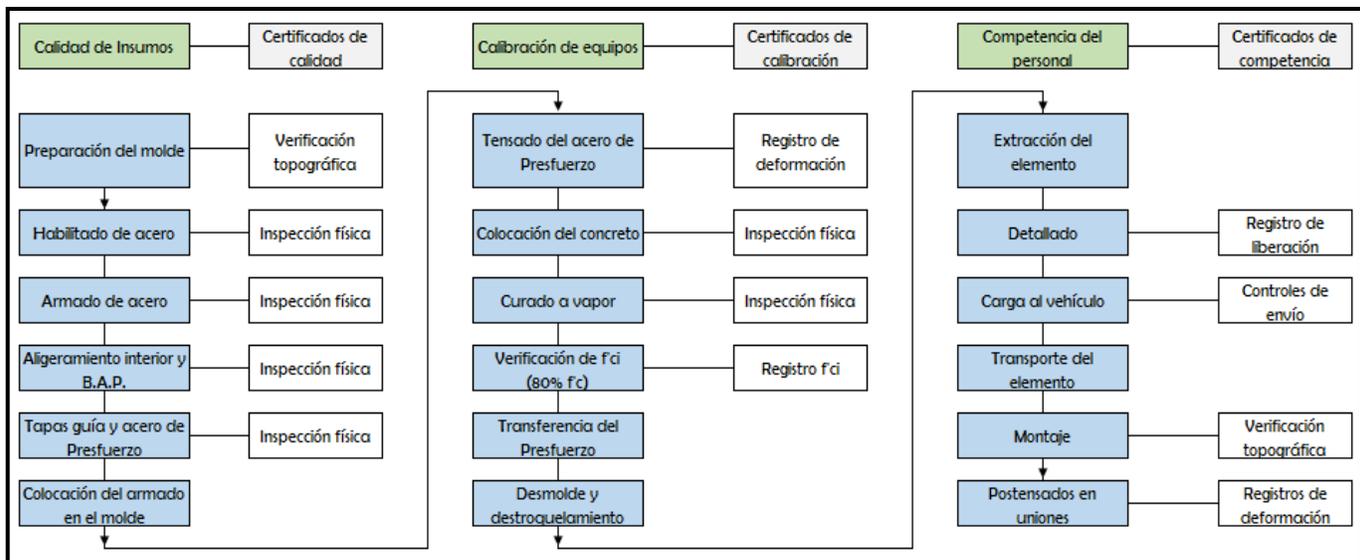


Figura 3.2 Proceso de fabricación

3.2. Objetivos y cultura.

Objetivos.

Brindar soluciones de ingeniería especializadas para cada proyecto que se desarrolle. Innovar en el sector de la construcción en México y seguir asumiendo nuevos retos. Demostrar el compromiso que se mantenga con el desarrollo de infraestructura para el impulso económico y social del país. Presentar productos y servicios de calidad que superen las expectativas de los clientes.

Cultura.

Misión

Brindar y desarrollar servicios de prefabricación a empresas filiales con rentabilidad, basados en innovación tecnológica y procesos industriales de clase mundial, cumpliendo los requisitos de nuestros clientes y superando sus expectativas.

Visión

Consolidarse como la mejor opción de prefabricados para empresas filiales y mercado externo, alcanzando el liderazgo del sector en México.



Figura 3.3 Columna oblonga^{viii} en Anillo Periférico

3.3. Análisis de resultados.

Para obtener la información necesaria, se visitó la planta PRET ubicada en Av. Eje 10, #26, Col. San Francisco Tlalenco, Delegación Tláhuac, en la Ciudad de México.

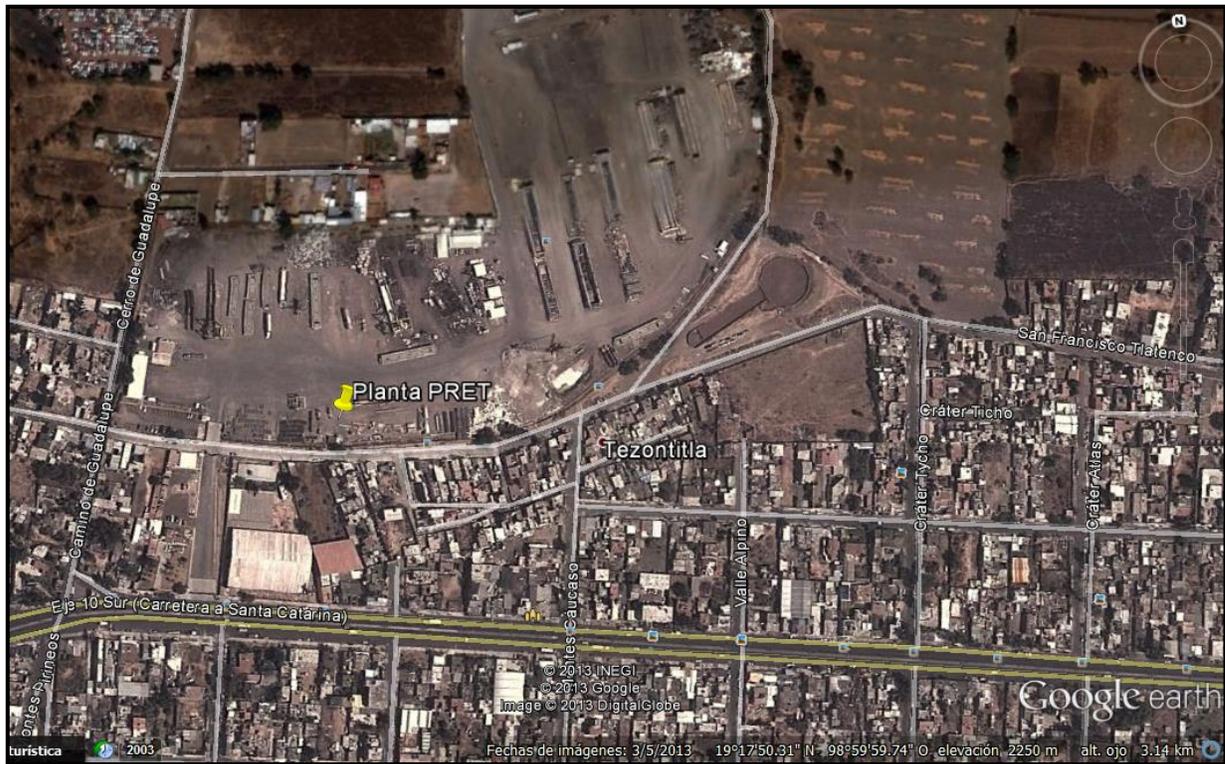


Fig. 3.4 Vista aérea de la planta

A continuación se describirán brevemente las fórmulas utilizadas para el análisis.

- La media:

$$\mu = \frac{\sum fX}{n}$$

Donde:

- μ = media
- X = punto medio del intervalo
- f = frecuencia del intervalo
- fX = producto de punto medio y frecuencia
- $\sum fX$ = sumatoria de fX
- n = total de frecuencias

La media (μ) es igual a la suma de todos los datos dividida entre el número de datos (n).

- La mediana:

$$Me = L + \frac{\frac{n}{2} - FA}{f} i$$

Donde:

- Me = mediana
- L = límite inferior del intervalo donde se encuentra la mediana
- n = número total de frecuencias
- f = frecuencia del intervalo
- FA = frecuencia acumulada al intervalo mediano
- i = amplitud de clase

La mediana divide a la población en dos partes iguales.

- La moda:

Es el valor más común o de mayor frecuencia dentro de una distribución.

Las medidas de dispersión nos permiten medir de una forma aproximada la dispersión de los datos. Las más utilizadas son la desviación estándar y la varianza.

- La desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Donde:

- σ = desviación estándar
- Σ = sumatoria
- n = número de datos
- x = valor de un dato
- \bar{x} = la media ó promedio de los datos

La desviación estándar (σ) mide cuanto se separan los datos. Es la raíz cuadrada de la varianza.

- La varianza:

Es definida como la esperanza del cuadrado de la desviación de dicha variable, respecto a su media. Es el cuadrado de la desviación estándar.

- Capacidad o habilidad de un proceso:

$$Cp = \frac{ES - EI}{6\sigma}$$

Donde:

- Cp = capacidad de un proceso
- ES = especificación superior
- EI = especificación inferior
- 6σ = seis veces la desviación estándar

La capacidad del proceso es la variación tolerada entre la variación real.

Para que tenga sentido lo que más adelante se abordará. El hecho de que un proceso sea capaz, primero se debe garantizar que será estable^x a través del tiempo. Sin embargo, siendo menos estrictos es posible afirmar que un proceso es capaz, independientemente de su estabilidad, si observamos que tiene pocos reprocesos, entonces; no habrá esfuerzos inmediatos y se podrá mejorar su capacidad.

Un proceso puede tener cuatro estados en cuanto a la capacidad^x y la estabilidad.

- Estado del proceso

Es estudiar la estabilidad a través del tiempo, verificando que existan puntos o señales especiales de variación.

$$\text{Estado del proceso} = \frac{\text{Número de puntos especiales}}{\text{Número total de puntos}} \times 100$$

De lo anterior, se obtendrá un porcentaje el cual nos determinará:

- ✓ Si se encuentra entre 1-3%, es estable.
- ✓ Si es mayor a 3%, es inestable.
- ✓ Si es mayor a 10%, es altamente inestable.

La siguiente tabla nos muestra los estados que puede tener un proceso y la forma de clasificarlo. Y con ello, tomar medidas preventivas y/o correctivas si es necesario.

		¿El proceso es estable?	
		Si	No
¿El proceso es capaz?	Si	<p>A (estable y capaz)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar que se cuenta con un buen sistema de monitoreo del proceso, para asegurar que el diagnóstico que se tiene es el adecuado y para detectar oportunamente la ocurrencia de causas especiales que perjudiquen el desempeño futuro del proceso. • Enfocar los esfuerzos hacia mejorar la productividad y operabilidad del proceso. 	<p>B (capaz, pero inestable)</p> <p>Darle prioridad a la identificación y eliminación de las causas de la inestabilidad. Para ello se deben seguir las recomendaciones dadas para el proceso D, sobre todo la de mejorar la aplicación de cartas de control, para así asegurarse de que es la carta correcta, que se interpreta bien y que se toman las acciones correspondientes. De esta forma se estaría previniendo que la estabilidad no afecte la capacidad.</p>
	No	<p>C (estable, pero incapaz)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mejorar la aplicación de cartas de control para prevenir que empeore el desempeño del proceso, y para ver si es posible detectar causas especiales que aparentaban ser comunes. • Investigar la razón predominante de la baja capacidad (descentrado, exceso de variación, etc.). • Revisar las especificaciones y si el sistema de medición es confiable. • Analizar qué ocurre con las variables de entrada que más fuertemente están relacionadas con la variable de salida bajo análisis. También tomar en cuenta los patrones de comportamiento de los puntos en las cartas de control del pasado. • A partir de lo anterior, generar una lluvia de ideas y establecer conjeturas sobre las causas de la baja capacidad. • Profundizar la búsqueda siguiendo la metodología de solución de problemas. 	<p>D (inestable e incapaz)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Darle prioridad a la identificación y eliminación de las causas de la inestabilidad, y para ello: • Mejorar la utilización de cartas de control. • Estudiar el comportamiento del proceso a través del tiempo, apoyándose en los datos y las cartas de control del pasado y del presente; para así averiguar el tipo de inestabilidad que tiene este proceso. • Establecer conclusiones sobre las probables causas de la inestabilidad, y utilizar métodos estadísticos para profundizar la búsqueda. • Una vez que se mejore la estabilidad, volver a evaluar el estado del proceso.

Tabla 3.1 Los cuatro estados de un proceso

- Carta de control

La idea básica de una carta de control es observar y analizar gráficamente el comportamiento de un proceso, con el propósito de distinguir las variaciones debidas a causas comunes de las ocasionadas por causas especiales (atribuibles). Esto permitiría detectar cambios y tendencias importantes en los procesos. La línea central (LC) de una carta de control representa el promedio del estadístico que se está graficando, cuando el proceso se encuentra en control estadístico. Las otras dos líneas se llaman límites de control, superior e inferior (LS y LI respectivamente), y están en una posición tal que, cuando el proceso está en control estadístico, hay una alta probabilidad de que prácticamente todos los valores del estadístico (puntos) caigan dentro de los límites.

Los límites de especificación son los requerimientos que una característica de calidad deben cumplir. Los límites de especificación superior e inferior (LS y LI) se calculan con datos históricos.

De esta manera, si todos los puntos están dentro de los límites, entonces se supone que el proceso está en control estadístico. Por el contrario, si al menos un punto está fuera de los límites de control, entonces esto es una señal de que pasó algo especial, por lo que es necesario investigar cuál es la causa de este comportamiento o cambio especial. En general, los límites de control son estimaciones de control son estimaciones de la amplitud de la variación natural del estadístico (promedio, rangos, etcétera).

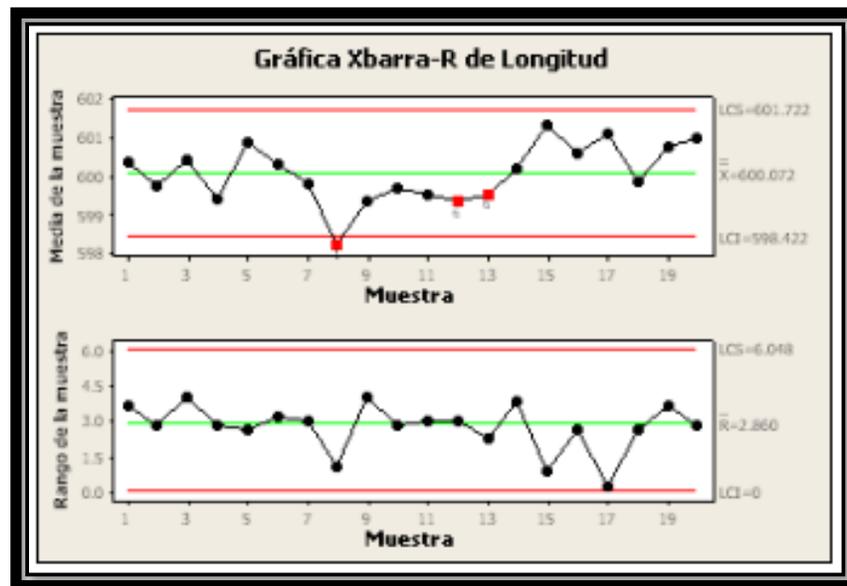


Fig. 3.5 Ejemplo de una carta de control. ©2013 Minitab Inc.

- Límites reales o naturales

$$LS = \mu + 3\sigma$$

$$LI = \mu - 3\sigma$$

Es la forma de calcular los límites superior e inferior en un proceso.

En un proceso masivo que produce cientos o miles de piezas o partes por día (en nuestro caso PRET), y que a diario se muestrean y se miden docenas de tales partes, es suficiente observar las mediciones hechas en las últimas semanas (tener los datos de los últimos 100 a 200 puntos es un buen parámetro). Así, se establece que tan estable es el proceso.

Cabe mencionar que para dicha tesis fue necesario extraer la información en varias sesiones, ya que algunos datos no se encontraban disponibles y otros estaban en revisión.

Para nuestro análisis contamos con 137 muestras de cilindros de concreto. Tomando el periodo de Julio a Octubre del 2012. Primero se analizará la resistencia y después el revenimiento^{xi} obtenido.

Se analizará el caso de las columnas oblongas.

Resistencia.

La tabla 3.2 muestra la información de los cilindros en estudio:

MUESTRA	Resistencia promedio [kg/cm ²]								
1	712	30	694	59	693	88	689	117	679
2	691	31	694	60	693	89	708	118	677
3	691	32	688	61	693	90	705	119	676
4	702	33	687	62	721	91	705	120	700
5	690	34	700	63	721	92	680	121	667
6	685	35	700	64	684	93	690	122	667
7	685	36	681	65	684	94	732	123	679
8	679	37	670	66	683	95	739	124	679
9	679	38	670	67	683	96	731	125	674
10	698	39	693	68	695	97	735	126	674
11	700	40	681	69	695	98	685	127	680
12	705	41	681	70	705	99	690	128	668
13	713	42	671	71	681	100	690	129	668
14	698	43	689	72	671	101	663	130	692
15	701	44	696	73	671	102	706	131	696
16	688	45	699	74	710	103	706	132	696
17	688	46	699	75	731	104	798	133	695
18	681	47	669	76	731	105	760	134	695
19	681	48	695	77	731	106	682	135	695
20	704	49	669	78	731	107	674	136	697
21	704	50	669	79	704	108	688	137	697
22	708	51	685	80	690	109	677		
23	708	52	685	81	690	110	682		
24	701	53	675	82	696	111	687		
25	706	54	679	83	692	112	687		
26	700	55	679	84	692	113	677		
27	698	56	695	85	689	114	675		
28	698	57	699	86	688	115	680		
29	711	58	699	87	682	116	667		

Tabla 3.2 Datos de las muestras obtenidas de los cilindros de concreto, resistencia

A continuación se muestra un resumen de los resultados obtenidos y lo que nos interesa estudiar es la capacidad del proceso y la variabilidad en nuestro proceso.

Algunos resultados se muestran a un mínimo de hasta 3.4 DPMO, porque se pretendía que fuera analizado como un proceso Six Sigma. Dada su complejidad y la falta de información alcanzada. En dicha tesis sólo se podrá ofrecer una propuesta de mejora que se verá más adelante.

Los colores muestran la relación que poseen entre sí, el cuadro de “Ambos” significa que tanto la capacidad como variabilidad necesitan dicho dato para su análisis:

Capacidad de proceso	Ambos
Variabilidad	

Tabla 3.3 Significado de colores, en los resúmenes de resultados

μ = MEDIA _{PROCESO} = 692.9088 [kg/cm ²] MEDIANA _{PROCESO} = 690.5 [kg/cm ²] MODA _{PROCESO} = 695.0 [kg/cm ²] σ = DESVIACIÓN ESTÁNDAR _{PROCESO} = 19.0778 [kg/cm ²] C_p = CAPACIDAD _{PROCESO} = 2.0967 GRADO SIGMA = 6 Clase Mundial NIVEL DE CALIDAD = 99.9997 % DPMO = 3.4 Estado del proceso* = 12 puntos fuera del Límite Superior 8.76 % Se considera un proceso inestable	LÍMITE\$ REALES: [kg/cm ²] 6σ L\$ (E\$) 752.9088 LI (EI) 632.9088 3σ L\$ (E\$) 869.3793 LI (EI) 516.4382 2σ L\$ (E\$) 874.7269 LI (EI) 511.0906
DESVIACIÓN PARA SER 6σ = 20.0000 DESVIACIÓN PARA SER 3σ = 58.8235 DESVIACIÓN PARA SER 2σ = 60.6061 *Si es mayor a 10 % es altamente inestable. *Si es mayor a 3 % es inestable. *Si se encuentra entre 1-3% es estable	E\$PECIFICACIONES: [kg/cm ²] L\$ (E\$) 720 LI (EI) 480

Tabla 3.4 Resumen de resultados para la resistencia

En nuestro análisis nos damos cuenta, que las especificaciones en PRET son:

Resistencia inicial	=	480 [kg/cm ²]	será nuestro	LI
Resistencia final	=	600 [kg/cm ²]	será nuestro	LC
Resistencia tolerable	=	720 [kg/cm ²]	será nuestro	LS

Las especificaciones anteriores partieron de un objetivo determinado, lograr cuerpos de concreto más esbeltos, altos y resistentes.

Con la información anterior, se obtiene una tolerancia:

$$\text{Tol.} = (600 - 480) [\text{kg/cm}^2] = \pm 120 [\text{kg/cm}^2]$$

La tolerancia nos sirve para que nuestros datos y/o productos no vayan más allá de la tolerancia permitida, así se aseguraría la calidad.

Si no se cumpliera, lo más probable es que tendríamos un proceso inestable (más adelante se hablará de ello).

Analizando la tabla 3.4 se obtuvo una media, mediana y moda que no están alejadas de la resistencia tolerable, incluso se encuentran por debajo. La desviación estándar nos marca que se encuentra a ± 19.0778 [kg/cm²] de la media. De esta forma sabemos que tanto nos “pasamos” de nuestros límites tanto LS y LI. Se integra el gráfico 3.1 dado que plasma como algunos puntos, se encuentran fuera del LS.

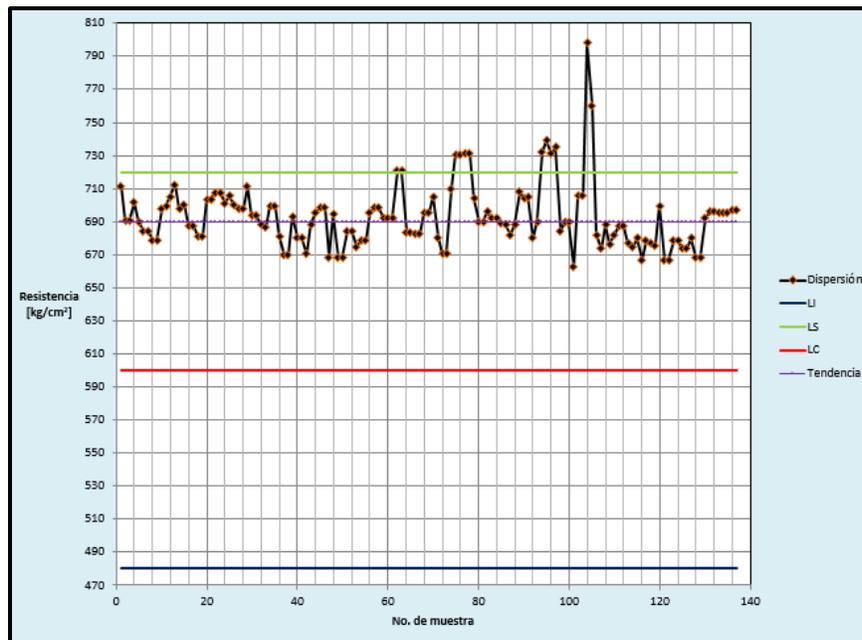


Gráfico 3.1 Puntos fuera del LS para la resistencia

En el Anexo 1 se muestra un acercamiento del gráfico anterior.

Es lo que llamamos “carta de control” y observamos que nuestro proceso no está bajo control estadístico.

Esto puede ser a que pasó algo en la fabricación, error humano, monitoreo, medición, etcétera.

Comparando nuestros datos con las tablas 1.1 y 1.2, tenemos:

$$C_p > 2$$

Grado Sigma 6, la identifica de Clase Mundial

$$\text{Nivel de Calidad} = 99.9997 \%$$

$$DPMO = 3.4$$

Si nos damos cuenta, poseemos las condiciones de tener un proceso ideal o casi perfecto. Con dicha información podríamos asegurar que PRET es una empresa de Clase mundial.

Ahora, verificamos nuestro estado del proceso para analizar la variabilidad.

Se obtuvieron 12 puntos fuera de nuestro LS dando un 8.76% esto quiere decir que nuestro proceso es inestable. Para clasificarlo retomamos la tabla 3.1 y tendríamos un proceso inestable tipo D.

Se pretendía que con la información recabada, tuviéramos un proceso 6 σ (seis sigma). Por eso en la tabla 3.4 en primer lugar se coloca en color verde nuestro 6 σ .

Después observamos un 3 σ y un 2 σ , esto se hizo con el propósito de entender que si los números de PRET estuvieran cerca de ellos, resultaría más complicada la opción de crecer y alejada de ser una empresa de Clase mundial.

Para corroborar resultados y pensando que este tipo de análisis, en la vida profesional se hacen con algún tipo de paquetería como ayuda. Se decide tomar ©2013 Minitab Inc.

Uno de los modelos más utilizados en el control de la calidad es el conocido como la ley normal o campana de Gauss. Nos permite describir el comportamiento de un conjunto de datos en cuanto a su tendencia central, forma y dispersión.

Primero mostraremos una gráfica de puntos o croquis donde el eje “x” se refiere a los datos de las muestras y el eje “y” es la frecuencia en la que incide nuestra campana.

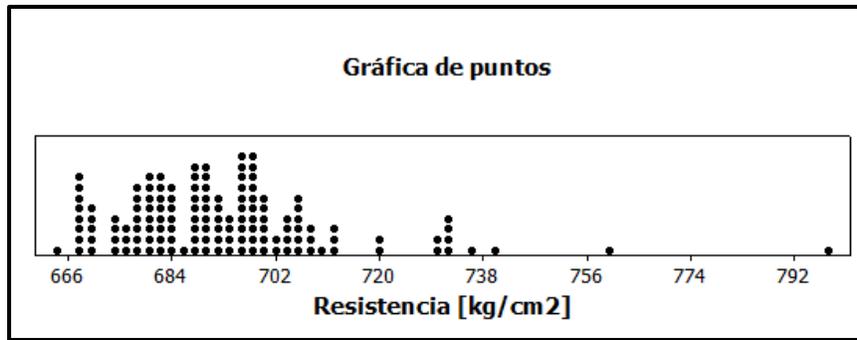


Gráfico 3.2 Gráfica o croquis de puntos, resistencia

Dicho croquis o gráfico nos ayuda a visualizar que puntos son los que se repiten más y dónde localizarlos. Ahora se presenta el histograma para ver qué forma geométrica adquiere.

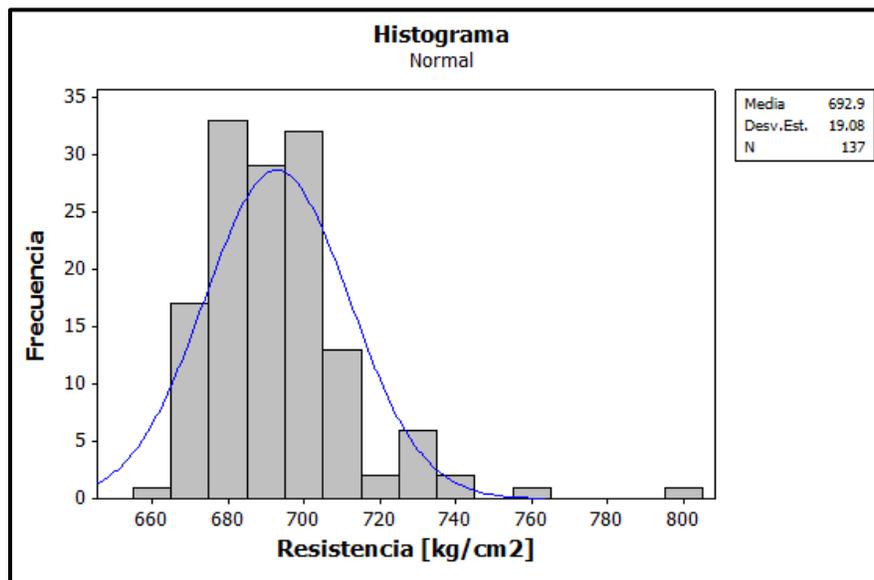


Gráfico 3.3 Histograma o gráfico de barras, resistencia

Nos arroja la misma media y desviación estándar. La “N” significa que tenemos 137 datos en estudio. Los datos forman nuestra campana de Gauss.

La frecuencia se obtiene contando los datos que caen en cada intervalo.

Notamos que el histograma no es simétrico. Tiene una cola más larga a la derecha (sesgo positivo).

Con base en el gráfico 3.3 ratificamos que nuestro proceso tiene más variabilidad de la tolerable. También se le considera un proceso descentrado. Lo que más nos interesa del gráfico es observar su sesgo y que tan variable es. Dicho sesgo, pudo ocurrir debido a un problema como calentamiento de los equipos o instrumentos de medición descalibrados. En cualquier caso, se debe investigar el problema que lo origina para corregir el proceso.

Revenimiento.

Se realizará el mismo análisis que se hizo para la resistencia. La tabla 3.5 muestra la información de los cilindros en estudio:

MUESTRA	Rev. Obt. [cm]								
1	25	30	25	59	25	88	25	117	25
2	25	31	25	60	25	89	24	118	24
3	25	32	25	61	25	90	25	119	25
4	24	33	25	62	25	91	25	120	25
5	24	34	25	63	25	92	25	121	25
6	24	35	25	64	25	93	25	122	25
7	24	36	24	65	25	94	25	123	24
8	25	37	24	66	25	95	25	124	24
9	25	38	24	67	25	96	25	125	24
10	25	39	24	68	24	97	25	126	24
11	25	40	24	69	24	98	25	127	25
12	25	41	24	70	25	99	25	128	25
13	24	42	24	71	24	100	25	129	25
14	24	43	24	72	24	101	25	130	24
15	24	44	25	73	24	102	24	131	25
16	25	45	24	74	25	103	24	132	25
17	25	46	24	75	25	104	24	133	25
18	25	47	25	76	25	105	24	134	25
19	25	48	25	77	24	106	24	135	25
20	24	49	24	78	24	107	25	136	25
21	24	50	24	79	24	108	25	137	25
22	24	51	25	80	25	109	25		
23	24	52	25	81	25	110	24		
24	25	53	24	82	25	111	24		
25	25	54	25	83	25	112	24		
26	24	55	25	84	25	113	25		
27	24	56	25	85	24	114	24		
28	24	57	25	86	24	115	24		
29	25	58	25	87	24	116	24		

Tabla 3.5 Datos de las muestras obtenidas de los cilindros de concreto, revenimiento obtenido

μ = MEDIA _{PROCESO} =	24.5912	[cm]
MEDIANA _{PROCESO} =	25.0	[cm]
MODA _{PROCESO} =	25.0	[cm]
σ = DESVIACIÓN ESTÁNDAR _{PROCESO} =	0.4934	
C _p = CAPACIDAD _{PROCESO} =	2.3645	
GRADO SIGMA	6	Clase Mundial
NIVEL DE CALIDAD	99.9997	%
DPMO	3.4	
Estado del proceso*	0	puntos fuera del LS
	0	% Se considera un proceso estable

DESVIACIÓN PARA SER 6σ =	0.5833
DESVIACIÓN PARA SER 3σ =	1.7157
DESVIACIÓN PARA SER 2σ =	1.7677

*Si es mayor a 10 % es altamente inestable.
 *Si es mayor a 3 % es inestable.
 *Si se encuentra entre 1-3% es estable

LÍMITE\$ REALES:		
		[cm]
6σ	L\$ (E\$)	26.3412
	LI (EI)	22.8412
3σ	L\$ (E\$)	29.7383
	LI (EI)	19.4442
2σ	L\$ (E\$)	29.8943
	LI (EI)	19.2882

ESPECIFICACIONES:		[cm]
L\$ (E\$)		25.5
LI (EI)		18.5

Tabla 3.6 Resumen de resultados para el revenimiento

En el análisis nos damos cuenta, que las especificaciones en PRET son:

Revenimiento inicial	=	18.5 [cm]	será nuestro	LI
Revenimiento final	=	22 [cm]	será nuestro	LC
Revenimiento tolerable	=	25.5[cm]	será nuestro	LS

Con la información anterior, se obtiene una tolerancia:

$$\text{Tol.} = (22 - 18.5) [\text{cm}] = \pm 3.5 [\text{cm}]$$

Analizando la tabla 3.6 se obtuvo una media, mediana y moda. Observamos que son casi iguales de la resistencia tolerable. La desviación estándar nos marca que se encuentra a ± 0.4934 [cm] de la media.

Los resultados son buenos porque la distancia es corta y el espectro de error es mínimo.

Se integra el gráfico 3.4 dado que plasma la dispersión de nuestros datos.

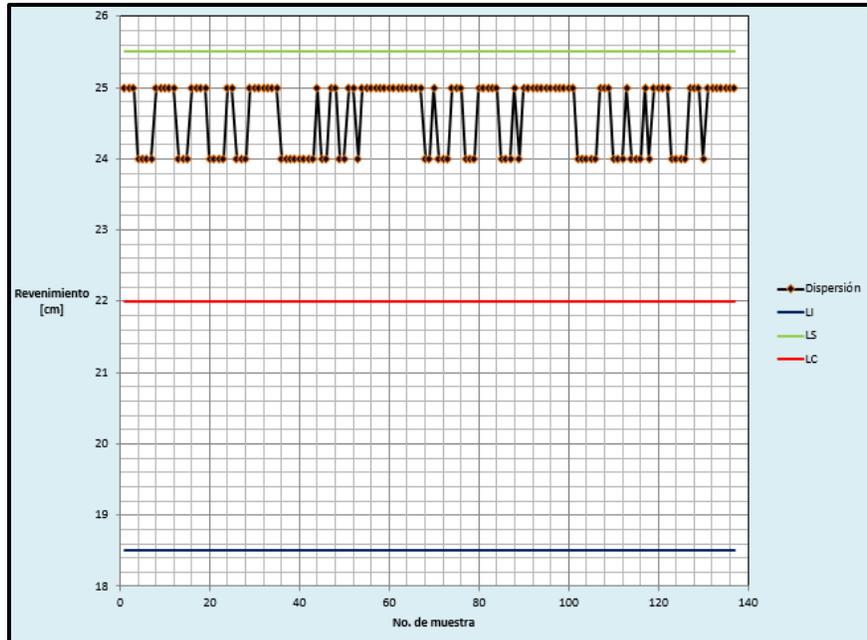


Gráfico 3.4 Puntos para el revenimiento

En el Anexo 2 se muestra un acercamiento del gráfico anterior.

Se observa que nuestro proceso está arriba de nuestro LC y muy cerca del LS se considera que tiene un control estadístico por arriba de lo normal.

Comparando nuestros datos con las tablas 1.1 y 1.2, tenemos:

$$C_p > 2$$

Grado Sigma 6, la identifica de Clase Mundial

Nivel de Calidad = 99.9997 %

$$DPMO = 3.4$$

Si nos damos cuenta, nuestro análisis cae en ser una empresa de Clase mundial, esto mismo nos pasó con la resistencia.

Enseguida, identificamos nuestro estado del proceso para analizar la variabilidad.

Se obtuvieron 0 puntos fuera de nuestro LS dando un 0% esto quiere decir que nuestro proceso es estable.

Para clasificarlo retomamos la tabla 3.1 y tendríamos un proceso estable tipo A.

Aunque hay que enfocar los esfuerzos hacia mejorar la operabilidad del proceso. Ya que los datos se encuentran muy cerca de nuestro LS y deberían de estar más próximos hacia el LC.

Utilizamos ©2013 Minitab Inc. Nuestro análisis y el procedimiento es similar al que se hizo anteriormente (resistencia).

Para el revenimiento no tiene caso utilizar un gráfico de puntos porque la frecuencia cae en sólo dos valores.

En el siguiente histograma se muestra lo mencionado.

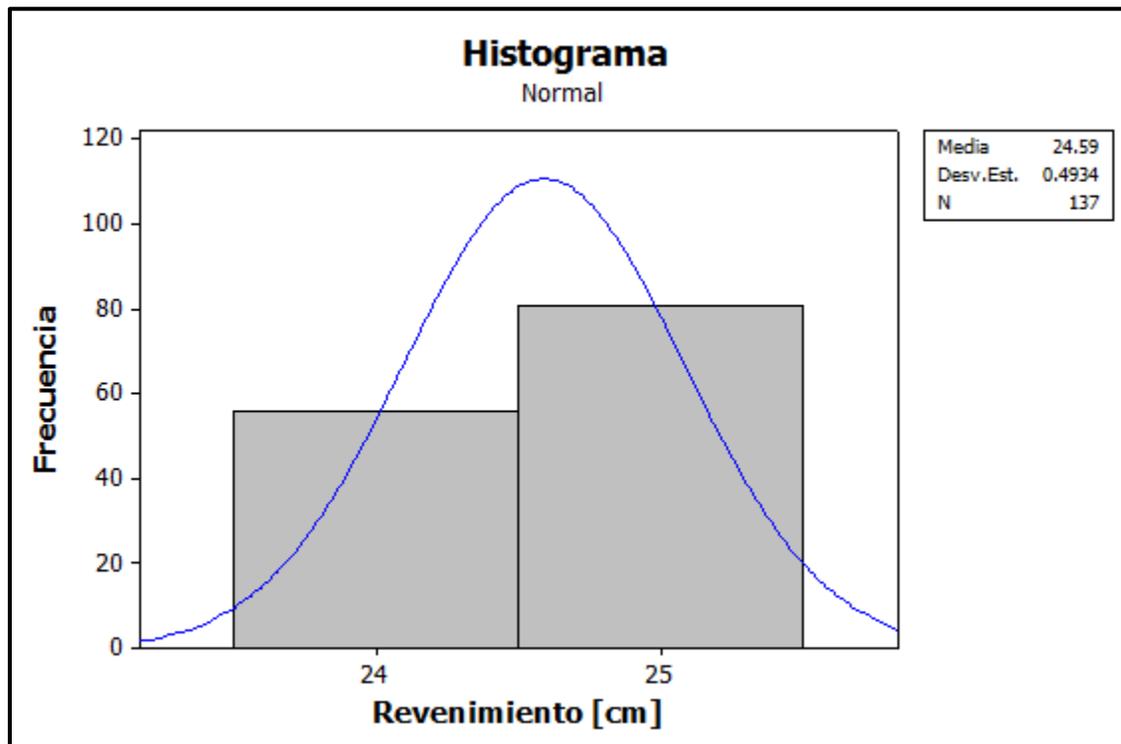


Gráfico 3.5 Histograma o gráfico de barras, revenimiento

Nos arroja la misma media y desviación estándar. Los datos forman nuestra campana de Gauss muy parecida a ser seis sigma.

Notamos que el histograma es simétrico.

Con base en el gráfico 3.4 ratificamos que nuestro proceso tiene poca variabilidad. También se le considera un proceso centrado. Con sesgo ligeramente hacia la izquierda (negativo). En este caso hablamos que efectivamente se encuentran cerca de tener un proceso ideal.

Estudiando la resistencia en los cilindros de concreto se obtuvieron gráficos más representativos y un análisis más extenso.

En el revenimiento observamos que el proceso se encuentra cerca de ser perfecto. Esto se dice cuando los límites reales están dentro de las especificaciones. Si bien no lo logran aún, están cerca.

CAPÍTULO 4

PROPUESTA DE MEJORA AL SISTEMA DE CALIDAD DE PRET A TRAVÉS DE SIX SIGMA

4.1. Propuesta de calidad.

Si bien en algunas empresas se ha utilizado Six Sigma como una filosofía de vida. En dicha tesis se utilizó como una herramienta para evaluar y proponer una mejora para los procesos en la resistencia y el revenimiento en los cilindros de concreto, en nuestro caso de estudio PRET.

Por ello se decide utilizar algunos conceptos de dicha metodología para medir la variabilidad y la capacidad de proceso para las columnas oblongas tanto en su resistencia como el revenimiento. Dado que fueron los datos más “estables” que ambos compartían.

Se presentan algunos puntos importantes como parte de una propuesta de mejora en PRET.

En la figura 3.1 y 3.2 nos encontramos con el organigrama y las actividades de la producción. Lo rescatable es que al poseer este modelo como mejora del proceso, les ha permitido identificar problemas y tener planeación al ejecutar trabajos de ingeniería. En algunas ocasiones lo que ha fallado es la coordinación. Si el proceso actual es accesible para sus clientes contra la calidad brindada, es eficiente y en el tiempo de respuesta deseado. No hace falta cambiar, sino adaptarse a los cambios que se presenten.

En PRET cuentan con una supervisión interna y externa. Eso hace que tengan siempre en mente la calidad hacia sus clientes y seguir siendo competitivos en prefabricados de concreto.

Para el caso de la resistencia:

- Se analiza que por medio de las cartas de control, es como se visualizaron los puntos que están fuera del LS. Se puede mejorar si se asegura la calidad, tal vez en su operación, basándonos en la tabla 3.1. Si se implementan dichas cartas, se puede tener un parámetro de lo que se hace durante el proceso. Así se conseguiría saber el momento inestable.
Los puntos en la carta deberían estar más cerca del LC que del LS para que fuera más estable. Esto es entre 500 y 700 [kg/cm²] para llegar a la estabilidad y evitar puntos fuera de los límites LI y LS.
- Pueden quedar configuradas (cartas de control) como fichas o memorias técnicas para que su consulta quede al alcance de todo el personal involucrado.

- Con la implementación de estadística se puede profundizar el análisis. Se utilizó el software Minitab para que Excel tuviera una ayuda en cuanto a estadística se refiere (gráfica de barras). Entonces se elaboraron gráficas y se compararon resultados. Minitab nos muestra un croquis y un histograma, de esta manera sabemos que estamos lejos de ser un proceso estable. Se debe volver hacer el análisis y volver a realizar mediciones de ser necesario hasta tener un histograma centralizado.
- Con esas dos herramientas (cartas de control y Minitab). Serían de gran apoyo para que el proceso se vuelva más estable.
- De esta manera el análisis de PRET es parte de nuestra propuesta de mejora, ya que comprobamos que las herramientas que se utilizaron fueron de ayuda.

Para el caso del revenimiento:

- Al analizar los gráficos del revenimiento, nos dimos cuenta de que su campana de Gauss está muy cerca de ser centralizada.
Aunque observamos que se encuentran cerca del mínimo error deberían de bajar los números de los datos ya que están muy cerca de la tolerancia y si su LC dicta 22 [cm], sus datos deberían de estar entre 20 y 24 [cm] para que no queden tan cerca de la misma tolerancia permitida.
- En todo proceso debemos poder identificar el tipo de causa para poder encontrar alguna solución y eliminarla, ya que cuando la variabilidad que queda es solo de tipo operacional, se dice que el proceso se encuentra en estado de control.

Nuestra propuesta se basa en los resultados obtenidos así como en diferentes bibliografías de lo que es la metodología.

Podemos notar (en el revenimiento) que se lleva un buen registro de los mismos datos y tal vez en base a la experiencia obtienen buenos resultados.

En la resistencia se obtienen resultados menos favorables y aunque se le puede catalogar una empresa de clase mundial. Al compararlos con otras tablas nos damos cuenta que se es un proceso inestable.

Ambos procesos han sido evaluados de la misma manera, con el fin de que el análisis fuera menos complicado.

Es normal encontrar errores (aunque como se ha estudiado pueden evitarse) en cualquier proceso de calidad, aunque muchos de ellos son por el factor humano. En la tabla 3.1 se hace mención varias veces de volver a realizar un proceso porque en la producción y/o verificación se puede encontrar el error.

La parte operacional es factor en cualquier empresa, porque se puede aumentar o rezagar la capacidad de una empresa.

CONCLUSIONES

Aunque en la actual tesis no se habló nada de costos^{xii} pues no era el objetivo principal, podemos concluir que una empresa que no invierta en controlar su calidad deberá soportar costos elevadísimos. Es muy probable que pueda quedar demasiado inestable al grado de quebrar. El costo de los errores es muy alto, ya que la mayoría son en cadena y uno nos llevará hacia el siguiente nivel hasta que nuestra calidad sea muy baja.

Sin embargo, a medida que invertimos en ella nuestros errores son menos, tener un certificado de calidad en un proceso no nos asegura el éxito. Lo que nos asegura, es tener orden y detectar rápido un problema.

Nuestra hipótesis no se pudo alcanzar, ya que se pretendía que Six Sigma debía evaluar la variabilidad y la capacidad de proceso en columnas oblongas como una propuesta de mejora.

Hubo inconvenientes que no se previeron al comienzo de dicha tesis. La falta de información disponible, fue factor. Algunos datos estaban incompletos porque se encontraban en revisión y no existía una fecha concreta en la pudieran ser proporcionados.

Para realizar dicha tesis, se tomaron herramientas de Six Sigma midiendo la variabilidad y su capacidad. Así se presentó el diagnóstico de PRET y su propuesta de mejora.

La realidad es que los datos obtenidos no dan para que Six Sigma sea una filosofía porque no todas las muestras tenían las mismas características para que se complementaran entre sí.

Para hacer recomendaciones más profundas es necesario vivir prácticamente en el entorno, para saber lo que si funciona y lo que debería de funcionar.

No se tiene una solución inmediata para transformar un sector de una empresa y cuando se presenta una propuesta es muy complicado de aplicarse de inmediato.

Hace falta el apoyo de todo el equipo de trabajo para llevarla a cabo, los principales que se deben de convencer son los directivos o la alta dirección ya que en ellos recaen todas las decisiones, buenas o malas. Solo así se puede pensar en algún cambio en cualquier nivel de calidad.

Se deben hacer proyectos de calidad originales, estrategias firmes y evitar las repeticiones y/o imitaciones de cualquier otro proceso. Para llegar a ser una empresa de clase mundial debe tener: capacidad de mejorar la calidad a simple vista del cliente, capacidad de eliminar o depurar el desperdicio que nos va a generar un costo y la capacidad de medir el impacto y dirigir los esfuerzos hacia el proceso menos favorable que tenga una empresa. Es importante tener en cuenta lo anterior para lograr una calidad exitosa.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Variación en los procesos (variabilidad): 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.

Desviación estándar del proceso o medida de dispersión [σ]: refleja la variabilidad de un proceso.

Evaluar la habilidad o capacidad de un proceso, consiste en conocer la amplitud de la variación natural de este, para una característica de calidad dada, lo cual permite saber en qué medida, tal característica de calidad es satisfactoria (cumple con la especificación).

La distribución normal: es una de las distribuciones más usadas e importantes. Su propio nombre indica su extendida utilización, justificada por la frecuencia o normalidad con la que ciertos fenómenos tienden a parecerse en su comportamiento a esta distribución. Muchos eventos reales y naturales tienen una distribución de frecuencias cuya forma es muy parecida a la distribución. Es una distribución de medias (promedios).

Capacidad de proceso: es conocer la amplitud de la variación natural, para una característica de calidad dada, lo cual permite saber en qué medida tal característica de calidad es satisfactoria (cumple con la especificación), que establece el propio fabricante, el cliente o la normativa.

Mejora de proceso: el cambio dirigido o cambio organizacional se ha convertido en una necesidad real de toda empresa que quiera conservar su posición competitiva; así, las organizaciones cambian en la medida en que sus dirigentes se orientan hacia el mejoramiento continuo, que redundará en un incremento de sus niveles de productividad.

BIBLIOGRAFÍA

- Manual para supervisar obras de concreto. ACI 311-99
IMCYC, A.C.
Primera edición, 2002
Impreso en México
- Diseño de un plan de implementación Six Sigma en la industria manufacturera
Universidad Técnica Federico Santa María.
Departamento de Industrias.
Valparaíso-Chile, 2005.
- Planificación y seguimiento de obras. Teoría y aplicaciones
OLIVER Pina, Jesús.
Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Ingeniería de la Construcción y de Proyectos de Ingeniería.
Servicio de publicaciones SPUPV-98.506
- Juran y el liderazgo para la calidad. Un manual para directivos.
JURAN, J.M. Versión española por: NICOLAU, M. Jesús y GOZALBES B. Mercedes.
Ediciones Díaz de Santos, S.A., 1990
- La calidad no cuesta. El Arte de Cerciorarse de la Calidad.
CROSBY, Philip B.
McGraw Hill Book Company
Decima reimpresión, 1997
Impreso en México.
- Curso: Six Sigma. Black Belt.
Altos Group. Quality Standards.
Impreso en México, 2013
- ¿Qué es el Control Total de Calidad? La modalidad japonesa
ISHIKAWA, Kaoru.
Segunda edición de bolsillo.
Grupo editorial Norma.
Impreso en Colombia, 1985.
- Manual de diseño de estructuras prefabricadas y presforzadas.
Asociación Nacional de Industriales del Presfuerzo y la Prefabricación A. C. (ANIPPAC) y el Instituto de Ingeniería, UNAM
México, 2000.
- Calidad Total y productividad
GUTIERREZ Pulido, Humberto.
Segunda edición.
Mc Graw-Hill

Impreso en México, 2008.

- CFGM Equipos e instalaciones electrotécnicas. CFGM Equipos electrónicos de consumo.
GOMEZ, P., MOLINÉ, J. y BARBANY, A.
Ediciones técnicas Marcombo
Impreso en España, 2011.
- Six Sigma: Control estadístico del proceso y administración total de la calidad en manufactura y servicios.
TENNANT, Geoff
Panorama editorial.
Sexta reimpresión, 2007.
Impreso en México.

REVISTAS

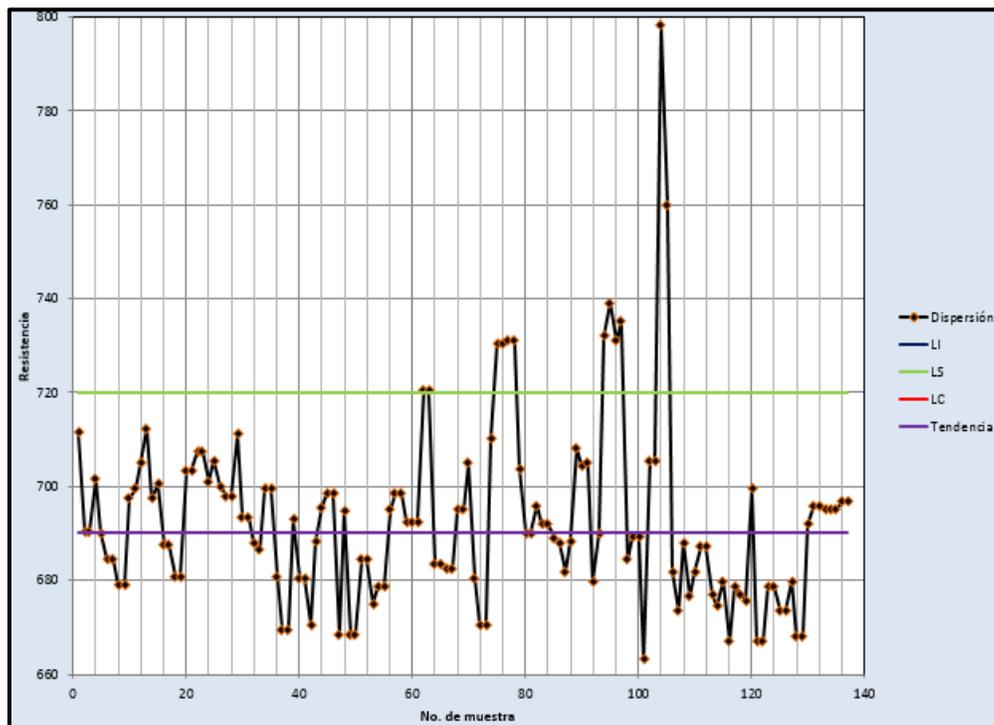
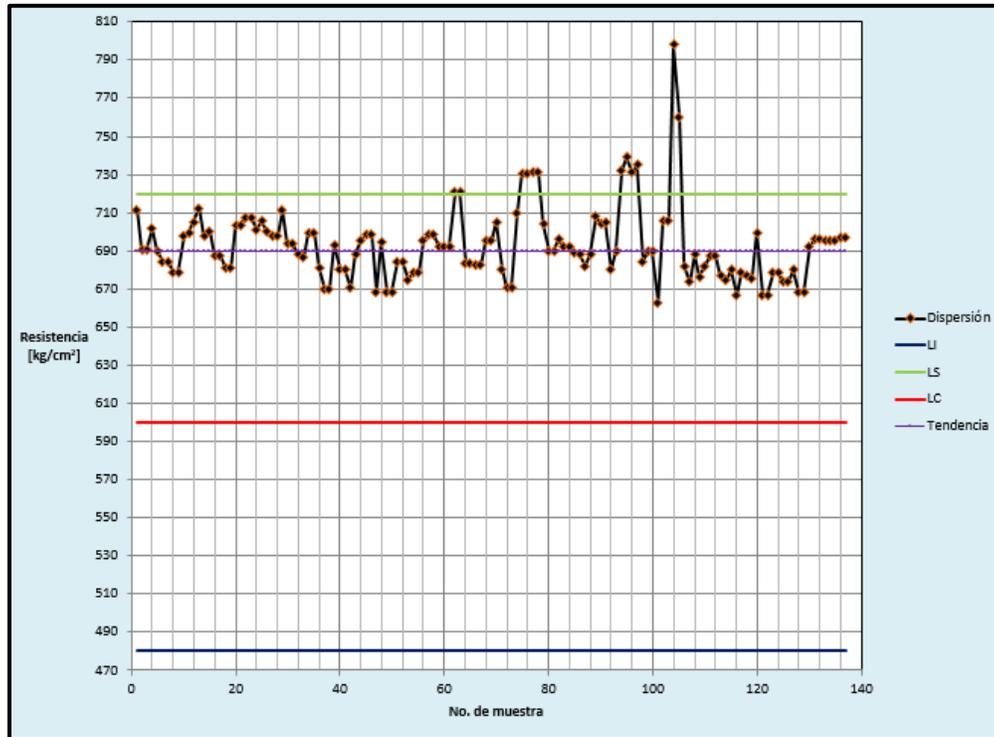
- Six Sigma y Caterpillar: una transformación cultural [versión electrónica]. © by the Institute of Management Accountants. Este artículo ha sido publicado anteriormente en Strategic Finance con el título "The Pervasive Success of 6 Sigma at Caterpillar". Referencia n.º 3648.
- Las 100 mejores razones para utilizarlo siempre [versión electrónica]. Asociación Nacional de Prefabricados y derivados del Cemento. Adaptación del libro "The Little Book of Concrete" editado por la British Precast Federation. Madrid, 2008.

PÁGINAS WEB CONSULTADAS

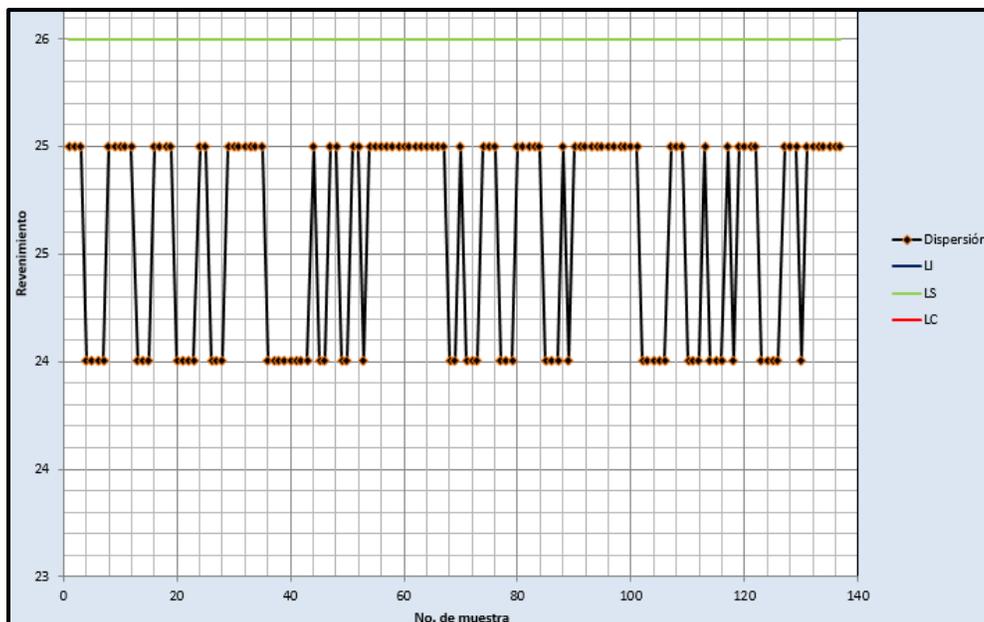
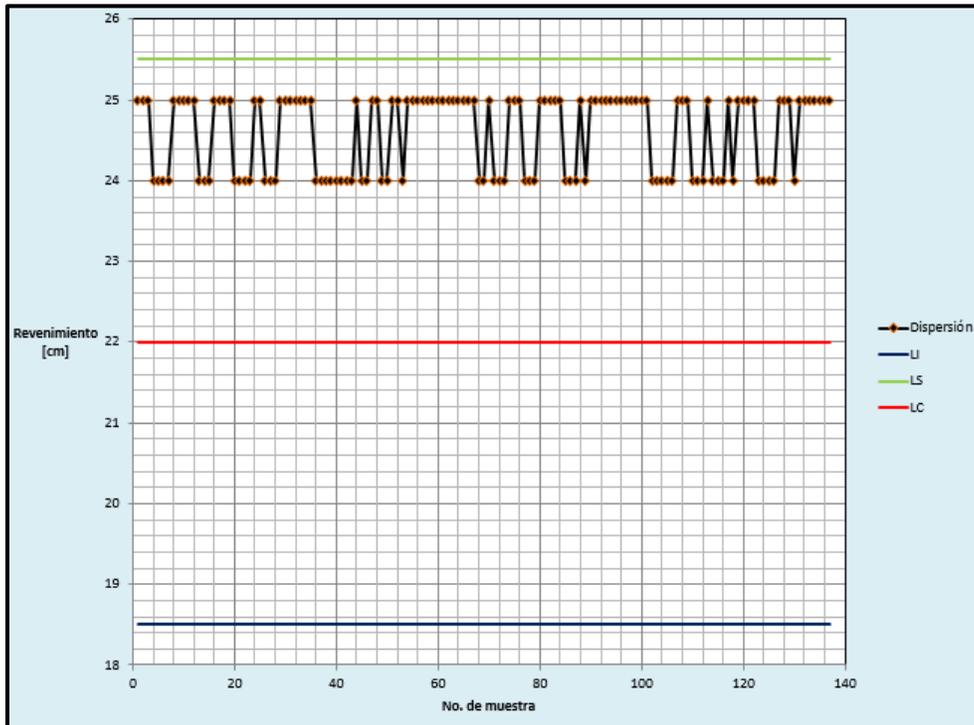
- <http://www.definicionabc.com/general/ceo.php#ixzz2UqFalJMa>
- <http://www.wordreference.com>
- <http://www.imcyc.com>
- <http://www.imcyc.com/ct2008/abr08/tecnologia.htm>
- www.biblioteca.co.cr/html/glosariofinanciero.shtml
- <http://es.mimi.hu/economia/staff.html>
- http://www.gewater.com/es/about/we_believe/six_sigma.jsp
- <http://www.noguerakrb.net/index.php/ssgb>
- <http://sixsigmaspace.blogspot.mx/search/label/Empresas%20Six%20Sigma>
- <http://www.minitab.com/es-MX/default.aspx?langType=2058>
- <http://www.google.es/intl/es/earth/index.html>

ANEXOS

Anexo 1. Acercamiento de puntos que se encuentran fuera del LS para la resistencia.



Anexo 2. Acercamiento de puntos para el revenimiento.



NOTAS

ⁱ CEO (Chief Executive Officer).- Una interpretación en español sería; Presidente Ejecutivo. Es la persona que tiene a su cargo la máxima autoridad de la gestión y dirección administrativa en una empresa, organismo, asociación o institución.

ⁱⁱ Norma UNE 66901.- El uso de la Serie de Normas Internacionales ISO 9000 (en España UNE 66900) abarca a la totalidad de los casi 100 países, miembros de la “Organización Internacional de Normalización” (ISO) y a su equivalente europea EN 29000 a la que están obligados a adherirse los países miembros de la Comunidad Europea Económica y de la Asociación Europea de Libre Comercio.

La Norma UNE 66901 (ISO 9001) son sistemas de calidad. Modelo para el aseguramiento de la calidad en el diseño, desarrollo, producción, instalación y servicio postventa.

ⁱⁱⁱ Cero Defectos.- está basado en el hecho de que los errores son ocasionados por dos cosas: falta de conocimiento y falta de atención.

La falta de conocimiento puede ser medida y atacada por medios probados y verdaderos. Pero la falta de atención es un estado mental. Es un problema de actitud que debe ser cambiado por el individuo. (Crosby, 1987)

^{iv} Staff.- Conjunto de personas que, en torno y bajo el mando del director de una empresa o institución, coordina su actividad o le asesora en la dirección.

^v DPMO.- defectos esperados por millón de oportunidades.

^{vi} Cp.- Capacidad o habilidad del proceso.

^{vii} Arnold Van Acker.- Retirado desde 2001, comparte su experiencia dentro de las áreas de investigación, desarrollo y tecnología de productos de concreto pretensado y precolado en diversas universidades de arquitectura e ingeniería alrededor del mundo. En ellas imparte cátedra a nivel de maestría sobre nuevos usos y avances de elementos prefabricados. Miembro de la junta directiva de la escuela Técnica Superior de Arquitectura en Bruselas; del comité Europeo de estandarización de la Belgian Precast Concrete Federation (BEFE, por sus siglas en inglés) y de la International Concrete Federation (ICF, por sus siglas en inglés), habiendo presidido esta última de 1986 al 2002. Sus aportaciones enfocadas al desarrollo innovador de pretensados y precolados lo ha hecho merecedor de diversos reconocimientos por parte de la ICF y el European Committee for Standardisation.

^{viii} Oblongo(a).- adj. Más largo que ancho.

^{ix} Estable.- adj. Constante, firme, permanente, que no se encuentra en peligro de sufrir cambios.

^x Capacidad.- se refiere a los recursos y actitudes que tiene un individuo, entidad o institución para desempeñar una determinada tarea o cometido.

^{xi} Revenimiento.- prueba de laboratorio que indica el nivel de consistencia o capacidad de flujo del concreto. A menor revenimiento (el mínimo es revenimiento cero) menor capacidad de flujo.

^{xii} Costo.- es el valor monetario de lo que consumimos.

V E S S E R G E T R L M D T H M A R T H A Z B O I G R E S E S O J W I Z A R D
 O U I O S Z A L G U V B U N I M O Z X M S E R G I O P Q S L G U W E R D P T U
 H A B J D S S M A R E M R M M L I W E B U R F I E W E S O M A R S D I Q V T R
 N P Z A Z M F F W Q Z X A P D Q N V C N T E V Q S S I R A B Y A B Q N A N Z A
 V L D O R A C E C I Y M **N O S S N I P Q M P B S A Y I Z G A V C G P N C P Z N**
 X T Y U K R L P X A L L A C E G N N N O J K L P G E T R A B X V D P O T P O N
 Z R C X S T Z Z Y B R E G N N D D N O J E G N N O J H H X R M K B O V I P H V
 I S S D C H A R L I E O L G U I F R T H A Z B O I R E S X P D K I L A T Y N X
 L X R M K A O V A O D Z M A K I T N O J A O P R A S D S D S J U L M T U N V Z
 I Z G X R M K I Z G M P B P B W E T P B D G F T L W O B O V W L R P I D P O I
 W Q A B X R M K Q A B Z N Z N A C E Z N U B C H A R L J O Y B O V A O D P H L
 I Z G G H J O V A O D Y W Y W **L E X Y W R N M A W E S O V B O V Q I N Q L N D**
 D Q A B X R M K O V A O D A Z E S E A S A T U V A S W E S O B O V K K M P V U
 Q P X R Z Y X R M K O V A O D E S E I P Q M X R M K S S B O V B O V S A H H T
 C D E L M N O J K L M D E A B N S T U V W X Y Z H I N B D T B D E T S T U V I
 P Z X M S E R O V A O D P A K I P B D S A E S E W E S T H A Z B O I W E S O T
 K R T H A Z B O I O P B R A C E Z N U **T E M A S W E S G U R T H A Z B O I T C**
 A A L G U Z D T P L Z N D R R L Y W R Y B D E M A R M A R R Q D G H J P L L A
 M D M A R W I U E B R A B R A K R K A H W E S O R Q N A N Z A V Z X E L G U D
 S U D E P B O E R N W E S O G H T H N J M N O P Q P N C P Z S N O R P M A R U
 O R Z X Z N S P M A A B R A **A C H A R L T U V W A O O T P O M L E S A A N Z R**
 J A B B Y W D I E U N Z S O N M A W E S O X X L G U D E T W V Z B N W E S O A
 M E R R O T B D E T S T U V T U V W A **L A Y Y M A R Y R T H A Z B O I L G U N**
 C F S I D P L G U B V O Z N G O N R P A K I X Z F F Y L G U D E T L P M A R A
 E S E S O J M A R B R A L G U M N T R T H A Z B O I X M A R D E T Q N A N Z C
 D R J M A B D E T S T U V A R Q C H A R L O N **P E R F E C C I O N P N C P Z T**
 O S I S J M A T B D E T S T U V W A B V O Z N G O X Z B D E Y L O P O T P O I
 W E S L P L M N O I D B R A O S E R G O R P G O R P G O R P D E T S T U V L T
 Q I D P P J M A Q S O D P L G U D D E T U V W X G O R P Y Z H L G U Q N A N U
 Z S O J J L M N O D E T S T U V B D E T B D E T S T U V M A R M A R P N C P D
 V I D J W A P E L G U E R I G O N **U N C A M X R M K L G U U V C E Q P O T P O**
 S S O J U I Q L M A R O S N E T U D E W R Z P D **L A M A R T B D E T S T U V K**
 R O E R T G Z U V P B V C N P B T U D E J M A X Y M N O V A O D P E E S T H P
 M I O S Z P A A I Z N B V O Z N G O R J M A X Y M N L **A L C A N Z A R A S K U**
 S G V C B Y I R R Y W X Y V Y W E T U C X D E T P O V A O D P B O V A O D P Y
 O N B V C N X R L D A Y X A D E A B N S W L G U N G D E V Q I N Q V Q I N Q R
 M P C H D P N H O P U H D T W O K N S L P M A R M Q **S A L V A D O R D A L I E**
 D P S E I P Q M L A S W R O I D E M N G E T G E T R Z U T N B V N B V S I D P
 C D P Q M N S T U D E W X R Z P D N Q V E S F G N B V C F S I D P L G U I U T
 D E W X Y M N S T U D E N S A F G H D P Y E S I D U V C E T R P L G Y Z U T Z