

Mejora del cumplimiento de fechas programadas en servicios de calibración aplicando Seis Sigma

ZENAIDA ENCISO ACUÑA¹

RECIBIDO: 05/09/2019 ACEPTADO: 20/12/2020 PUBLICADO: 16/10/2020

RESUMEN

El presente artículo es el resultado de la aplicación de la metodología Seis Sigma para la mejora del cumplimiento de las fechas programadas en los servicios que se realizan en las instalaciones del cliente por parte de un laboratorio de calibración. La metodología Seis Sigma, a través de sus cinco etapas, permite definir el problema de manera específica y cuantitativa, medir el desempeño del proceso afectado, identificar y analizar las causas raíz, así como establecer las acciones para superarlas y los controles para el mantenimiento de las mejoras. De esta forma, el laboratorio incrementa el cumplimiento de las fechas programadas de un 56.2% a un 70.3%, al igual que el grado de satisfacción del cliente de un 72.3% a 84.6%.

Palabras clave: Seis Sigma; cumplimiento; servicio.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Organización Internacional de Normalización (2015), cuando una organización apunta hacia la calidad, se fomenta una cultura enfocada en cumplir con las necesidades y expectativas del cliente, por medio de comportamientos, actitudes, actividades y procesos que proporcionan valor; por lo tanto, la calidad del producto o del servicio ofrecido por la organización se establece con la capacidad de esta para satisfacer a los clientes. Del mismo modo, Besterfield (2009) afirma que “una organización debe proporcionar un producto o servicio de alta calidad a sus clientes, que satisfaga sus necesidades: un precio razonable, entrega oportuna y servicio excepcional” (p. 38). Por otra parte, para Gryna (2002), la satisfacción de los clientes supone el grado que estos consideran que sus expectativas son respondidas o excedidas por los beneficios recibidos. Asimismo, Quijano (2003) sostiene que, en la evaluación realizada al servicio, el cliente cree que el cumplimiento de lo pactado y la capacidad de respuesta son los factores más importantes; pues, si la empresa cumple con todas las promesas establecidas por el servicio, entonces el cliente puede confiar en ella para cualquier necesidad futura con la certeza de que no perderá tiempo ni dinero.

En efecto, Zemke (como se citó en Evans y Lindsay, 2008) menciona que los dos componentes fundamentales de la calidad del servicio son las personas y la tecnología, puesto que se ha demostrado que la satisfacción de un empleado de servicio es correlativa a la del cliente. Con respecto al otro componente, la tecnología de la información es primordial debido al manejo de la gran cantidad de información que se debe procesar y a la exigencia de los clientes por un servicio con mayor velocidad. En cambio, para Nakhai y Neves (2009), el servicio de calidad es una prioridad para aquella empresa que desea diferenciarse de su competencia.

¹ Ingeniería Química por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Lima, Perú). Consultor independiente (Lima, Perú).
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5860-4515>
E-mail: zenaida.enciso@gmail.com

Por otro lado, Lankford (2005) opina que la programación brinda una ventaja competitiva y que la búsqueda de cumplir con entregas a tiempo incentiva a tener una mejor programación. Como beneficio adicional de la programación está el desarrollo de la comunicación dentro de la organización, que se evidencia al compartir información confiable y objetiva al personal involucrado. Es por esto que, para Pérez (2014), los problemas de una organización se producen por el uso inadecuado de los recursos, ignorando los aspectos o factores que pueden favorecer el buen desempeño; por lo que se debe tomar en cuenta también el compromiso del personal, dado que este representa el factor humano que administra los demás recursos. Según Gutiérrez (2008), para que las organizaciones mejoren su desempeño y la forma para afrontar estos retos es necesario que se identifiquen las causas de fondo, las cuales muchas veces están en el diseño de los procesos.

Como han señalado otras investigaciones, problemas de incumplimiento de la fecha de compromiso acordada con el cliente, lo cual puede suceder en un laboratorio de ensayo que ofrece servicios de análisis de muestras medioambientales, se presentan en empresas de servicios y producción (Palacio, Quispe, Ylesca, Cañi y Velazco, 2013); en la industria plástica dedicada a diseñar, fabricar y comercializar materiales de empaque (Rojas, 2008); en Danuser Machine Company (Lankford, 2005); en la empresa Perú Courier (Ramos, 2013); y en empresas que fabrican diversos productos ubicados en la India (Desai, 2006).

El Seis Sigma, de acuerdo con Oke (2007), es una herramienta que se utiliza para resolver problemas organizacionales, especialmente aquellos que buscan mejorar la calidad de los servicios al cliente, lo que permite incrementar su satisfacción (Kuei y Madu, como se citó en Desai, 2006). Por ello, la presente investigación se enfoca en determinar cómo impacta la aplicación de la metodología Seis Sigma en la atención de los servicios de calibración realizados en campo y en la ciudad de Lima.

METODOLOGÍA

1. Tipo de investigación

La investigación es aplicada, puesto que, según la definición de Sánchez y Reyes (2015), este tipo de estudio se interesa en aplicar los conocimientos teóricos a una determinada situación y en las consecuencias prácticas que resulten; además, su objetivo es conocer para hacer, actuar y modificar alguna situación. Entonces, en esta investigación,

la finalidad de aplicar la metodología Seis Sigma fue para cambiar el resultado del cumplimiento de las fechas programadas de los servicios que se realizan en las instalaciones del cliente.

Asimismo, la investigación es descriptiva, porque busca explicar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice. Es decir, únicamente se pretende recoger información sobre los conceptos o las variables con las que se trabajan, de manera independiente o conjunta, como lo señalan Hernández, Fernández y Baptista (2010). Por tanto, en el trabajo se buscó recopilar y medir la información de las variables que afectaron el cumplimiento de las fechas programadas de los servicios que se realizan en las instalaciones del cliente.

2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es cuasiexperimental, debido a que no hubo control total sobre las condiciones experimentales, ni la capacidad de seleccionar o asignar aleatoriamente los sujetos a los grupos de estudio. Del mismo modo, el diseño utilizado fue el pretest y postest, y se empleó de la siguiente manera:

$$O_1 O_2 O_3 X O_4 O_5 O_6$$

Donde:

X: es la variable independiente; es decir, la implementación del Seis Sigma

O_i: son las observaciones antes y después de la variable dependiente

3. Unidad de análisis

La unidad de análisis de la investigación correspondió a los servicios de calibración realizados por el laboratorio en las instalaciones del cliente.

4. Población de estudio y tamaño de muestra

Para este trabajo no se utilizó población de estudio ni tamaño de muestra, ya que el proyecto hizo referencia a una investigación por caso, y se analizó profundamente la unidad para responder al planteamiento del problema, probar la hipótesis y desarrollar alguna teoría. Para las encuestas, el tipo de muestreo empleado fue el tipo probabilístico estratificado.

5. Técnica de recolección de datos

La Tabla 1 muestra las técnicas e instrumentos empleados.

Tabla 1. Técnicas de recolección de datos.

Técnica	Instrumentos
Cuestionarios	Registros del sistema de gestión
Entrevistas	Esquema y toma de notas
Revisión de gabinete	Reportes de base de datos
Escalas	Encuestas

Fuente: Elaboración propia.

6. Análisis de datos

En la Tabla 2 se indica el proceder para el análisis de los datos.

RESULTADOS

1. Etapa Definir

En esta etapa se define el problema preliminar, con el objetivo de determinar el alcance del proyecto, y los factores críticos de calidad para el cliente (Molteni y Cecchi, 2005).

En el trabajo se tiene claro que el principal problema del laboratorio es el incumplimiento de las fechas programadas para la ejecución de los servicios de calibración, el cual genera pérdidas económicas —73.4% por pérdida de clientes (servicios que se ejecutaron sin cumplir con la fecha), 12% por sobrecostos y 14.6% por servicios anulados—. Esto se refleja en los resultados de las encuestas de satisfacción, donde el menor nivel de satisfacción se encuentra en el primer ítem, el cual tiene un 72.3%. Por otra parte, las quejas muestran que el 24.4% de estas están relacionadas con la demora en la atención de los servicios; asimismo, con respecto a la medición del proceso, se tiene establecido un cumplimiento de las fechas programadas de

atención del servicio de 80% como mínimo, pero se cumple con el 56.2%.

Por tanto, se busca incrementar el porcentaje del cumplimiento de las fechas programadas a un 80% y, por ende, el grado de satisfacción del cliente. Para conseguirlo, los procesos están relacionados con la programación del servicio en campo y la calibración de equipos de medición, debido a que en el primero se programa y en el segundo se ejecuta propiamente el servicio. Cabe mencionar que estos tienen subprocesos, como el que se muestra en la Figura 1.

Los resultados de las encuestas de satisfacción del cliente, las quejas y los comentarios del cliente, por medio del personal del laboratorio y de una investigación interna, permiten conocer la voz del cliente y sus requerimientos (ver Tabla 3), así como el efecto de no tomar acciones sobre la opinión del cliente.

2. Etapa Medir

En esta etapa se evalúan las características de los procesos identificados en la primera etapa, a través de la estratificación de factores y del nivel de desempeño de los indicadores definidos, de acuerdo con lo planteado por Molteni y Cecchi (2005). Además, se observa que:

- El cumplimiento de las fechas programadas de los servicios es menor en provincias que en Lima. Sin embargo, el proceso para la ejecución de los servicios realizados en provincias es similar a los de Lima.
- El personal influye en el cumplimiento de las fechas programadas; por ejemplo, el

Tabla 2. Matriz de análisis de datos.

Variable dependiente		Indicador	Escala de medición	Estadísticos descriptivos	Análisis inferencial
H. E. 1	Cumplimiento de las fechas programadas de ejecución de los servicios de calibración realizados en campo	Ratio de cumplimiento de fechas programadas	Proporción o razón (0-100)	Medidas de tendencia central: media aritmética, mediana y moda Medidas de variabilidad: desviación estándar y coeficiente de variación Tabla de frecuencias	t de Student
H. E. 2	Nivel de satisfacción del cliente después de implementar la metodología Seis Sigma (6S)	Ratio de satisfacción del cliente después de implementar 6S	Ordinal (1-6)	Conteo	2 proporciones
H. E. 3	Nivel de quejas recibidas por programación de los servicios	Ratio de quejas recibidas por programación de los servicios después de implementar 6S	Proporción o razón (0-100)	Medidas de tendencia central: media aritmética, mediana y moda Medidas de variabilidad: desviación estándar y coeficiente de variación Tabla de frecuencias	t de Student

Fuente: Elaboración propia.

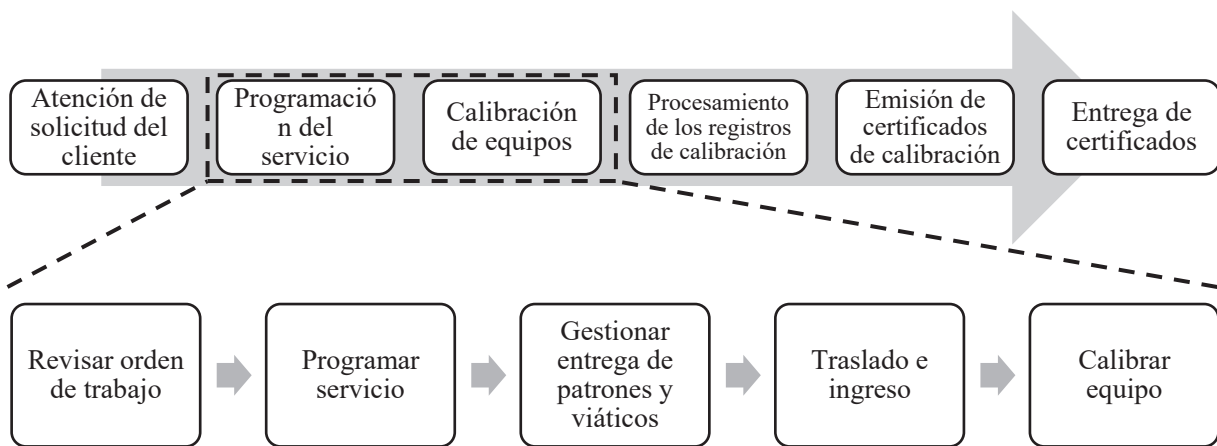


Figura 1. Procesos relacionados con la calibración de equipos.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. La voz del cliente.

Opinión del cliente	Efecto	Requerimiento
No responden las llamadas o correos para consultas sobre la atención de los servicios Demora en la programación del servicio de calibración No se solicita confirmación de la fecha programada; y, si se realiza, no es con el usuario directo No se cumple con la fecha y la hora programadas de atención del servicio El personal que inicia el servicio es distinto al que termina, lo cual no se le comunica al cliente No se culmina con el servicio según lo programado Se reprograma el servicio a último momento El técnico no cuenta con los patrones para realizar el servicio	Pérdida de clientes Incremento de las quejas Pérdida de imagen Retrabajos Disminución de las ventas Publicidad negativa Desmotivación del personal Incremento de costos de no calidad Cancelación de servicios	Accesibilidad a la empresa Rápida respuesta a la programación Mantener una comunicación activa entre cliente-usuario para la programación de los servicios Atender el servicio y culminarlo según lo programado Comunicar posibles cambios durante la ejecución del servicio Mantener la programación del servicio Confiabilidad del servicio. Calificación de los resultados presentados El personal debe estar provisto con los patrones requeridos para atender el servicio

Fuente: Elaboración propia.

coordinador que realiza el servicio, si bien no tiene la información completa, solicita la información al hacer las coordinaciones con el cliente. Asimismo, la cantidad de servicios a programar también es influyente, por lo que se considera a los coordinadores para el análisis.

- Los resultados del cumplimiento de las fechas responden al vendedor, quien genera la orden de trabajo y consigna toda la información respecto al servicio que se brinda. A esto se le conoce como información técnica, información del contacto-usuario, etc.
- Al ser cada procedimiento de calibración distinto para su ejecución, sobre todo en el empleo de los instrumentos de medición

a emplear y en las condiciones bajo las cuales se realiza, esto afecta también en el cumplimiento de la fecha programada, tanto por la persona que debe consignar la información como por aquella que debe realizar las coordinaciones para su ejecución.

De la evaluación de desempeño del proceso (ver Figura 2) se advierte que el nivel sigma obtenido para el proceso es de 1.68 con 426205 DPMO, y con un rendimiento del 57.38%. Por lo tanto, el proceso se encuentra fuera de control y no es satisfactorio.

3. Etapa Analizar

Molteni y Cecchi (2005) señalan que, en esta etapa, entender la relación entre las variables y los resultados de los procesos permite la identificación

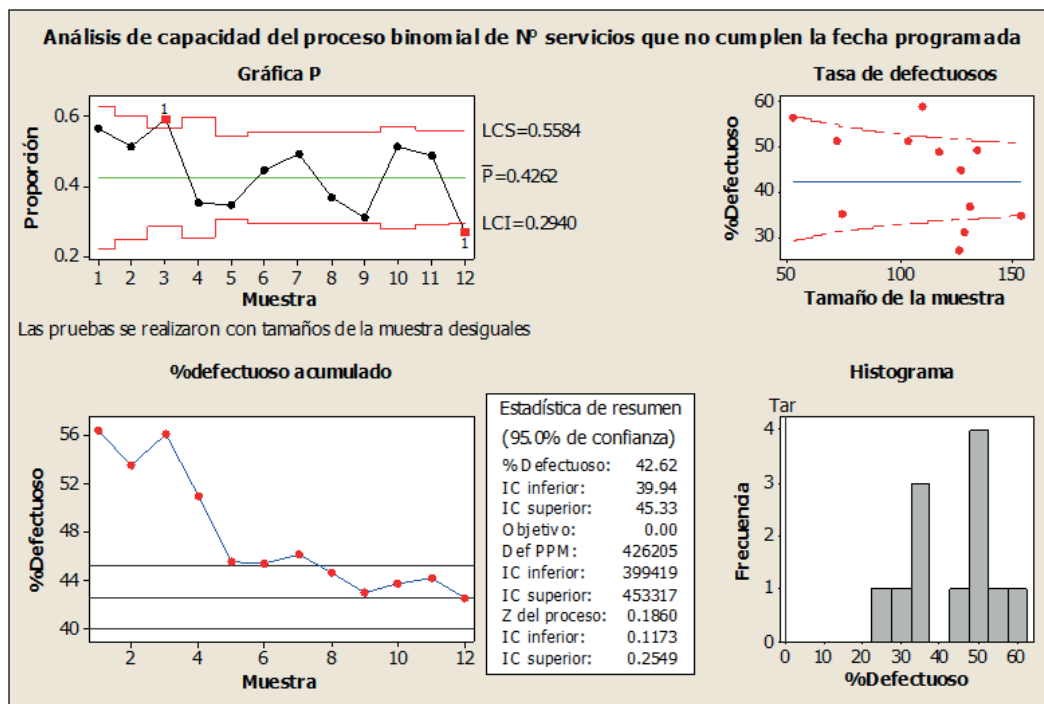


Figura 2. Análisis de la capacidad del proceso binomial del número de servicios que no cumplen con la fecha programada.

Fuente: Elaboración propia.

de su relación. Por medio del Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF) y la identificación de posibles causas del flujograma del proceso, se identifican las causas potenciales, aquellas que son sometidas a revisión por el equipo, con la finalidad de determinar las variables que se analizan estadísticamente. De la misma manera, se busca la relación causa-efecto y el grado de contribución de la variable (X), para identificarlas a las de mayor significancia como causas raíz.

Para el análisis se emplea un nivel de significancia de 95% y son procesados con el *software* estadístico Minitab 16. A continuación, la Tabla 4 muestra el resultado del análisis de las causas raíz identificadas:

- Vendedor que genera la orden de trabajo
- Falta de comunicación con el cliente
- Coordinador que programa el servicio de calibración

4. Etapa Mejorar

En esta etapa se establece el diseño y la implementación de las soluciones (Molteni y Cecchi, 2005). En otras palabras, se determinan los planes de

acción para mejorar el cumplimiento de las fechas programadas, tomando en cuenta la participación de un equipo multidisciplinario, dentro del cual resalta:

- El coordinador de campo, quien programa la fecha de atención del servicio, y examina la información que es recogida por el orden de trabajo y otras consideraciones dadas por el mismo cliente en la programación de la fecha de atención.
- El vendedor, quien genera la orden de trabajo y proporciona la información relacionada con el servicio a brindar.
- La falta de comunicación al cliente sobre la fecha programada de atención del servicio.

Asimismo, a fin de mantener e incrementar el cumplimiento de las fechas programadas, se establecen mecanismos a prueba de errores (Poka-Yokes), como los que se muestran en la Tabla 5:

Las variables (causa raíz) obtienen un incremento del cumplimiento de las fechas programadas, como se muestra en la Tabla 6, aunque no significativo cuando el p-value > 0.05. Sin embargo, se observa una disminución de la variabilidad.

Tabla 4. Resultados del análisis y validación de las causas raíz.

Variable X	Y	Técnica estadística	p-value	Significativa	Validación de causa
Vendedor que genera orden de trabajo (OT)	Cumple fecha programada	ANOVA dos factores	0.000	Sí	Se realiza el análisis considerando datos quincenales (X: vendedor; Y: cumple con la fecha programada). Se observa que, al no ser todas distribuciones normales, se aplica Kruskal Wallis y se encuentra que las medias son significativamente diferentes (p-value de 0.000)
	Cumple fecha programada	ANOVA un solo factor	0.000	Sí	
Falta de comunicación con cliente	Cumple fecha programada	Correlación-regresión	0.000	Sí	Con el estadístico t-2 muestras para la falta y no de comunicación con el cliente, se obtiene un p-value de 0.014 y se concluye que afecta
Persona que programa	Cumple fecha programada	t-2 muestras	0.001	Sí	–

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Poka-Yokes.

Defectos	Errores	Tipo de función	Nivel
Generar la orden de trabajo sin la información técnica completa	Desconocimiento del personal de ventas	Advertencia	Detecta error en el momento
Incumplir con el programa de autorización del personal	Olvido/desconocimiento	Advertencia	Detecta error en el momento
Programar personal técnico que no esté autorizado	Desconocimiento del coordinador	Advertencia	Detecta error en el momento
Programar personal no disponible	Cruce de fechas por inadvertencias	Control	Detecta error en el momento
No disponer de patrones para el servicio	Inadvertencias	Advertencia	Detecta error en el momento
No comunicar al cliente la fecha de programación del servicio	Olvido/desconocimiento/falta de estándares	Advertencia	Elimina error en la fuente
No tener la confirmación del servicio por parte del cliente	Olvido/desconocimiento/falta de estándares	Advertencia	Elimina error en la fuente
Demorar en la programación del servicio	Olvido/desconocimiento	Advertencia	Elimina error en la fuente
Reprogramar el servicio	Olvido/desconocimiento	Advertencia	Elimina error en la fuente
No ingresar fecha programada al sistema	Olvido/desconocimiento	Advertencia	Detecta error en el momento
No comunicar al personal técnico	Olvido/desconocimiento/falta de estándares	Advertencia	Elimina error en la fuente

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Comparación de resultados del antes y después de las mejoras implementadas.

Variable	Antes de mejoras		Después de mejoras		P-value
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	
Coordinador 1	57.00%	0.0522	68.88%	0.0635	0.000
Coordinador 2	62.3%	0.176	72.14%	0.0674	0.091
Vendedor 1	54.80%	0.115	62.95%	0.0602	0.078
Vendedor 2	62.00%	0.165	62.34%	0.0595	0.943
Vendedor 3	61.0%	0.189	62.80%	0.0793	0.772
Vendedor 4	52.0%	0.125	62.56%	0.0503	0.040
Vendedor 5	50.2%	0.201	62.96%	0.0959	0.067
Vendedor 6	57.8%	0.343	60.92%	0.0483	0.763
Comunicación con el cliente	64.4%	0.146	77.71%	0.0492	0.010

Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia un incremento del nivel de satisfacción de los clientes para el cumplimiento de las fechas programadas a 84.6%, comparado con el 72.3% inicial.

5. Etapa Controlar

En esta etapa se debe asegurar la permanencia de los resultados (Molteni y Cecchi, 2005). Por esa razón, se busca que las variables de los procesos relacionados con el de programación y ejecución del

servicio mantengan las mejoras obtenidas. Para ello se establecen los planes de control de la Tabla 7:

Asimismo, se realizó un cuadro comparativo de los indicadores antes y después de aplicar la metodología, cuyos resultados se muestran en la Tabla 8.

De lo anterior, se desprende que, si bien se ha mejorado en el cumplimiento de la fecha programada (70.3%), este aún no ha sido lo suficiente para cumplir con la meta del 80% como mínimo.

Tabla 7. Plan de control.

Paso del proceso	Variable	¿Crítico?	Especificación (Característica a controlar)	Criterio de aceptación	Método de medición	Método de control
Revisar orden de trabajo	Información técnica de la orden de trabajo	Sí	Grado que las órdenes de trabajo cuentan con la información completa del equipo a calibrar	Órdenes de trabajo con la información técnica completa del equipo a calibrar	Órdenes de trabajo generadas	Gráfica tipo p Mecanismo de advertencia para completar los datos del equipo al generar la propuesta
	Personal de ventas	Sí				
Programar el servicio	Planificación	Sí	Grado de comunicación de la fecha de atención del servicio programado	Mínimo 75% de los servicios programados	Control de órdenes de trabajo	Gráfica tipo p Mecanismo de advertencia para la comunicación de la fecha al cliente
		Sí	Grado en que los servicios son programados en no más de dos días de generada la OT	Mínimo 80% de las órdenes de trabajo generadas	Control de órdenes de trabajo	Gráfico tipo p Sistema a prueba de error
	Personal técnico	Sí	Cumplimiento del programa de autorización del personal	Personal con autorización vigente	Programa de autorización	Sistemas a prueba de error
	Documentos del personal técnico	No	Mantener actualizada la base de datos del personal, considerando la vigencia de chequeo médico, inducciones, charlas, etc.	Personal técnico con requerimientos del cliente vigentes	Base de requerimientos del personal	Sistemas a prueba de error
Gestionar entrega de patrones	Patrones de medición aptos para su uso	Sí	Cumplimiento del programa de calibración y verificación de los patrones de medición	Patrones calibrados y verificados	Programa de calibración y verificación	Mecanismo a prueba de error
			Cumplimiento del programa de mantenimiento de los patrones de medición	Patrones con mantenimiento y operativos	Programa de mantenimiento	Mecanismo a prueba de error
Ejecutar el servicio	Cumplimiento de la fecha programada	Sí	Grado de cumplimiento de las fechas programadas de atención del servicio	Mínimo 85% de servicios cumplidos	Control de órdenes de trabajo	Gráfica tipo p Mecanismo de advertencia
	Satisfacción del cliente	Sí	Resultado de muy bueno en la encuesta de satisfacción del cliente	Mínimo 80% de satisfacción	Encuestas de satisfacción	Muestreo

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Cuadro comparativo de antes y después de usar la metodología.

Indicador	Antes	Después
Indicadores de gestión		
Cp	0.356	0.348
CEP y capacidad	Proceso incapaz e inestable	Proceso incapaz y descentrado
Porcentaje de defectuosos	42.74%	29.44%
DPMO	427 376	294 360
Z del proceso	0.1831	0.5407
Nivel sigma	1.68	2.04
Límite central-cumplimiento de la fecha programada	56.2%	70.3%
Costos variables	S/ 747 230	S/ 463 989
Indicadores de calidad		
Satisfacción del cliente-cumplimiento de la fecha programada	72.3%	84.6%
N.º quejas recibidas por programación	31	10
Porcentaje de quejas por cumplimiento de fecha	31.4%	19.6%

Fuente: Elaboración propia.

DISCUSIÓN

Hipótesis específica 1: Impacta positivamente la aplicación de la metodología Seis Sigma en el cumplimiento de las fechas programadas de ejecución de los servicios de calibración realizados en campo. Para confirmar la hipótesis se aplicó:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

Donde:

μ_1 : La media del cumplimiento de la fecha programada de ejecución de los servicios de calibración al inicio.

μ_2 : La media del cumplimiento de la fecha programada de ejecución de los servicios de calibración al final.

Por ello, para determinar si hubo mejora sobre esta variable, se comparó el antes y el después del cumplimiento de la fecha programada de ejecución del servicio, al aplicarse el t de dos muestras.

De la Figura 3 resulta que, debido a que el intervalo de confianza está entre $<-0.2135; -0.0701>$, no se encuentra el valor de referencia de 0 dentro de este intervalo de confianza y que el valor $p (0.001) < \alpha (0.05)$. Entonces, se rechaza H_0 con una confianza de 95%.

Por lo tanto, se concluyó que el cumplimiento de las fechas programadas de ejecución de los servicios

de calibración antes y después de la aplicación de la metodología es distinto.

Hipótesis específica 2: Impacta positivamente la identificación de los factores de mayor influencia sobre el cumplimiento de las fechas programadas de ejecución del servicio en el nivel de satisfacción del cliente después de implementar la metodología Seis Sigma. Para confirmar la hipótesis se aplicó:

$$H_0: p(1) - p(2)$$

$$H_1: p(1) - p(2) \neq 0$$

Donde:

$p(1)$: Proporción de clientes insatisfechos antes de implementar las mejoras.

$p(2)$: Proporción de clientes insatisfechos después de implementar las mejoras.

Por ello, para determinar si hubo mejora sobre esta variable, se comparó el antes y después del nivel de satisfacción del cliente, al aplicarse la prueba de dos proporciones.

De la Figura 4 resulta que, debido a que el intervalo de confianza está entre $<0.0242658; 0.221888>$, el valor de referencia de 0 está fuera de este intervalo de confianza. Además del valor $p (0.015) < \alpha (0.05)$, se rechaza H_0 con una confianza de 95%.

Se concluyó que existe diferencia entre la satisfacción del cliente respecto al cumplimiento de las fechas programadas del servicio antes y después de

Prueba T e IC de dos muestras: %Si cumple_Antes; %Si cumple_Despues

T de dos muestras para %Si cumple_Antes vs. %Si cumple_Despues

	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
%Si cumple_Antes	12	0.562	0.105	0.030
%Si cumple_Despues	12	0.7034	0.0498	0.014

Diferencia = μ (%Si cumple_Antes) - μ (%Si cumple_Despues)
 Estimado de la diferencia: -0.1418
 IC de 95% para la diferencia: (-0.2135; -0.0701)
 Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = -4.22 Valor P = 0.000 GL = 15

Figura 3. Prueba T e IC de dos muestras: cumplimiento de fechas programadas de la atención de servicios de calibración. Antes y después de implementar la metodología Seis Sigma.

Fuente: Elaboración propia.

Prueba e IC para dos proporciones

Muestra	X	N	Muestra p
1	36	130	0.276923
2	20	130	0.153846

Diferencia = p (1) - p (2)
 Estimado de la diferencia: 0.123077
 IC de 95% para la diferencia: (0.0242658; 0.221888)
 Prueba para la diferencia = 0 vs. no = 0: Z = 2.44 Valor P = 0.015

Prueba exacta de Fisher: Valor P = 0.023

Figura 4. Prueba para dos proporciones: nivel de satisfacción del cliente para el cumplimiento de la fecha programada. Antes y después de implementar la metodología Seis Sigma.

Fuente: Elaboración propia.

implementar las mejoras con la metodología Seis Sigma.

Hipótesis específica 3: Impacta positivamente la implementación de acciones sobre los factores que influyen en el cumplimiento de la fecha programada con el nivel de quejas recibidas asociado a la programación de los servicios. Para confirmar la hipótesis se aplicó:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

Donde:

μ_1 : La media de la ratio de quejas recibidas por programación de los servicios al inicio.

μ_2 : La media de la ratio de quejas recibidas por programación de los servicios al final.

Por ello, para determinar si hubo mejora sobre esta variable, se comparó el antes y el después de la ratio de quejas recibidas por la programación de los servicios, al aplicarse el t de dos muestras.

De la Figura 5 resulta que, debido a que el intervalo de confianza está entre $<-0.0114; 0.2470>$, el valor

de referencia de 0 está dentro de este intervalo de confianza. Además del valor $p (0.067) > \alpha (0.05)$, se acepta H_0 con una confianza de 95%.

Por lo tanto, se concluyó que la ratio de quejas recibidas por programación de servicios al iniciar el proyecto y la ratio de quejas recibidas por programación de servicios después de implementada la metodología son iguales.

RECOMENDACIONES

- Concientizar a la alta dirección de la importancia de su participación en el proyecto, con el propósito de garantizar los recursos y el apoyo gerencial e impactar en la mejora hacia la organización y, principalmente, la del cliente.
- Mantener una comunicación fluida con el personal de la organización del desarrollo del proyecto, a fin de garantizar la confianza, la participación y el compromiso hacia la mejora.
- Mantener el programa de formación para el personal involucrado, directa o indirectamente, con el proceso mejorado.

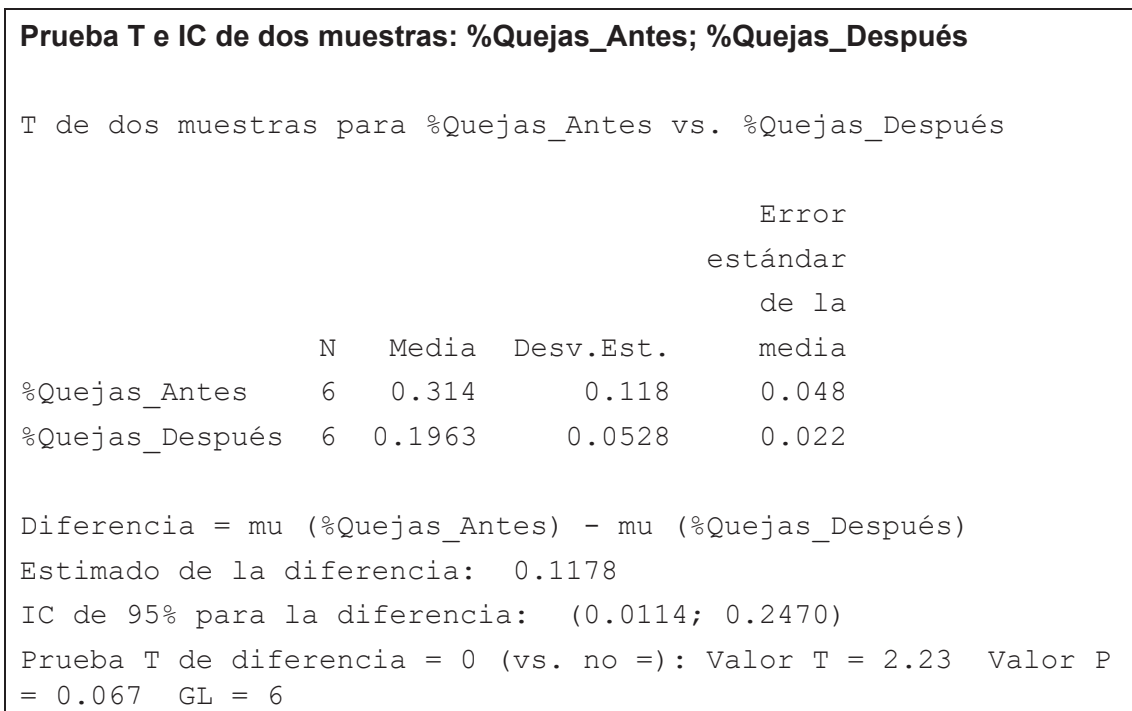


Figura 5. Prueba T e IC de dos muestras: ratio de quejas recibidas por programación de servicios. Antes y después de implementar la metodología Seis Sigma.

Fuente: Elaboración propia.

- Emplear la metodología Seis Sigma para cumplir con la entrega de los certificados de calibración, cuyo alcance son los procesos de procesamiento de los registros de calibración, emisión de los certificados de calibración y entrega de los certificados al cliente.

CONCLUSIONES

- La aplicación de la metodología Seis Sigma impactó positivamente en el cumplimiento de las fechas programadas de ejecución de los servicios de calibración realizados en campo, al incrementar de 56.2% a 70.34%.
- La identificación de los factores de mayor influencia sobre el cumplimiento de la fecha programada de ejecución de servicios impactó positivamente en el nivel de satisfacción del cliente después de implementar la metodología Seis Sigma, al incrementar de 72.3% a 84.6%
- La implementación de acciones sobre los factores que influyen en el cumplimiento de la fecha programada impactó positivamente en el nivel de quejas recibidas asociado a la programación de los servicios, al disminuir de 31.4% a 19.63%.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Besterfield, D. H. (2009). *Control de calidad*. México D. F., México: Pearson Educación.
- [2] Desai, D. A. (2006). Improving Customer Delivery Commitments the Six Sigma Way: Case Study of an Indian Small Scale Industry. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 2(1), 23-47.
- [3] Evans, J. R. y Lindsay, W. M. (2008). *Administración y control de la calidad*. México D. F., México: Cengage Learning.
- [4] Gryna, F. M. (2002). Investigación de mercados y marketing. En J. M. Juran y A. B. Godfrey (Coords.), *Manual de calidad de Juran* (tomo 1) (pp. 18.1-18.38). Madrid, España: McGraw-Hill.
- [5] Gutiérrez, H. (2008). Los retos de la mejora de la calidad y la productividad en las organizaciones. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, 1(1), 109-124.
- [6] Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México D. F., México: McGraw-Hill.
- [7] Lankford, R. (2005). Programación de la producción. En K. Zandin, *Maynard: Manual del ingeniero industrial* (pp. 9.157-9.176). México D. F., México: McGraw-Hill.
- [8] Molteni, R. y Cecchi, O. (2005). *El liderazgo del Lean Six Sigma*. Buenos Aires, Argentina: Macchi.
- [9] Nakhai, B. y Neves, J. S. (2009). The Challenges of Six Sigma in Improving Service Quality. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 26(7), 663-684.
- [10] Oke, S. A. (2007). Six Sigma: A Literature Review. *South African Journal of Industrial Engineering*, 18(2), 109-129.
- [11] Organización Internacional de Normalización (2015). *Norma internacional ISO 9000. Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario*. Ginebra, Suiza: Secretaría General de ISO.
- [12] Palacio, V., Quispe, F., Ylesca, F., Cañi, E. y Velazco, C. (2013). *Rediseño y optimización de procesos de CERPER*. Lima, Perú: Instituto para la Calidad de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- [13] Pérez, D. A. (2014). *Cultura del incumplimiento empresarial en México. Ensayo*. Recuperado de <http://www.gestiopolis.com/cultura-del-incumplimiento-empresarial-en-mexico-ensayo>.
- [14] Quijano, V. M. (2003). *Cumplimiento del servicio prometido a sus clientes*. Recuperado de <http://www.gestiopolis.com/cumplimiento-servicio-prometido-clientes>.
- [15] Ramos, W. A. (2013). Incremento de la productividad a través de la mejora continua en calidad en la subunidad de procesamiento de datos en una empresa courier: el caso Perú Courier. *Industrial Data*, 16(2), 59-66.
- [16] Rojas, L. C. (2008). *Implementación del sistema de gestión de calidad según la Norma ISO 9001:2000 en una industria plástica*. (Tesis de licenciatura). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil.
- [17] Sánchez, H. y Reyes, C. (2015). *Metodología y diseños en la investigación científica*. Lima, Perú: Business Support Aneth S. R. L.

Improving Compliance with Scheduled Dates in Calibration Services Applying Six Sigma

ZENaida ENCISO ACUÑA¹

RECIBIDO: 05/09/2019 ACEPTADO: 20/12/2020 PUBLICADO: 16/10/2020

ABSTRACT

This article is the result of the application of Six Sigma methodology to improve compliance with scheduled dates in services performed by a calibration laboratory at the customer's facilities. Through its five phases, Six Sigma methodology makes it possible to define the problem in a specific and quantitative way, measuring the performance of the affected process, identifying and analyzing the root causes, as well as establishing the actions to overcome problems and the controls to maintain the improvements. In this way, the laboratory increases the compliance with scheduled dates from 56.2% to 70.3%, as well as the level of customer satisfaction from 72.3% to 84.6%.

Keywords: Six Sigma; compliance; service.

INTRODUCTION

According to the International Organization for Standardization (2015), when an organization aims at quality, it promotes a culture focused on meeting customer needs and expectations through behaviors, attitudes, activities and processes that provide value; therefore, the quality of the product or service offered by the organization is established by the organization's ability to satisfy customers. Besterfield (2009) states that "an organization must give its customers a quality product or service that meets their needs at a reasonable price, which includes on-time delivery and outstanding service" (p. 38). On the other hand, for Gryna (2002), customer satisfaction is the degree to which customers consider that the benefits received meet or exceed their expectations. Similarly, Quijano (2003) argues that according to customer surveys the client believes that compliance with what was offered, and response capacity are the most important factors because if the company fulfills all the promises established by the service, the client can trust it for any future needs with the certainty that they will not lose time or money.

Indeed, Zemke (as quoted in Evans & Lindsay, 2008) mentions that the two fundamental components of service quality are people and technology. It has been shown that service employee job satisfaction is correlated to customer satisfaction. As for the other component, information technology is paramount due to the handling of a high volume of information that needs to be processed and customers' demand for a faster service. On the other hand, for Nakhai and Neves (2009), quality service is a priority for companies that wish to differentiate themselves from their competitors.

¹ Chemical engineer from the Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Lima, Perú). Currently working as an independent consultant (Lima, Perú).
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5860-4515>
E-mail: zenaida.enciso@gmail.com

Alternatively, Lankford (2005) is of the opinion that scheduling provides a competitive advantage and that the search for timely delivery encourages better scheduling. An additional benefit of scheduling is the development of communication within the organization, which is evidenced by the sharing of reliable and objective information to the staff involved. For this reason, Pérez (2014) argues that the problems of an organization are produced by the inadequate use of resources, ignoring the aspects or factors that can favor good performance; therefore, staff commitment must also be considered, since they represent the human factor that manages the other resources. According to Gutiérrez (2008), for organizations to improve their performance and the way they face these challenges, it is necessary to identify the underlying causes, which frequently can be found in the process design.

As other investigations have pointed out, problems of non-compliance with the commitment date agreed with the client—which can happen in a testing laboratory that offers services for the analysis of environmental samples—occur in service and production companies (Palacio, Quispe, Ylesca, Cañi & Velazco, 2013); in the plastic industry dedicated to designing, manufacturing and trading packaging materials (Rojas, 2008); in the Danuser Machine Company (Lankford, 2005); in Peru Courier (Ramos, 2013); and in companies that manufacture various products located in India (Desai, 2006).

According to Oke (2007), Six Sigma is a tool used to solve organizational problems, especially those that are related to improving the quality of customer services, thus increasing customer satisfaction (Kuei & Madu, as quoted in Desai, 2006). Therefore, this research focuses on determining how the application of Six Sigma impacts the attention of the calibration services performed in the field, in the city of Lima.

METHODOLOGY

1. Type of research

This is an applied research project, since, according to the definition of Sánchez and Reyes (2015), this type of study is interested in applying theoretical knowledge to a certain situation and the practical consequences that result; furthermore, its objective is to know in order to act and modify some situation. Therefore, the purpose of applying the Six Sigma methodology was to change the result of the fulfillment of services scheduled dates that are performed at the client's facilities.

Likewise, the research is descriptive because it seeks to explain properties, characteristics and important features of any phenomenon analyzed. In other words, it is only intended to collect information on the concepts or variables with which it works, independently or jointly, as pointed out by Hernández, Fernández and Baptista (2010). Therefore, the work sought to collect and measure information of the variables that affected compliance with the scheduled dates of the services performed at the customer's facilities.

2. Research design

The research design is quasi-experimental, since there was no total control over the experimental conditions, nor the ability to select or randomly assign subjects to the study groups. Similarly, pre-test/post-test design was used in this research, and was employed as follows:

$$O_1 O_2 O_3 X O_4 O_5 O_6$$

Where:

X: is the independent variable; that is, Six Sigma implementation

O_i: are the observations before and after the dependent variable

3. Analysis unit

The research analysis unit corresponded to the calibration services performed by the laboratory at the customer's facilities.

4. Study population and sample size

No study population or sample size was used for this research, as it referred to a case study and the unit was analyzed in depth to respond to the problem statement, test the hypothesis and develop any theory. For the surveys, stratified sampling was used.

5. Data collection technique

Table 1 shows the techniques and instruments used.

Table 1. Data collection techniques

Techniques	Instruments
Questionnaires	Management system records
Interviews	Outline and note taking
Desk research	Database reports
Scales	Surveys

Source: Prepared by the author

6. Data analysis

Table 2 indicates the procedure for data analysis.

RESULTS

1. Define phase

At this phase the preliminary problem is defined, aiming to determine the scope of the project and the critical quality factors for the client (Molteni & Cecchi, 2005).

In this research there is no doubt that the laboratory's main problem is noncompliance with the scheduled dates for the execution of calibration services, which generates economic losses—73.4% due to the loss of clients (services executed out of date), 12% due to cost overruns and 14.6% due to cancelled services—. This is reflected in the results of the satisfaction surveys, where the lowest level of satisfaction is found in the first item, 72.3%. On the other hand, 24.4% of complaints are related to delays in the provision of services; likewise, with respect to the measurement of the process, 80% compliance with the scheduled dates for the provision of service has been established as the minimum, but is only met 56.2% of the time.

Therefore, the aim is to increase the percentage of compliance with scheduled dates to 80% and, thereby, the level of customer satisfaction. To achieve this, the processes are related to the scheduling of field service and the calibration of measuring equipment, as in the first process the service is scheduled and in the second, the service itself is executed. It

is worth mentioning that these have sub-processes, such as the ones shown in Figure 1.

The results of customer satisfaction surveys, complaints and customer feedback, obtained through laboratory staff and internal research, provide insight into the voice of the customer and their requirements (see Table 3), as well as the effect of not taking action on the customer's opinion.

2. Measure phase

In this phase, the characteristics of the processes identified in the first phase are evaluated through the stratification of factors and the level of performance of the defined indicators, in accordance with what was proposed by Molteni and Cecchi (2005). In addition, it is observed that:

- Compliance with scheduled service dates is lower in provincial areas than in Lima. However, the process for the execution of the services provided in provincial areas is similar to those in Lima.
- Staff influence the compliance with scheduled dates; for example, the coordinator who performs the service; if the information is not complete, they request it when making the arrangements with the client. The same happens to the number of services to be scheduled, so coordinators are considered for analysis.
- The results of scheduling compliance correspond to the seller, who creates the work order and records all the information with respect to the service that is offered. This

Table 2. Data Analysis Matrix.

Dependent variable		Indicator	Scale of Measurement	Descriptive statistics	Inferential Analysis
S. H. 1	Compliance with scheduled dates for calibration services performed in the field	Scheduled dates compliance ratio	Proportion or ratio (0-100)	Measures of central tendency: arithmetic mean, median and mode Measures of variability: standard deviation and coefficient of variation Frequency table	Student's t
S. H. 2	Level of customer satisfaction after implementing Six Sigma (6S) methodology	Ratio of customer satisfaction after implementing Six Sigma (6S) methodology	Ordinal (1-6)	Counting	2 proportions
S. H. 3	Level of complaints received for the services scheduling	Ratio of complaints received for the services scheduling after implementing 6S	Proportion or ratio (0-100)	Measures of central tendency: arithmetic mean, median and mode Measures of variability: standard deviation and coefficient of variation Frequency table	Student's t

Source: Prepared by the author

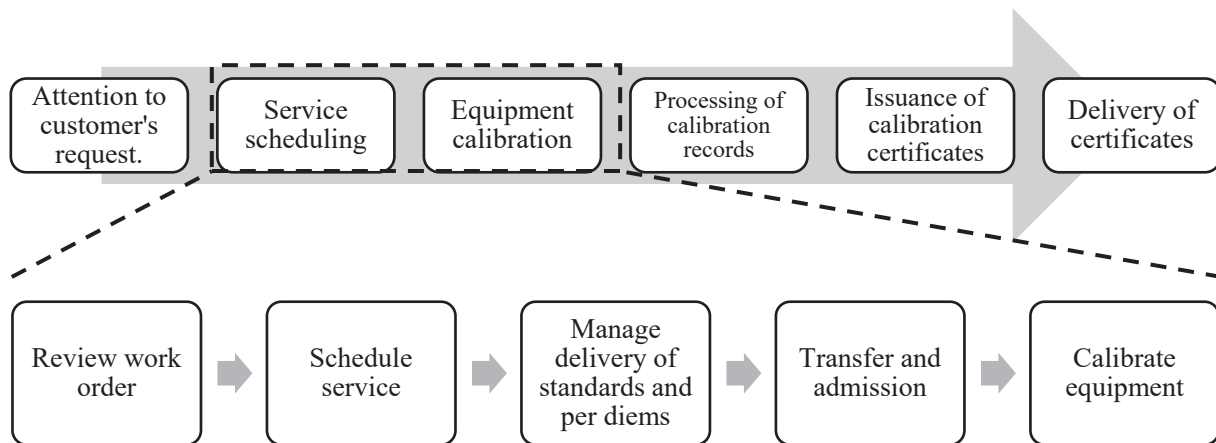


Figure 1. Processes related to equipment calibration.

Source: Prepared by the author

Table 3. Voice of customer.

Customer's opinion	Effect	Requirement
Calls or emails with inquiries about the services are not answered Delay in scheduling calibration service No confirmation of the scheduled date is requested; and, if it is, it is not with the actual user Scheduled date and time of service is not met The staff that starts the service is different from the one that finishes, the client is not informed of this change Failure to complete service as scheduled Service is rescheduled at the last minute The technician does not have the calibration standards to perform the service	Loss of customers Increase in complaints Loss of image Reworks Decrease in sales Negative publicity Employee demotivation Increasing non-quality costs Cancellation of services	Accessibility to the company Rapid response to scheduling Maintaining active communication between customer and user for the services scheduling Execute the service and complete it as scheduled Communicate possible changes during the execution of the service Maintain the service scheduling Service reliability Qualification of the results presented The staff must be given the required calibration standards to execute the service

Source: Prepared by the author

is known as technical information, contact or user information, etc.

- As each calibration procedure is different in its execution, especially in the use of the measuring instruments to be used and in the conditions under which it is performed, compliance with the scheduled date is affected both by the person who must record the information and by the person who must make the arrangements for its execution.

From the process performance evaluation (see Figure 2) it can be seen that the sigma level obtained for the process is 1.68 with 426205 DPMO, and with a yield of 57.38%. Therefore, the process is not under control and is not satisfactory.

3. Analyze phase

Molteni and Cecchi (2005) point out that, at this phase, understanding the relationship between the variables and the results of the processes is necessary in order to identify their relationship. By means of Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) and the identification of possible causes of the process flowchart, potential causes are identified, which are subject to review by the team, in order to determine which variables are statistically analyzed. In the same way, the cause and effect relationship and the degree of contribution of the variable (X) are sought, in order to identify those of greater significance as root causes.

A significance level of 95% is used for the analysis and the data are processed with Minitab 16 statistical

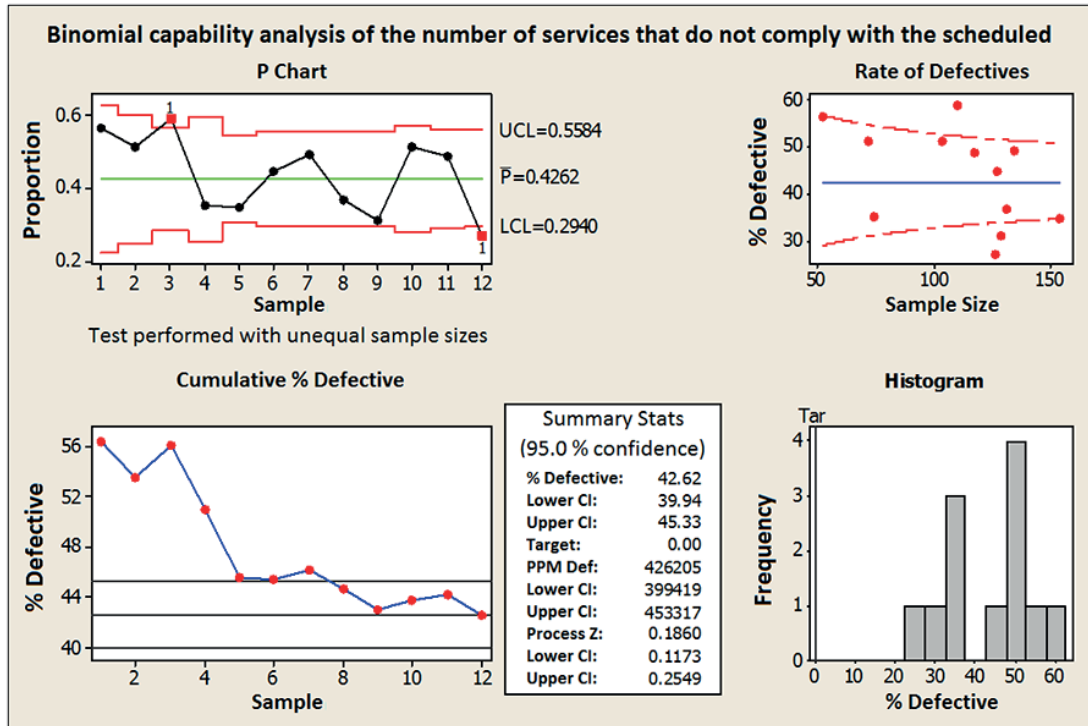


Figure 2. Binomial capability analysis of the number of services that do not comply with the scheduled date.

Source: Prepared by the author

software. Table 4 shows the result of the root cause analysis:

- Seller who creates the work order
- Lack of communication with the client
- Coordinator who schedules the calibration service

4. Improve phase

At this phase, the design and implementation of the solutions are established (Molteni & Cecchi, 2005). In other words, action plans are determined to improve compliance with the scheduled dates, considering the participation of a multidisciplinary team, from which stands out:

- T field coordinator, who schedules the service date and examines the information that is collected in the work order and other considerations provided by the client when scheduling the service date.
- The seller, who creates the work order and provides the information related to the service to be provided.

- The lack of communication to the customer about the scheduled date of service.

In addition, in order to maintain and increase compliance with scheduled dates, mistake proofing mechanisms (Poka Yokes) are established, such as those shown in Table 5:

The variables (root cause) obtain an increase in compliance with the scheduled dates, as shown in Table 6, although not significant when the *p*-value > 0.05. However, a decrease in variability is observed.

An increase in the level of customer satisfaction in meeting the scheduled dates of 84.6%, compared to the initial 72.3%, is observed.

5. Control phase

At this phase, the permanence of the results must be ensured (Molteni & Cecchi, 2005). For this reason, the variables of the processes related to the scheduling and execution of the service are intended to maintain the improvements obtained. For this, the control plans in Table 7 are established:

Table 4. Results of the analysis and root causes validation.

Variable X	Y	Statistics technique	p-value	Is it significant?	Cause validation
Seller who creates the work order (WO)	Complies with scheduled date	Two-way ANOVA	0.000	Yes	The analysis is performed considering biweekly data (X: seller; Y: complies with the scheduled date). It is observed that, as they are not all normal distributions, Kruskal Wallis is applied and it is found that the averages are significantly different (p-value of 0.000)
	Complies with scheduled date	One-way ANOVA	0.000	Yes	
Lack of communication with the client	Complies with scheduled date	Correlation and regression analysis	0.000	Yes	With the 2-sample t-test statistic for the lack and number of communications with the client, a p-value of 0.014 is obtained and it is concluded that it affects compliance with scheduled date
The person who schedules	Complies with scheduled date	2-sample t-test	0.001	Yes	–

Source: Prepared by the author.

Table 5. Poka-Yokes.

Defects	Errors	Warning type	Level
Creating the work order without complete technical information	Unawareness of sales staff	Warning	Detects error at the time
Failure to comply with the staff authorization scheduling	Oversight/unawareness	Warning	Detects error at the time
Programming non-authorized technical staff	Unawareness of the coordinator	Warning	Detects error at the time
Scheduling staff that is not available	Mixed up dates due to inadvertences	Control	Detects error at the time
No calibration standards available for the service	Oversight	Warning	Detects error at the time
Failure to inform the client of the service scheduled date	Oversight/unawareness/lack of calibration standards	Warning	Eliminates source error
Lack of service confirmation by the client	Oversight/unawareness/lack of calibration standards	Warning	Eliminates source error
Delay in scheduling calibration service	Oversight/unawareness	Warning	Eliminates source error
Reschedule the service	Oversight/unawareness	Warning	Eliminates source error
Failure to enter scheduled date into the system	Oversight/unawareness	Warning	Detects error at the time
Failure to inform technical staff	Oversight/unawareness/lack of calibration standards	Warning	Eliminates source error

Source: Prepared by the author.

Table 6. Results comparison of before and after the improvements implemented.

Variable	Before improvements		After improvements		p-value
	Mean	Standard deviation	Mean	Standard deviation	
Coordinator 1	57.00%	0.0522	68.88%	0.0635	0.000
Coordinator 2	62.3%	0.176	72.14%	0.0674	0.091
Seller 1	54.80%	0.115	62.95%	0.0602	0.078
Seller 2	62.00%	0.165	62.34%	0.0595	0.943
Seller 3	61.0%	0.189	62.80%	0.0793	0.772
Seller 4	52.0%	0.125	62.56%	0.0503	0.040
Seller 5	50.2%	0.201	62.96%	0.0959	0.067
Seller 6	57.8%	0.343	60.92%	0.0483	0.763
Communication with the client	64.4%	0.146	77.71%	0.0492	0.010

Source: Prepared by the author.

A comparative table of the indicators before and after applying the methodology was also made. The results are shown in Table 8.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

From the above, although there has been an improvement in compliance with the scheduled date (70.3%), this has not yet been sufficient to meet the minimum target of 80%.

Where:

μ_1 : The mean of the compliance with the scheduled dates of calibration services execution at the beginning.

μ_2 : The mean of the compliance with the scheduled dates of calibration services execution at the end.

DISCUSSION

Specific hypothesis 1: The application of Six Sigma methodology positively impacts the compliance with scheduled dates for the execution of the calibration services in the field. To confirm the hypothesis, it was applied:

Therefore, in order to determine whether this variable improved, the before and after of the service

Table 7. Control plan.

Process step	Variable	Critical?	Specification (Characteristic to be controlled)	Acceptance criteria	Measurement method	Control method
Work order review	Technical information on the work order	Yes	Degree to which work orders have complete information on the equipment to be calibrated	Work orders with complete technical specifications on the equipment to be calibrated	Work orders created	P-chart Warning mechanism to complete the equipment data when creating the proposal
	Sales staff	Yes				
Service scheduling	Planning	Yes	Degree of communication of the scheduled service date	Minimum 75% of scheduled services	Work order control	P-chart Warning mechanism to inform the customer of the date
		Yes	Degree to which services are scheduled within two days after creating the WO	Minimum 80% of the work orders created	Work order control	P-chart Error proofing system
	Technical staff	Yes	Compliance with the personnel authorization scheduling	Personnel with valid authorization	Authorization program	Error proofing system
	Technical staff documents	No	Maintain updated personnel database, considering the validity of medical check-ups, inductions, talks, etc.	Technical staff that meet customer requirements	Staff requirements database	Error proofing system
Management of standards delivery	Suitable for use measurement standards	Yes	Compliance with the calibration and verification of measurement standards program	Standards calibrated and verified	Calibration and verification program	Error-proofing mechanism
			Compliance with the measurement standards maintenance program	Maintained and operational standards	Maintenance program	Error-proofing mechanism
Execution of the service	Compliance with the scheduled date	Yes	Degree of compliance with scheduled service dates	Minimum 85% of services fulfilled	Work order control	P-chart Warning mechanism
	Customer satisfaction	Yes	Very good result in the customer satisfaction survey	Minimum 80% satisfaction	Customer satisfaction surveys	Sampling

Source: Prepared by the author.

Table 8. Comparative table of before and after the methodology use.

Indicator	Before	After
Management indicators		
PC	0.356	0.348
SPC and capacity	Not capable and unstable process	Not capable and not centered process
% defective	42.74%	29.44%
DPMO	427 376	294 360
Process Z	0.1831	0.5407
Sigma level	1.68	2.04
Central Limit-Compliance with the scheduled date	56.2%	70.3%
Variable costs	S/. 747 230	S/. 463 989
Quality indicators		
Customer Satisfaction-Compliance with the scheduled date	72.3%	84.6%
Complaints received related to scheduling	31	10
Complaints due to scheduling noncompliance	31.4%	19.6%

Source: Prepared by the author.

execution scheduled date were compared, by applying the two-sample t-test.

Figure 3 shows that, since the confidence interval is between $<-0.2135; -0.0701>$, the reference value of 0 is not found within it and that the p -value (0.001) $<\alpha$ (0.05). Then, H_0 is rejected with a 95% level of confidence.

Therefore, it was concluded that the compliance with the scheduled dates of the calibration services execution before and after the application of the methodology is different.

Specific hypothesis 2: The identification of the factors that have the greatest influence on the compliance with the service execution scheduled dates has a positive impact on the level of customer satisfaction after implementing the Six Sigma methodology. To confirm the hypothesis, it was applied:

$$H_0: p(1) - p(2)$$

$$H_1: p(1) - p(2) \neq 0$$

Where:

$p(1)$: Proportion of dissatisfied customers before improvements were implemented.

$p(2)$: Proportion of dissatisfied customers after improvements were implemented.

Therefore, to determine whether there was improvement on this variable, the before and after level

of customer satisfaction was compared, by applying the two-test.

Figure 4 shows that, since the confidence interval is between $<0.0242658; 0.221888>$, the reference value of 0 is not found within it. In addition to the p -value (0.015) $<\alpha$ (0.05), H_0 is rejected with a 95% level of confidence.

It was concluded that there is a difference between customer satisfaction with respect to compliance with the scheduled service dates before and after implementing the improvements with the Six Sigma methodology.

Specific hypothesis 3: The implementation of actions on the factors that influence compliance with the scheduled date positively impacted the level of complaints received associated with the services scheduling. To confirm the hypothesis, it was applied:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

Where:

μ_1 : The average ratio of complaints received for scheduling services at the beginning.

μ_2 : The average ratio of complaints received for scheduling services at the end.

Therefore, in order to determine whether this variable improved, the before and after of the average

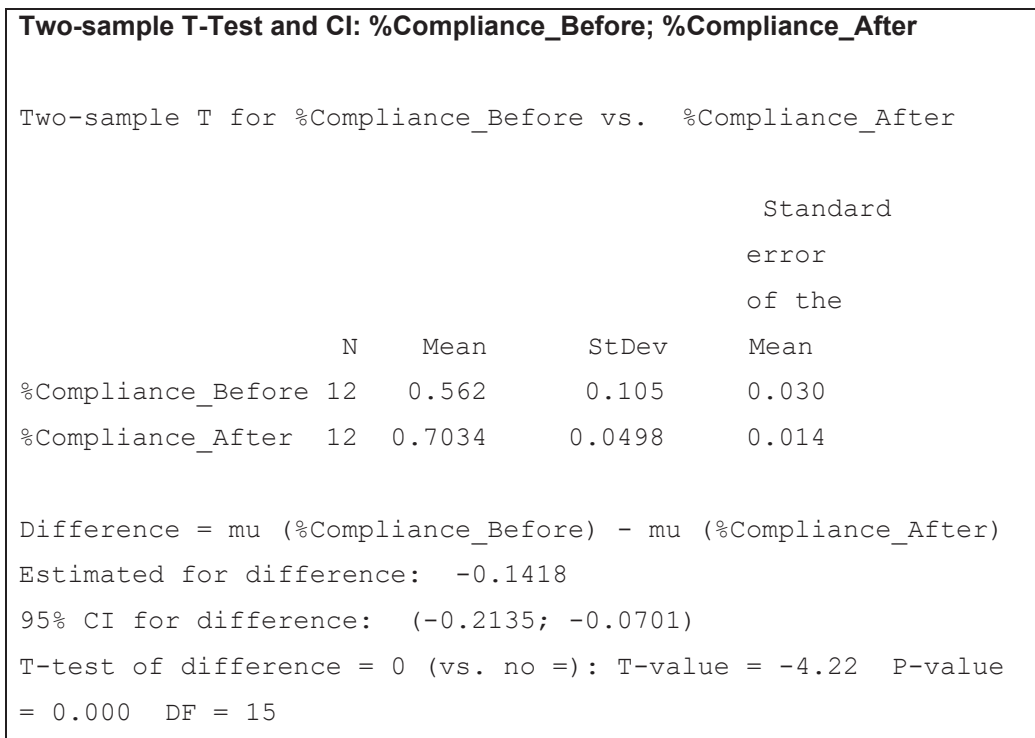


Figure 3. Two-sample T and CI test: compliance of scheduled dates for calibration services. Before and after implementing Six Sigma methodology.
 Source: Prepared by the author

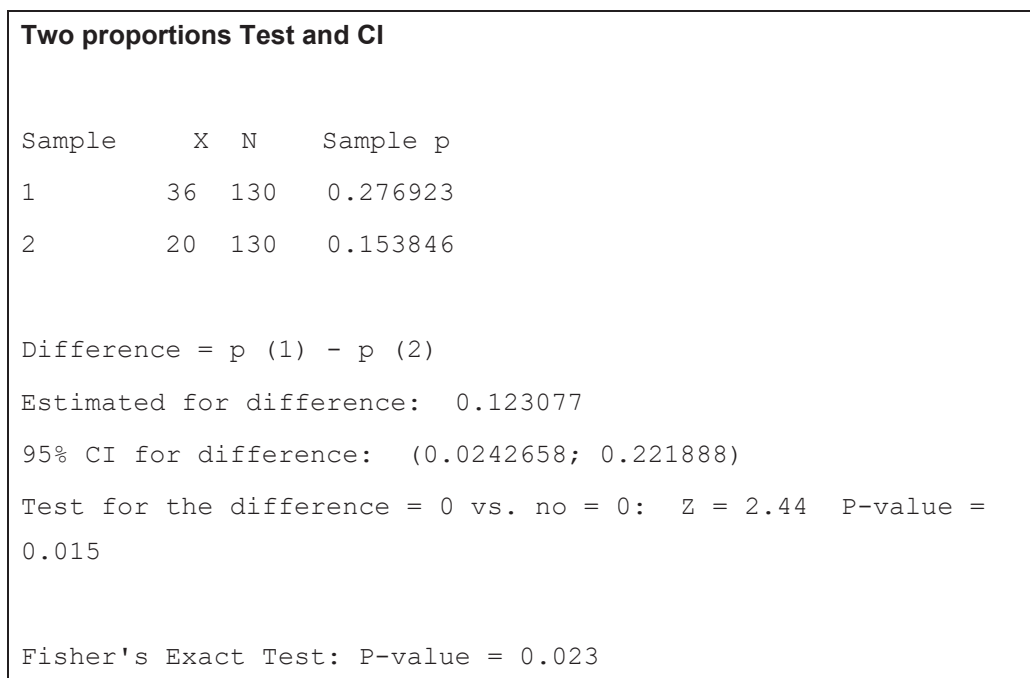


Figure 4. Test for two ratios: level of customer satisfaction due to compliance with scheduled dates. Before and after implementing Six Sigma methodology.
 Source: Prepared by the author.

ratio of the complaints received related to the service scheduling were compared, by applying the two-sample t-test.

Figure 5 shows that, since the confidence interval is between $\langle -0.0114; 0.2470 \rangle$, the reference value of 0 is found within it. In addition to the p -value $(0.067) > \alpha (0.05)$, H_0 is accepted with a 95% level of confidence.

Therefore, it was concluded that the ratio of complaints received for service scheduling at the beginning of the project and the ratio of complaints received for service scheduling after the methodology was implemented are the same.

RECOMMENDATIONS

- Raise awareness among senior management regarding the importance of their participation in the project, in order to guarantee resources and management support and to impact improvement towards the organization and, mainly, the customer.
- Maintain fluent communication with the staff in charge of organizing the project development,

in order to guarantee trust, participation and commitment in order to improve.

- Maintain the training program for the staff involved, directly or indirectly, with the improved process.
- Use the Six Sigma methodology to comply with the delivery of the calibration certificates, whose scope is the processing of the calibration records, issuing the calibration certificates and delivering the certificates to the client.

CONCLUSIONS

- The application of Six Sigma methodology positively impacts the compliance with scheduled dates for the execution of the calibration services in the field, increasing compliance from 56.2% to 70.34%.
- The identification of the factors of greatest influence on the compliance with the service execution scheduled dates had a positive impact on the level of customer satisfaction after implementing the Six Sigma methodology, increasing compliance from 72.3% to 84.6%.

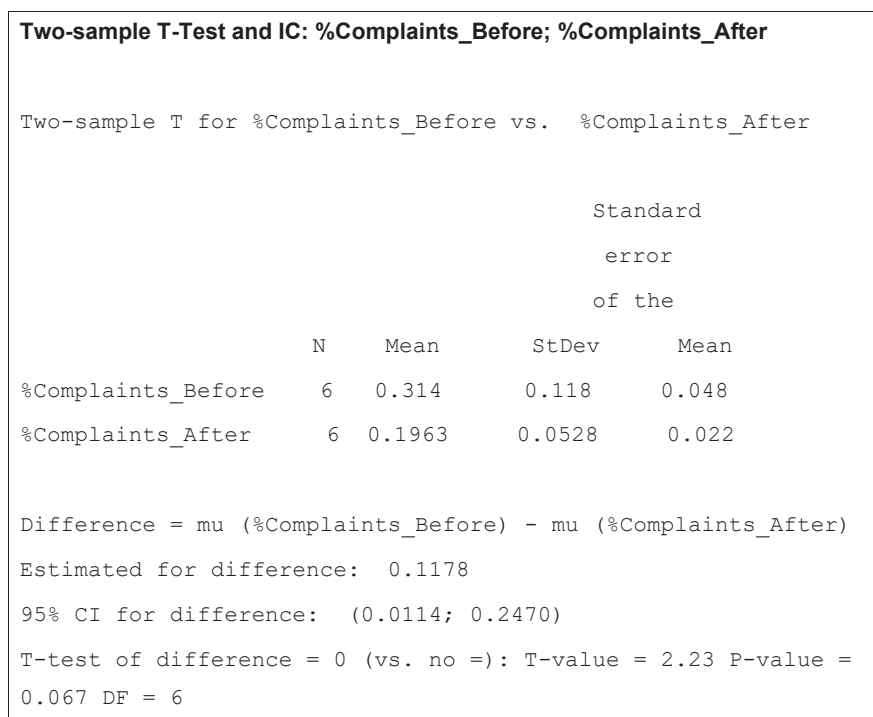


Figure 5. Two-sample T-Test and CI: ratio of complaints received for service scheduling. Before and after implementing Six Sigma methodology.

Source: Prepared by the author

- The implementation of actions on the factors that influence compliance with the scheduled date positively impacted the level of complaints received associated with the services scheduling, decreasing complaints from 31.4% to 19.63%.

REFERENCES

- [1] Besterfield, D. H. (2009). *Control de calidad*. México D. F., Mexico: Pearson Educación.
- [2] Desai, D. A. (2006). Improving Customer Delivery Commitments the Six Sigma Way: Case Study of an Indian Small Scale Industry. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 2(1), 23-47.
- [3] Evans, J. R. & Lindsay, W. M. (2008). *Administración y control de la calidad*. México D. F., Mexico: Cengage Learning.
- [4] Gryna, F. M. (2002). Investigación de mercados y marketing. In J. M. Juran & A. B. Godfrey (Coords.), *Manual de calidad de Juran* (tomo 1) (pp. 18.1-18.38). Madrid, Spain: McGraw-Hill.
- [5] Gutiérrez, H. (2008). Los retos de la mejora de la calidad y la productividad en las organizaciones. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, 1(1), 109-124.
- [6] Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México D. F., Mexico: McGraw-Hill.
- [7] Lankford, R. (2005). Programación de la producción. En K. Zandin, *Maynard: Manual del ingeniero industrial* (pp. 9.157-9.176). México D. F., Mexico: McGraw-Hill.
- [8] Molteni, R. & Cecchi, O. (2005). *El liderazgo del Lean Six Sigma*. Buenos Aires, Argentina: Macchi.
- [9] Nakhai, B. & Neves, J. S. (2009). The Challenges of Six Sigma in Improving Service Quality. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 26(7), 663-684.
- [10] Oke, S. A. (2007). Six Sigma: A Literature Review. *South African Journal of Industrial Engineering*, 18(2), 109-129.
- [11] Organización Internacional de Normalización (2015). *Norma internacional ISO 9000. Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario*. Geneva, Switzerland: Secretaría General de ISO.
- [12] Palacio, V., Quispe, F., Ylesca, F., Cañi, E. & Velazco, C. (2013). *Rediseño y optimización de procesos de CERPER*. Lima, Perú: Instituto para la Calidad de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- [13] Pérez, D. A. (2014). *Cultura del incumplimiento empresarial en México. Ensayo*. Retrieved from <http://www.gestiopolis.com/cultura-del-incumplimiento-empresarial-en-mexico-ensayo>.
- [14] Quijano, V. M. (2003). *Cumplimiento del servicio prometido a sus clientes*. Retrieved from <http://www.gestiopolis.com/cumplimiento-servicio-prometido-clientes>.
- [15] Ramos, W. A. (2013). Incremento de la productividad a través de la mejora continua en calidad en la subunidad de procesamiento de datos en una empresa courier: el caso Perú Courier. *Industrial Data*, 16(2), 59-66.
- [16] Rojas, L. C. (2008). *Implementación del sistema de gestión de calidad según la Norma ISO 9001:2000 en una industria plástica*. (Degree thesis). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil.
- [17] Sánchez, H. & Reyes, C. (2015). *Metodología y diseños en la investigación científica*. Lima, Peru: Business Support Aneth S. R. L.