



Universidad Autónoma de Nuevo León Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

“Análisis del proceso de maquinado de flechas en una empresa de motores eléctricos”

Proyecto para obtener el grado de Maestría en Administración Industrial y de Negocios con Especialización en Producción y Calidad

Ing. José Luis Rodríguez Chávez

Cd. Universitaria, a 17 de Junio del 2009

INDICE

Resumen.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. Antecedentes.....	4
1.2. Actualidad.....	4
1.3. Justificación.....	5
1.4. Planteamiento del problema.....	6
1.5. Objetivo General.....	7
1.5.1 Objetivo específico.....	7
1.6. Limites de la investigación.....	8
2. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Orígenes de la calidad.....	8
2.2. Etapas de evolución del concepto de la calidad.....	9
2.3. Control estadístico de la calidad.....	9
2.4. Graficas de control estadístico.....	10
2.5. Capacidad del proceso. (Cpk).....	11
3. METODO.....	11
3.1. Metodología para la implementación de gráficos de control.....	11
3.2. Metodología para la implementación de mejoras.....	12
4. RESULTADOS.....	12
4.1. Describir la problemática.....	12
4.2. Justificar la aplicación de la gráfica de control.....	12
4.3. Establecer los objetivos de la grafica de control.....	13
4.4. Definir las variables y seleccionar las más importantes.....	13
4.5. Elegir la carta apropiada para la variable seleccionada.....	13
4.6. Pensar en los subgrupos.....	13
4.7. Definir el método para seleccionar los elementos de los subgrupos.....	14
4.8. Elegir el tamaño y la frecuencia.....	14
4.9. Determinar los límites de control y su revisión futura.....	15
4.10. Entrenar a los usuarios.....	15

4.11.	Análisis de los resultados.....	18
4.12.	Asegurar la efectividad.....	18
5.	CONCLUSIONES Y PROPUESTA.....	20
5.1.	Conclusiones.....	20
5.2.	Propuesta.....	20
6.0.	GLOSARIO.....	23
6.1.	Motor eléctrico de corriente alterna.....	23
6.2.	Rotor.....	23
6.3.	Flecha.....	24
6.4.	PPM's.....	24
6.5.	Rechazo.....	24
6.6.	Re trabajo.....	24
6.7.	Desperdicio.....	24
6.8.	Mapa de proceso.....	25
6.9.	Gage R & R.....	25
6.9.1	Repetitividad.....	25
6.9.2	Reproducibilidad.....	26
6.10.	Minitab.....	26
6.11.	Torno CNC.....	26
6.12.	Instrumentos de medición.....	26
6.13.	Walter A. Shewhart.....	27
6.14.	W. Edwards Deming.....	27
7.0.	BIBLIOGRAFÍA.....	28
8.0.	ANEXOS.....	29

Resumen

En este proyecto analizamos el proceso de maquinado de flechas en una empresa de motores eléctricos, debido a que se estaban teniendo elevadas pérdidas económicas por el desperdicio y re trabajo de material.

El problema es que se estaban obteniendo flechas maquinadas fuera de especificación, las partes con especificación por encima de lo especificado se re trabajan y las que salen por debajo de lo especificado se desperdician, decidimos empezar el estudio analizando el proceso mediante gráficos de control estadístico y el índice de capacidad del proceso para analizar si teníamos causas especiales o comunes que estaban afectando nuestro proceso y así empezar a aplicar mejoras que nos ayuden a reducir la variación.

Descubrimos que el proceso estaba bajo control, pero la capacidad estaba muy baja lo cual nos dio a entender que necesitábamos aplicar mejoras que nos ayudaran a reducir las piezas fuera de especificación, se propusieron diversas mejoras y se implementaron, después de un tiempo, se volvió a recolectar datos y se realizó el mismo estudio para ver la mejora que obtuvimos.

Concluimos que no siempre es necesario comprar equipo con la más alta tecnología para mejorar un proceso, a veces simplemente podemos enfocarnos en mejoras sencillas como capacitación, concientizar a la gente y equipos de bajo costo para tener un cambio notorio en lo que hacemos.

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. Antecedentes.

En marzo de 1908, la industria de manufactura eléctrica en Estados Unidos inicio con la compañía *Motores eléctricos* en los Ángeles, California, con 17 empleados.

En una historia de imprevistos primeros mercados, el crecimiento de la compañía la ha posicionado como líder en la industria de motores eléctricos.

Desde su fundación *Motores eléctricos* ha desarrollado mejores métodos de fabricación, y nuevos diseños de productos con características acorde a las necesidades de los clientes, con el objetivo de cubrir la creciente demanda del mercado global.

1.2. Actualidad.

Visión.

Ser el líder global en suministro de soluciones de motores que permita el éxito total del cliente.

Misión.

Utilizar la innovación y tecnología para entregar a nuestros clientes el mejor valor, servicio y calidad en soluciones de motores.

Valores.

Fomentar ambiente de trabajo en donde todos los empleados estén enfocados primero en el cliente y trabajen juntos para la mejora continua a través de:

- Comunicación.
- Reconocimiento al empleado.
- Respeto para el individuo.
- Desarrollo del empleado.

- Integridad incondicional.
- Trabajo en equipo.

Política de Calidad.

Proveer al mercado mundial motores industriales producidos al más bajo costo posible, y que cumplan los requerimientos del cliente en calidad y tiempo de entrega, lográndolo con el involucramiento de todo el personal de la empresa en un proceso de mejora continua.

Objetivos de Calidad.

- Aumentar la productividad.
- Aumentar el porcentaje de motores producidos a tiempo.
- Aumentar los embarques de órdenes a tiempo.
- Aumentar las ordenes entreplantas embarcadas a tiempo.
- Disminuir las unidades vencidas.
- Aumentar la rotación de inventarios.
- Disminuir la relación de gastos de manufactura.
- Disminuir los rechazos de clientes.
- Disminuir los rechazos en embobinado.
- Disminuir los rechazos en ensamble.

1.3. Justificación.

Esta investigación ayudará a reducir el desperdicio y el re trabajo de las flechas y por consiguiente bajar las pérdidas económicas que ha tenido esta empresa ya que analizaremos estadísticamente el proceso y los posibles resultados que encontraremos son que debemos hacer mejoras aplicando herramientas de calidad, y con esto beneficiaremos la economía de la empresa y la calidad del área de trabajo y del trabajo mismo de los operadores de las maquinas.

1.4. Planteamiento del problema.

La investigación que vamos a ver en este proyecto se realizara debido a que en los primeros seis meses año fiscal 2008 se obtuvieron un acumulado de 20,000 PPM's en flechas defectuosas del total de la producción, el cual representa un equivalente a \$22,000 USD en perdidas debido al re trabajo y desperdicio de material en esta línea de producción debido a que las flechas están saliendo fuera de tolerancia, las flechas que salen con tolerancia mayor a la especificada en el dibujo dimensionado se tienen que someter a un re trabajo para poder ser utilizadas en la línea de ensamble, por lo contrario las flecha que salen por debajo de la tolerancia especificada en el dibujo dimensionado tienen que ser desperdiciadas debido a que no pueden pasar al área de re trabajo. Esta media resulta bastante significativa ya que nos cuesta dinero y tiempo corregir las fallas, es por lo cual se decidió hacer este proyecto de investigación para encontrar la posibles causas de estas perdidas. (Ver Anexo 5)

Listado de posibles defectos:

1.- Diámetro por debajo del límite de especificación inferior:

Esto originaria el desperdicio del material ya que no podríamos pegarle mas material para hacer el diámetro mas grande.

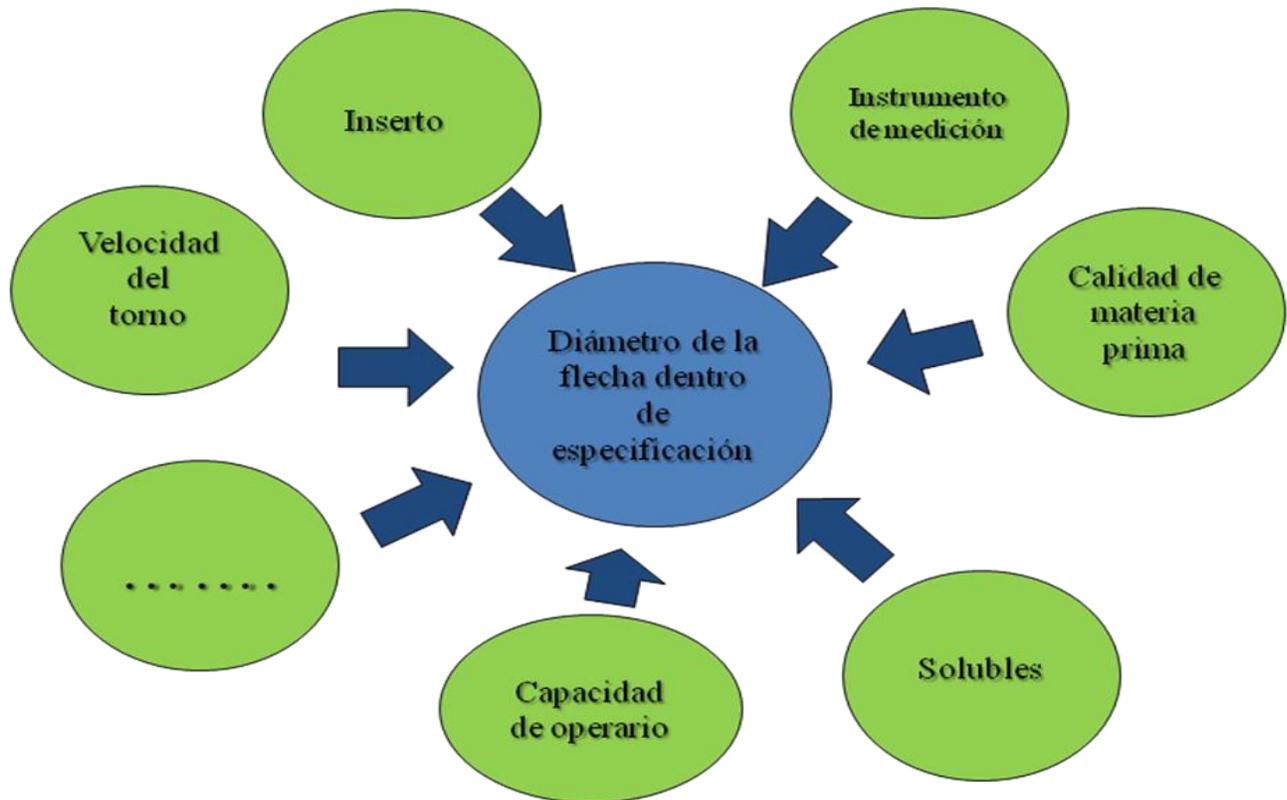
2.- Diámetro arriba del límite de especificación superior:

Esto originaria tener que hacer un re trabajo a la pieza ya que podríamos desbastar un poco mas de material para llegar a estar dentro de los limites.

3.- Rugosidad del maquinado:

En este caso podríamos re trabajar si el diámetro nos permite quedar dentro de los imites de especificación.

En el siguiente grafico podemos observar las actividades y materiales que se relacionan con este proceso.



1.5. Objetivo General.

Reducir el número de rechazos de flechas en la línea de producción de la empresa "Motores Eléctricos" ubicada en Apodaca N.L.

1.5.1. Objetivo específico.

Reducir la cantidad de flechas maquinadas que están saliendo fuera de especificación en un 50 %, en un periodo de un año.

1.6. Límites de la investigación.

Esta investigación se limita sólo a los rechazos que se presenten por flechas fuera de especificación en el área de maquinados de la empresa “Motores Eléctricos” ubicada en Apodaca, N.L.

2. MARCO TEÓRICO.

2.1. Orígenes de la calidad.

Previo a la conformación de los primeros grupos humanos organizados de importancia, las personas tenían pocas opciones para elegir lo que habrían de comer, vestir, en donde vivir y como vivir, todo dependía de sus habilidades en la cacería y en el manejo de herramientas, así como de su fuerza y voluntad, el usuario y el primitivo fabricante eran, regularmente, el mismo individuo.

La calidad era posible definirla como todo aquello que contribuyera a mejorar las precarias condiciones de vida de la época prehistórica, es decir, las cosas eran valiosas por el uso que se les daba, lo que era acentuado por la dificultad de poseerlas.

Conforme el ser humano evoluciona culturalmente y se dinamiza el crecimiento de los asentamientos humanos, la técnica mejora y comienzan a darse los primeros esbozos de manufactura; se da una separación importante entre usuario o cliente y el fabricante o proveedor.

La calidad se determinaba a través del contacto entre los compradores y lo vendedores, las buenas relaciones mejoraban la posibilidad de hacerse de una mejor mercancía, sin embargo, no existían garantías ni especificaciones, el cliente escogía dentro de las existencias disponibles.

Conforme la técnica se perfecciona y las poblaciones se transforman poco a poco en pueblos y luego en ciudades de tamaño considerable, aparecen los talleres de artesanos dedicados a la fabricación de gran variedad de utensilios y mercancías, cada

taller se dedicaba a la elaboración de un producto, eran especialistas en ello y basaban su prestigio en la alta calidad de sus hechuras, las que correspondían a las necesidades particulares de sus clientes. En esta etapa surge el comerciante, sirviendo de intermediario entre el cliente y el fabricante.

2.2. Etapas de evolución del concepto de la calidad.

Podemos definir que las etapas de evolución del concepto de la calidad son las siguientes cuatro:

Inspección (siglo XIX).- Se caracterizó por la detección y solución de los problemas por la falta de uniformidad del producto.

Control estadístico del proceso (década de los treinta). Enfocada al control de los procesos y la aparición de métodos estadísticos para el mismo fin y para la reducción de los niveles de inspección.

Aseguramiento de la calidad (década de los cincuenta). Es cuando surge la necesidad de involucrar a todos los departamentos de la organización en diseño, planeación y ejecución de políticas de calidad.

Administración estratégica por calidad total (década de los noventa). Se hace hincapié en el mercado y en las necesidades del consumidor, reconociendo el efecto estratégico de la calidad en el proceso de competitividad.

2.3. Control estadístico de la calidad.

Comenzando con la aportación de Shewhart sobre reconocer que en todo proceso de producción existe variación, puntualizó que no podían producirse dos partes con las mismas especificaciones, pues era evidente que las diferencias en la materia prima e

insumos y los distintos grados de habilidad de los operadores provocaban variabilidad. Shewhart no proponía suprimir las variaciones, sino determinar cuál era el rango tolerable de variación que evite que se originen problemas.

Para lograr lo anterior, desarrolló las gráficas de control al tiempo que Roming y Dodge desarrollaban las técnicas de muestreo adecuadas para solamente tener que verificar cierta cantidad de productos en lugar de inspeccionar todas las unidades. Este periodo de la calidad surge en la década de los 30's a raíz de los trabajos de investigación realizados por la Bell Telephone Laboratories.

En su grupo de investigadores destacaron hombres como Walter A. Shewhart, Harry Roming y Harold Dodge, incorporándose después, como fuerte impulsor de las ideas de Shewhart, el Dr. Edwards W. Deming.

Estos investigadores cimentaron las bases de lo que hoy conocemos como **Control Estadístico de la Calidad (Statistical Quality Control, SQC)**, lo cual constituyó un avance sin precedente en el movimiento hacia la calidad,

Causas de variación

- Existen variaciones en todas las partes producidas en el proceso de manufactura.

Hay dos fuentes de variación:

- variación aleatoria se debe al azar y no se puede eliminar por completo.
- variación asignable es no aleatoria y se puede reducir o eliminar.

2.4. Graficas de control estadístico.

Es una comparación grafica de los datos de desempeño de proceso, constituyen un mecanismo para detectar situaciones donde las causas asignables pueden estar afectando de manera adversa a la calidad del producto. Cuando una grafica esta fuera de control, se puede iniciar una investigación para identificar causas y tomar medidas correctivas. Nos permiten determinar cuando deben emprenderse acciones para

ajustar un proceso que ha sido afectado por una causa especial. Una grafica se considera que se encuentra bajo control estadístico si todos sus puntos se encuentra dentro de los “limites de control” superior e inferior. (Ver figura 1 y 2)

2.5. Capacidad del proceso. (Cpk)

Es una propiedad medible de un proceso que puede calcularse por medio del índice de capacidad del proceso Cpk si este es mayor que 1 el proceso tiene capacidad de lo contrario nos indica que hay que hacer mejoras en el proceso ya sea con herramientas de calidad o algunas veces comprar equipo de mayor precisión. Si el proceso no esta bajo control estadístico entonces no tiene sentido hacer cálculos sobre su capacidad. La capacidad del proceso solo involucra una variación de causa común y no variación de causa especial.

3. METODO

3.1. Metodología para la implementación de gráficos de control.

En el método tratemos de estructurar las siguientes fases para la implementación de los gráficos de control:

1. Se deberá describir la problemática.
2. Justificar la aplicación de la gráfica de control.
3. Establecer los objetivos de la gráfica de control.
4. Definir las variables y seleccionar las más importantes.
5. Elegir la carta apropiada para la variable seleccionada.
6. Pensar en los subgrupos.
7. Definir el método para seleccionar los elementos de los subgrupos: método del instante y método del periodo.
8. Elegir el tamaño y la frecuencia.
9. Estandarizar la toma de datos.

10. Determinar los límites de control y su revisión futura.
11. Entrenar a los usuarios.
12. Analizar los resultados.
13. Asegurar su efectividad.
14. Mantener el interés y modificar la carta.

3.2. Metodología para la implementación de mejoras

Haremos análisis de las actividades y los materiales que se necesitan para llevar a cabo el proceso de maquinado de una flecha y con esto poder identificar las posibles áreas de oportunidad de mejora del proceso.

4. RESULTADOS

4.1. Describir la problemática.

El problema es que no se tiene una visión clara de las causas que están ocasionando las pérdidas en este proceso, debido a que no se lleva un buen control de las actividades que se realizan y los equipos que se utilizan en esta área y no se tiene un historial estadístico completo de las piezas que se obtienen ya sean dentro o fuera de especificaciones.

4.2. Justificar la aplicación de la gráfica de control.

Se aplicaron las graficas de control estadístico para poder determinar las causas especiales o comunes que están ocasionando el re trabajo y el desperdicio en el área de maquinados de flechas de esta empresa, para conjuntar la información y establecer los lineamientos y posibilidades para determinar la factibilidad de las ideas.

4.3. Establecer los objetivos de la grafica de control.

El objetivo de la grafica de control fue identificar primero que nada si tenemos el proceso bajo control, ver si no tenemos puntos fuera de los limites de control o algunas causas especiales que estén afectando el proceso, después de esto tenemos que seguir usándola con el tiempo para mejorar el proceso y ver que no estén ocurriendo anomalías en el.

4.4. Definir las variables y seleccionar las más importantes.

En este proceso tenemos 2 variables diferentes: el diámetro y la excentricidad de la flecha.

Nosotros seleccionamos la variable diámetro por ser la mayor causante de los rechazos, se recurrió a tomar una serie de datos, la información que se analizara será recopilada la semana del 28 de Julio al 2 de Agosto del año 2008.

4.5. Elegir la carta apropiada para la variable seleccionada.

De acuerdo al muestreo que realizaremos, la mejor opción a utilizar en el estudio, es mediante el método de mediciones individuales, debido a que solo se tomara una semana de datos lo que nos dará treinta mediciones diferentes, y mediante otro tipo de grafico no se representaría claramente el comportamiento del proceso.

4.6. Pensar en los subgrupos.

En nuestro caso solo tendremos un grupo de treinta muestras por lo tanto nuestro subgrupo será de 1.

4.7. Definir el método para seleccionar los elementos de los subgrupos.

Como nosotros tomaremos los datos durante el proceso usaremos el método del instante, en el caso de que los hubiésemos tomado después de terminada la producción del día usaríamos el método del periodo.

4.8. Elegir el tamaño y la frecuencia.

La recopilación de los datos se hizo por medio de un muestreo diario de 5 piezas durante la semana mencionada, la cual consistió en medir una pieza cada hora y media durante el primer turno (7:30 - 4:30).

La recopilación de datos fue la siguiente:

Hora	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado
8:00 a.m	0.9993	1.0001	0.9997	1.0001	1.0000	0.9993
9:30 a.m.	0.9998	1.0003	0.9996	0.9997	1.0003	0.9997
12:00 a.m.	0.9990	0.9997	0.9990	0.9997	0.9999	0.9990
14:30 p.m.	0.9995	1.0003	0.9997	1.0003	1.0004	0.9999
16:00 p.m.	1.0000	1.0002	1.0002	0.9994	1.0003	1.0002

4.9. Estandarizar la toma de datos.

Para futuros análisis de este proceso se documentó la forma en que se tomaron los datos en este estudio para poder tener una visión mas clara de si se esta mejorando el proceso, usaremos la misma frecuencia, tiempo y la misma variable a analizar.

4.10. Determinar los límites de control y su revisión futura.

Los limites de control se revisaran cada mes o en algún caso especial donde se requiera estudiar por dudas en algunos equipos o anomalías en el proceso.

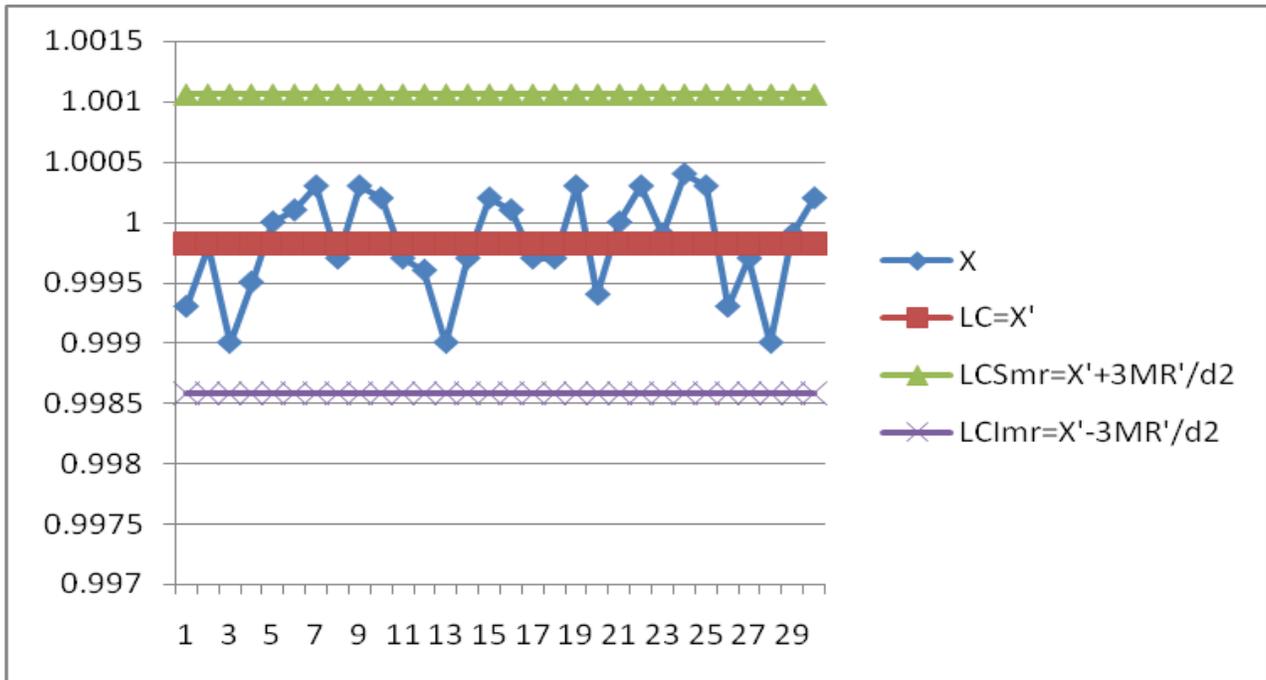
Se obtuvieron los siguientes límites de control de los datos anteriores:

X	MR	LC=X'	LCSmr=X'+3MR'/d2	LCSmr=X'-3MR'/d2
0.9993		0.99982	1.001058078	0.998581922
0.9998	0.0005	0.99982	1.001058078	0.998581922
0.999	0.0008	0.99982	1.001058078	0.998581922
0.9995	0.0005	0.99982	1.001058078	0.998581922
1	0.0005	0.99982	1.001058078	0.998581922
1.0001	1E-04	0.99982	1.001058078	0.998581922
1.0003	0.0002	0.99982	1.001058078	0.998581922
0.9997	0.0006	0.99982	1.001058078	0.998581922
1.0003	0.0006	0.99982	1.001058078	0.998581922
1.0002	1E-04	0.99982	1.001058078	0.998581922
0.9997	0.0005	0.99982	1.001058078	0.998581922
0.9996	1E-04	0.99982	1.001058078	0.998581922
0.999	0.0006	0.99982	1.001058078	0.998581922
0.9997	0.0007	0.99982	1.001058078	0.998581922
1.0002	0.0005	0.99982	1.001058078	0.998581922
1.0001	1E-04	0.99982	1.001058078	0.998581922
0.9997	0.0004	0.99982	1.001058078	0.998581922
0.9997	0	0.99982	1.001058078	0.998581922
1.0003	0.0006	0.99982	1.001058078	0.998581922
0.9994	0.0009	0.99982	1.001058078	0.998581922
1	0.0006	0.99982	1.001058078	0.998581922
1.0003	0.0003	0.99982	1.001058078	0.998581922
0.9999	0.0004	0.99982	1.001058078	0.998581922
1.0004	0.0005	0.99982	1.001058078	0.998581922

1.0003	1E-04	0.99982	1.001058078	0.998581922
0.9993	0.001	0.99982	1.001058078	0.998581922
0.9997	0.0004	0.99982	1.001058078	0.998581922
0.999	0.0007	0.99982	1.001058078	0.998581922
0.9999	0.0009	0.99982	1.001058078	0.998581922
1.0002	0.0003	0.99982	1.001058078	0.998581922

Figura 1.

Comportamiento del proceso.



Calculo del Cpk.

$$X' = 0.99982 \quad d_2 = 1.128$$

$$\sigma = R / d_2 = .00045 / 1.128 = 3.9893 \times 10^{-4}$$

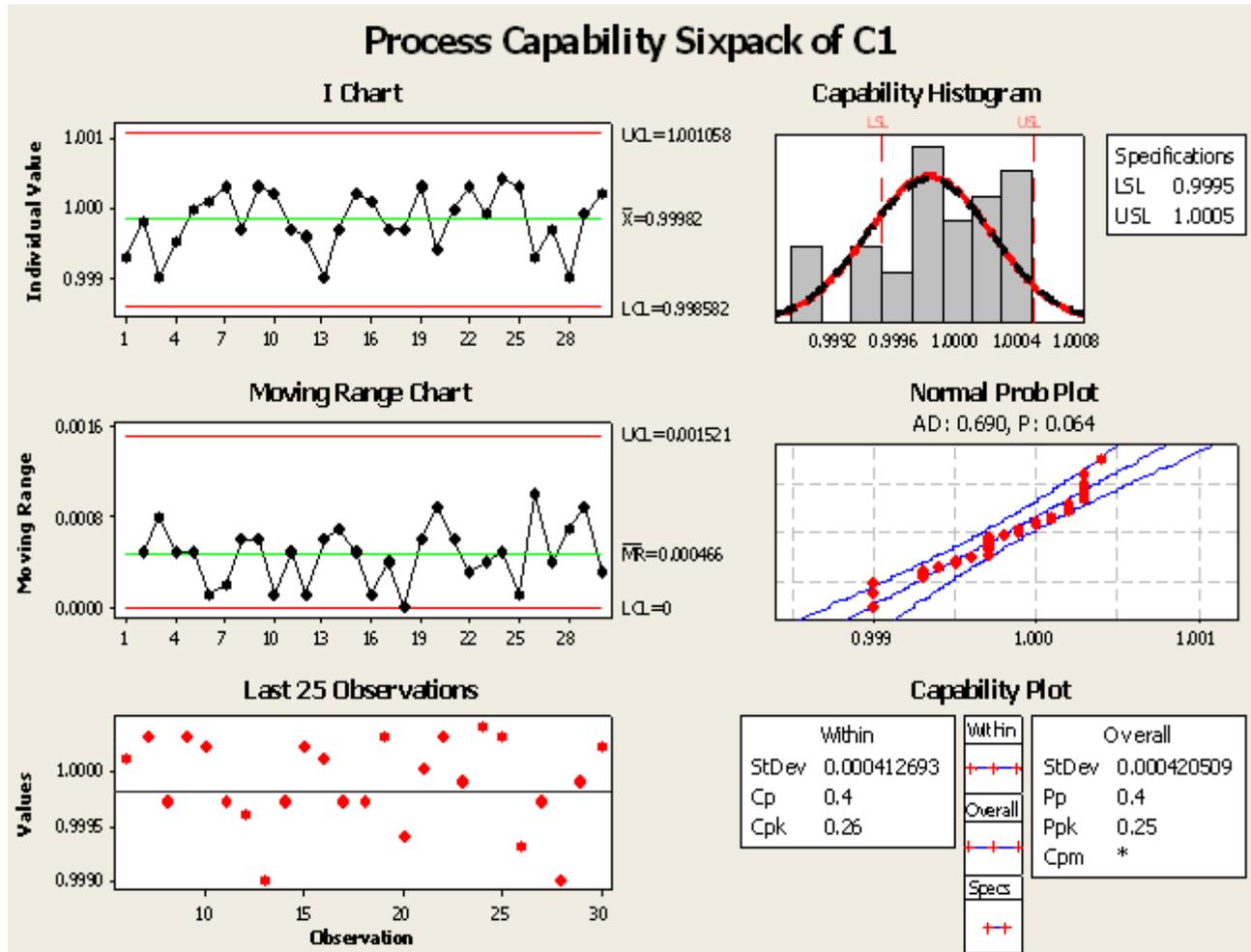
$$C_{pu} = 1.0005 - 0.99982 / 3(3.9893 \times 10^{-4}) = 0.5681$$

$$C_{pl} = 0.99982 - 0.9995 / 3(3.9893 \times 10^{-4}) = 0.2673$$

$$C_{pk} = 0.2673$$

Figura 2.

Analizamos los mismos datos con el programa minitab.

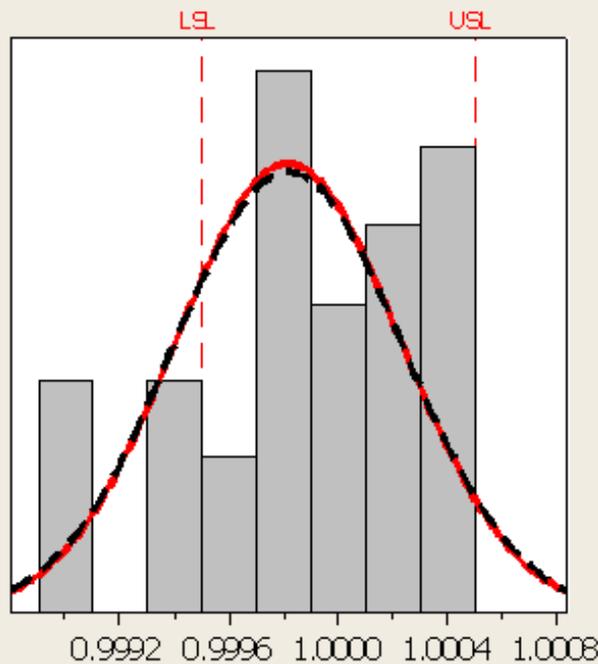


Para poder desarrollar la etapa de experimentación de nuestro proceso, se seleccionaron los departamentos de producción y calidad ya que en éstos es donde se puede tener de acuerdo a nuestra investigación el problema de los rechazos en flechas maquinadas; se comentó con los encargados de las dependencias el alcance de este proyecto y se les pidió apoyo tanto del personal que labora, del equipo de trabajo, así como del tiempo necesario para poder hacer las pruebas requeridas.

En el siguiente grafico podemos observar el análisis de capacidad del proceso, podemos ver que el porcentaje de flechas fuera de especificación es de un 27.62%.

Process Capability of C1

Process Data	
LSL	0.9995
Target	*
USL	1.0005
Sample Mean	0.99982
Sample N	30
StDev (Within)	0.000412693
StDev (Overall)	0.000420609



—	Within
- -	Overall

Potential (Within) Capability	
Cp	0.40
CPL	0.26
CPU	0.55
Cpk	0.26

Overall Capability

Pp	0.40
PPL	0.25
PPU	0.54
Ppk	0.25
Cpm	*

Observed Performance	
PPM < LSL	20000.00
PPM > USL	0.00
PPM Total	20000.00

Exp. Within Performance	
PPM < LSL	219052.98
PPM > USL	49705.53
PPM Total	268758.51

Exp. Overall Performance	
PPM < LSL	223333.60
PPM > USL	52929.54
PPM Total	276263.15

4.11. Entrenar a los usuarios.

Se le dará capacitación en el uso de estas herramientas de control al personal de calidad involucrado en este proceso, además se procederá a hacer la documentación adecuada para futuros nuevos empleados.

4.12. Análisis de los resultados

De la etapa de experimentación se obtuvieron los siguientes resultados:

- El proceso se encuentra bajo control estadístico, lo cual nos indica que podemos mejorar el proceso para reducir la variabilidad.

- Lo que se puede notar en los datos que obtuvimos anteriormente ($C_{pk} < 1$) es que no se tiene una buena capacidad para desarrollar este proceso. Por lo tanto debido a la precisión con la que se debe maquinar esta pieza debemos enfocarnos en como mejorar el proceso de maquinado haciendo mejoras en las posibles causas del defecto, sin tener que realizar un gasto mayor que seria el recurrir a comprar una maquina mas precisa de mayor tecnología.

Para llevar a cabo el análisis del proceso se recurrió a estudiar el mapa de proceso (Anexo 4) del maquinado de las flechas, se recurrió a formar un equipo de gente de las áreas de producción, calidad y manufactura que trabaja alrededor de este proceso con el fin de obtener una lluvia de ideas de mejora para poder aplicar las que se consideraron que mas pudiesen ayudar a mejorar el proceso. También se consideran entrevistas con personal de experiencia en el ramo para detectar áreas de oportunidad y considerar la experiencia y aprendizaje de cada uno.

- Del análisis del proceso dedujimos las siguientes causas posibles del porque hay esa cantidad de desperdicio y re trabajo.

a) La primer causa posible de desviación es el herramental:

- Puede utilizarse un herramental equivocado para el proceso.

- Puede estarse desgastando el herramental y así no desbastaría exactamente el valor que se introduce en el programa.

b) La segunda causa posible de desviación son los instrumentos de medición:

- La capacidad de la persona que toma la medición, debe hacerse un análisis R & R de todo el personal involucrado en las mediciones de este proceso.

- Los instrumentos de medición deben estar debidamente calibrados.

4.13. Asegurar la efectividad.

Podemos asegurar la efectividad del grafico de control debido a que por medio de este nos dimos cuenta de la alta variación que tenemos en este proceso y eso no ayuda a tomar decisiones de mejora en el.

Otra forma que nos ayudara a ver la efectividad de estos gráficos es con las revisiones que se harán en el futuro, nos deben demostrar una clara mejora del proceso y esto se va a reflejar económicamente en las utilidades de la empresa. (Ver anexo 9)

5. CONCLUSIONES Y PROPUESTA

5.1. Conclusiones

De los resultados obtenidos se llega a las siguientes conclusiones:

- En este proyecto concluimos que gracias a las graficas de control podemos deducir que tan estable estamos llevando a cabo nuestro proceso, descubriendo todos los datos que estan fuera de especificacion y el porcentaje de error que tenemos en el lote y con esto podemos implementar mejoras en nuestro proceso que nos permitan tener menores perdidas y mejor desempeño.
- Ademas concluimos que trabajando en equipo con todo el personal involucrado en el proceso se puede tener un panorama mas amplio de todos los problemas que pueden influir en que el proceso no se este realizando adecuadamente, y con esto podemos tener mejores ideas de mejora.

5.2. Propuesta

- Hacer un estudio para deducir el numero de maquinados que se pueden realizar con un solo herramental sin que este tienda a ser un factor importante en el

acabado de la pieza, tomando en cuenta que el herramental se compra siempre con el mismo proveedor.

- Tener un gage patrón en el lugar de trabajo para que el operador este verificando continuamente la medición, si en un momento del día el instrumento obtiene una medida diferente en este gage se tendrá que pedir al departamento de metrología que se cambie el instrumento para que se calibre el anterior.
- Mantener el interés en el estudio del proceso mediante gráficos de control, esto significa seguir con la toma de datos cada cierto tiempo para ver las mejoras que se están teniendo o por el lado contrario ver si las mejoras no están funcionando y así cambiar las decisiones.

La gerencia de la empresa analizó las propuestas, revisó su factibilidad y decidió llevar a cabo la implementación de nuestras sugerencias ya que no se requería de una inversión considerable de dinero y tiempo, así como de personal especializado.

Primero que nada se le dio capacitación al personal calificado del área para el uso adecuado de los gráficos de control, como se dieran cuenta de algún problema o anomalía al ir actualizando los datos, se le dio capacitación a los operarios para el uso de los instrumentos de medición, como utilizarlos y como cuidarlos dentro del área de trabajo para que no se des calibren tan fácilmente, esto con el fin de reducir la variación en la toma de mediciones de las piezas, después de terminar este curso se llevo a cabo un estudio (Gage R & R) de capacidad de los operadores para realizar las mediciones en las piezas ya maquinadas y los resultados fueron satisfactorios. (Ver anexo 6)

Después se realizo un estudio del tiempo de vida del herramental para asegurar que su desgaste no llegase a afectar las dimensiones del maquinado que se hace sobre la flecha, se creo un programa en el cual la computadora lleva un conteo del numero de

maquinados que lleva realizados y manda una alarma al operador cuando llega a su límite de vida.

Además se mandó fabricar un gage patrón en el cual el operador puede ir verificando continuamente la calibración del instrumento de medición, esto con el fin de asegurar las correctas mediciones.

6.0. GLOSARIO

6.1. Motor eléctrico de corriente alterna.

Los motores eléctricos son máquinas eléctricas rotatorias que transforman la energía eléctrica en energía mecánica. Debido a sus múltiples ventajas, entre las que cabe citar su economía, limpieza, comodidad y seguridad de funcionamiento, el motor eléctrico ha reemplazado en gran parte a otras fuentes de energía, tanto en la industria como en el transporte, las minas, el comercio, o el hogar.

Los motores eléctricos satisfacen una amplia gama de necesidades de servicio, desde arrancar, acelerar, mover, o frenar, hasta sostener y detener una carga. Estos motores se fabrican en potencias que varían desde una pequeña fracción de caballo hasta varios miles, y con una amplia variedad de velocidades, que pueden ser fijas, ajustables o variables. (Ver anexo 1).

6.2. Rotor.

El rotor es el componente que gira (rota) en una máquina eléctrica, sea esta un motor o un generador eléctrico. Los motores, y las máquinas eléctricas en general, se componen de dos partes: el rotor y el estator. (Ver anexo 2)

El rotor está formado por un eje que soporta un juego de bobinas arrolladas sobre un núcleo magnético que puede girar dentro de un campo magnético creado bien por un imán o por el paso por otro juego de bobinas, arrolladas sobre unas piezas polares, que permanecen estáticas y que constituyen lo que se denomina estator de una corriente continua o alterna, dependiendo del tipo de máquina de que se trate.

6.3. Flecha.

La flecha es el componente del motor eléctrico que esta encargado de transmitir la potencia mecánica que se genera, esta por lo general esta ensamblada junto con el rotor. (Ver anexo 3)

6.4. PPM's.

Es la cantidad de materia contenida en una parte sobre un total de un millón de partes. Los PPM's o partes por millón es un termino de ingeniería y calidad utilizado en compañías manufactureras; este termino o indicador mide las partes que salieron defectuosas de "x" cantidad producida. Cada compañía tiene una meta fija de PPM's, esto es una cantidad máxima de defectos permitida dentro de un proceso o planta en general. (Ver anexo 5)

6.5. Rechazo.

Proceso en el cual se segregan los productos debido a que no reúnen las especificaciones.

6.6. Re trabajo.

Es el proceso por el cual las piezas o productos defectuosos se corrigen.

6.7. Desperdicio.

Parte que sobra o resto inservible que queda de algo después de haberlo consumido o trabajado. En nuestro caso es el material que ya no puede ser re trabajado,

6.8. Mapa de proceso.

El mapa de proceso contribuye a hacer visible el trabajo que se lleva a cabo en una unidad de una forma distinta a la que ordinariamente lo conocemos. A través de este tipo de gráfica podemos percatarnos de tareas o pasos que a menudo pasan desapercibidos en el día a día, y que sin embargo, afectan positiva o negativamente el resultado final del trabajo.

Un mapa de los pasos que se requieren para completar un trabajo nos permite identificar claramente los individuos que intervienen en el proceso, la tarea que realizan, a quién afectan cuando su trabajo no se realiza correctamente y el valor de cada tarea o su contribución al proceso. También nos permite evaluar cómo se entrelazan las distintas tareas que se requieren para completar el trabajo, si son paralelas (simultáneas) o secuenciales (una tarea no puede iniciarse hasta tanto otra se haya completado). (Ver anexo 3).

6.9. Gage R & R

Es un estudio de repetitividad y reproducibilidad en las mediciones o en la forma de hacer un trabajo, un estimado de capacidad de medición, por lo tanto, es una expresión de la expectativa de error para definir las condiciones, alcance y rango del sistema de medición (una incertidumbre desigual deseada del rango esperado de error o valores asociados con los resultados de medición). (Ver anexo 6)

6.9.1. Repetitividad

Este análisis consiste en analizar la posible variación que puede tener una misma persona al hacer una medición sobre la misma muestra determinado número de veces.

6.9.2. Reproducibilidad

Este análisis consiste en analizar la posible variación que pueden tener varias personas al hacer una medición sobre la misma muestra determinado número de veces.

6.10. Minitab.

Es un programa de computadora diseñado para ejecutar funciones estadísticas básicas y avanzadas. Combina lo amigable del uso de Microsoft Excel con la capacidad de ejecución de análisis estadísticos. En 1972, instructores del programa de análisis estadísticos de la Universidad Estatal de Pennsylvania (Pennsylvania State University) desarrollaron MINITAB como una versión ligera de OMNITAB, un programa de análisis estadístico del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) de los Estados Unidos. Como versión completa en el 2006 cuesta \$1195 USD, pero una versión para estudiantes y académicos se ofrece como complemento de algunos libros de texto.

Minitab es frecuentemente usado con la implantación la metodología de mejora de procesos Seis Sigma. (Ver figura 2)

6.11. Torno CNC.

Es un tipo de máquina herramienta de la familia de los tornos que actúa guiado por una computadora que ejecuta programas controlados por medio de datos alfanuméricos, teniendo en cuenta los ejes cartesianos X,Y,Z. Esta máquina utiliza un herramental o inserto para desbastar el material. (Ver anexo 7)

6.12. Instrumentos de medición.

Dispositivo destinado a ser utilizado para hacer mediciones, solo o asociado a uno o varios dispositivos anexos. Para este proyecto se utilizaron instrumentos de medición como el vernier y el micrómetro. (Ver anexo 8)

6.13. Walter A. Shewhart.

Walter Shewhart es el creador de los famosos cuadros de control, paso inicial hacia lo que el denominó la formulación de una base científica para asegurar el control económico, plasmada en su obra "Economic Control of Quality of Manufactured Products" (Control Económico de la Calidad de Productos Manufacturados), publicado en 1931.

Shewhart se graduó en la Universidad de Illinois con los títulos de bachiller y máster, y recibió el Doctorado en Física en la Universidad de California en Berkeley en 1917. Su carrera profesional la realizó como ingeniero en Western Electric de 1918 a 1924, y en los laboratorios Bell Telephone como miembro del staff técnico de 1925 a 1956 cuando se retiró.

6.14. W. Edwards Deming.

William Edwards Deming nació en 1900 en Wyoming, E.U., se dedicó a trabajar sobre el control estadístico de la calidad. Japón asumió y desarrollo los planteamientos de Deming, y los convirtió en el eje de su estrategia de desarrollo nacional. En 1950 W. Edward Deming visitó Japón, dando conferencias sobre Control de Calidad. A dichas conferencias asistieron un grupo numeroso y seleccionado de directivos de empresas para crear las bases sobre las que instaurar el Premio Deming, premiando a aquellas instituciones o personas que se caracterizaran por su interés en implantar la calidad.

7.0. BIBLIOGRAFÍA.

http://www.portalplanetasedna.com.ar/motor_electrico.htm

http://es.wikipedia.org/wiki/Partes_por_mill%C3%B3n

http://www.infomipyme.com/Docs/GENERAL/Offline/GDE_03.htm

Calero Pérez, Roque y Carta González, José Antonio. Fundamentos de Mecánicas y Máquinas para ingenieros. Edit. Mc. Graw Hill. México, 1997.

[http://es.wikipedia.org/wiki/Rotor_\(m%C3%A1quina_el%C3%A9ctrica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Rotor_(m%C3%A1quina_el%C3%A9ctrica))

8.0. ANEXOS.

ANEXO 1



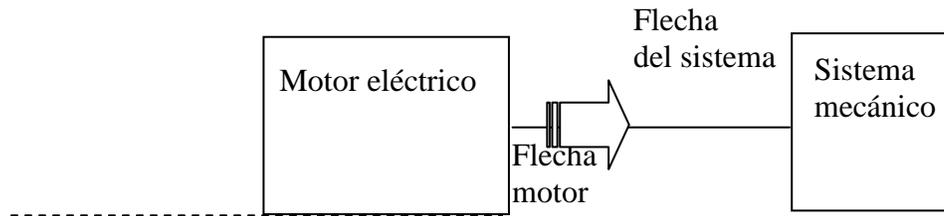
Motor eléctrico de inducción tipo jaula de ardilla.

ANEXO 2

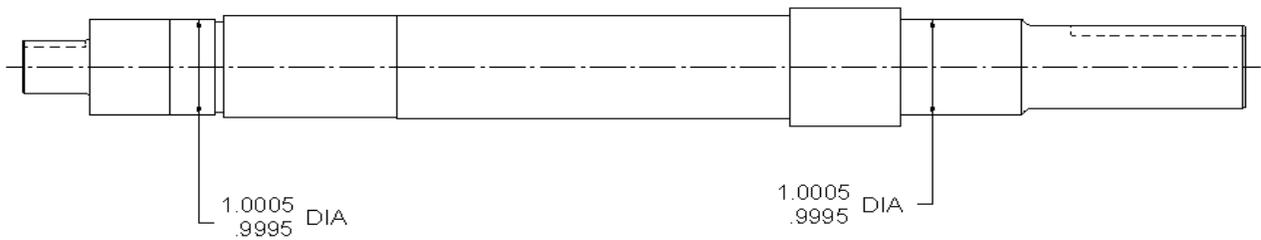


Rotor y flecha ensamblados de un motor de inducción tipo jaula de ardilla.

ANEXO 3



En este diagrama podemos ver como la flecha es la interfase con el sistema mecánico que deseamos mover.



Flecha de un motor eléctrico.

ANEXO 4

ENTRADAS

Barra de acero

Herramientas
-Insertos
-Contrapunto

Instrumentos de Medicion
-Manoplas
-Micrometros
-Vernier

Soluble

Programa CNC

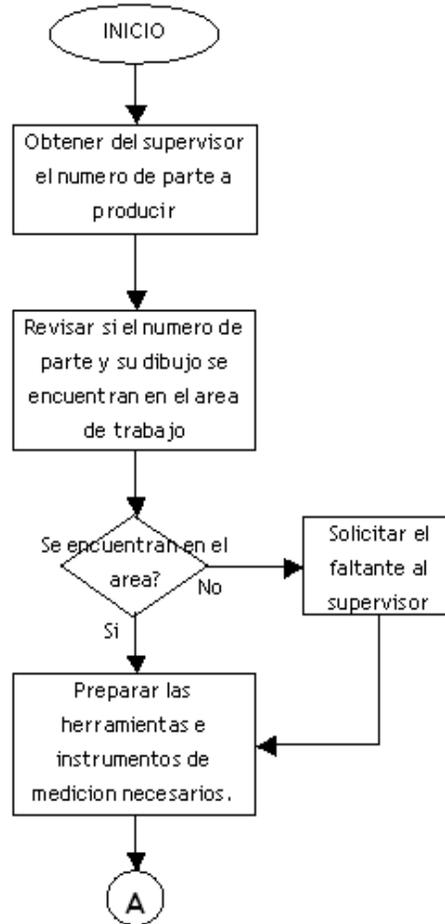
Dibujo

Capacitacion del Operador

Temperatura Ambiente

Presion

PROCESO



SALIDAS

Flecha con especificaciones requeridas

Hoja 1 de 3

Parte 1 del mapa de proceso de las flechas.

ENTRADAS

Barra de acero

Herramientas
-Insertos
-Contrapunto

Instrumentos de Medicion
-Manoplas
-Micrometros
-Vernier

Soluble

Programa CNC

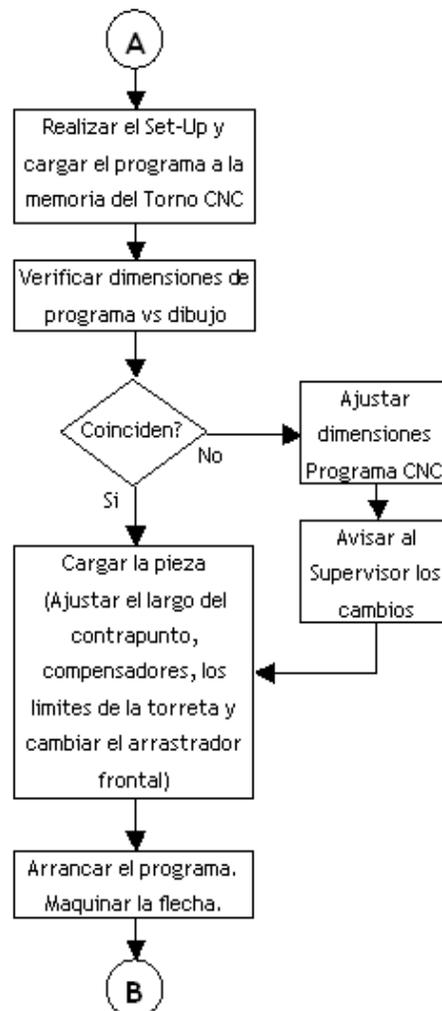
Dibujo

Capacitacion del Operador

Temperatura Ambiente

Presion

PROCESO



SALIDAS

Flecha con especificaciones requeridas

Hoja 2 de 3

Parte 2 del mapa de proceso de las flechas.

ENTRADAS

Barra de acero

Herramientas
-Insertos
-Contrapunto

Instrumentos de Medicion
-Manoplas
-Micrometros
-Vernier

Soluble

Programa CNC

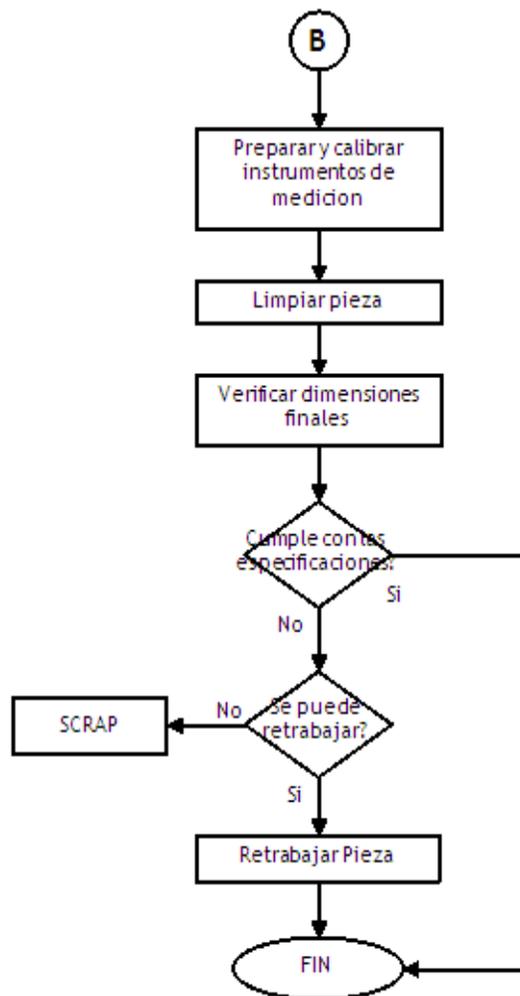
Dibujo

Capacitacion del Operador

Temperatura Ambiente

Presion

PROCESO



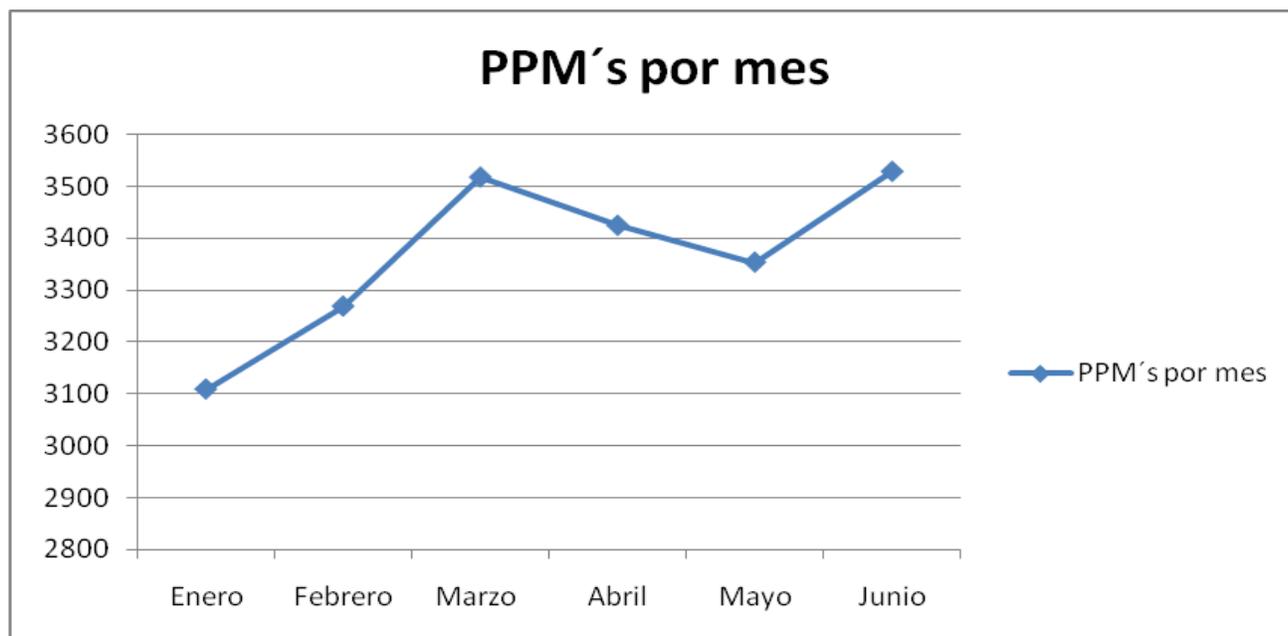
SALIDAS

Flecha con especificaciones requeridas

Hoja 3 de 3

Parte 3 del mapa de proceso de las flechas.

ANEXO 5



PPMs de rechazos en flechas de los primeros 6 meses del 2008.

ANEXO 6

Gage R&R

Source	VarComp	% Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0000000	8.41
Repeatability	0.0000000	0.00
Reproducibility	0.0000000	8.41
Operator	0.0000000	1.25
Operator*Part ID	0.0000000	7.17
Part-To-Part	0.0000000	91.59
Total Variation	0.0000000	100.00

Variación del Gage:
 <15 Si Pasa

Process tolerance = 0.0005

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	0.0000316	0.0001897	29.00	37.95
Repeatability	0.0000000	0.0000000	0.00	0.00
Reproducibility	0.0000316	0.0001897	29.00	37.95
Operator	0.0000122	0.0000730	11.16	14.61
Operator*Part ID	0.0000292	0.0001751	26.77	35.02
Part-To-Part	0.0001043	0.0006261	95.70	125.22
Total Variation	0.0001090	0.0006542	100.00	130.84

Number of Distinct Categories = 4

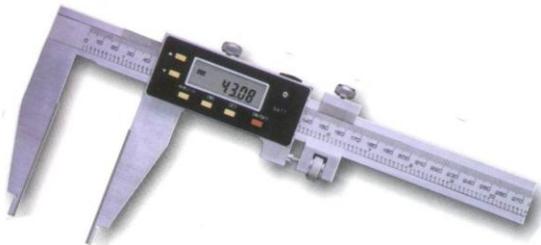
Cat. Distintivas:
 Minimo 4
 Gage SI tiene resolución

ANEXO 7



Torno CNC (derecha) y algunos herramientas o insertos (izquierda) que utiliza.

ANEXO 8



Instrumentos de medición Vernier (izquierda) y micrómetro (derecha).

ANEXO 9

ANALISIS ACTUAL.

Con el fin de hacer una comprobación de que las herramientas de calidad si funcionan para hacer mejoras en los procesos de cualquier industria, mi asesor (M.A. Rosa Amelia Alcántar Ruiz) me propuso hacer un análisis actual del proceso de maquinado de las flechas y con esto verificar los cambios que obtuvimos con las mejoras propuestas en el anterior proyecto, esta verificación se realizo nuevamente utilizando las graficas de control estadístico.

Para llevar a cabo lo anterior, se recurrió nuevamente a tomar una serie de datos, la información analizada fue recopilada la semana del 01 de Junio al 06 de Junio del año 2009 referente al diámetro de la flecha.

La recopilación de los datos se hizo por medio de un muestreo diario de 5 piezas durante la semana mencionada, la cual consistió en medir una pieza cada hora y media durante el primer turno (7:30 - 4:30), esto se hizo con el fin de obtener una situación similar a la que obtuvimos antes de realizar las mejoras.

Los datos obtenidos fueron los siguientes:

Hora	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado
8:00 a.m	0.9999	1.0000	0.9999	1.0000	1.0001	0.9995
9:30 a.m.	0.9997	1.0002	0.9996	0.9997	1.0002	0.9998
12:00 a.m.	1.0002	0.9998	0.9995	0.9999	0.9997	0.9994

14:30 p.m.	0.9998	1.0002	0.9998	1.0003	1.0003	0.9999
16:00 p.m.	1.0000	1.0001	1.0001	0.9995	1.0002	1.0001

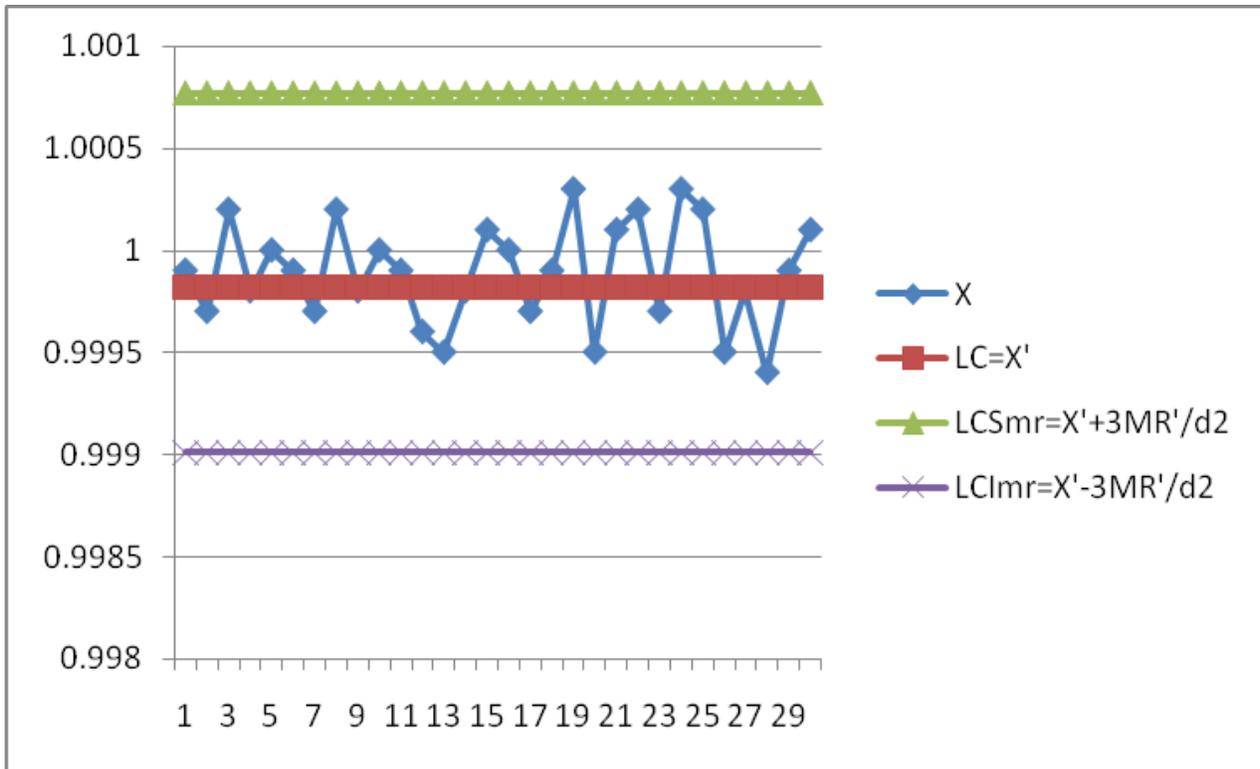
Realizamos el estudio mediante el método de mediciones individuales, para obtener la misma situación.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

X	MR	LC=X'	LCSmr=X'+3MR'/d2	LCSmr=X'-3MR'/d2
0.9999		0.99991333	1.000775402	0.999051264
0.9997	0.0002	0.99991333	1.000775402	0.999051264
1.0002	0.0005	0.99991333	1.000775402	0.999051264
0.9998	0.0004	0.99991333	1.000775402	0.999051264
1	0.0002	0.99991333	1.000775402	0.999051264
1	0	0.99991333	1.000775402	0.999051264
1.0002	0.0002	0.99991333	1.000775402	0.999051264
0.9998	0.0004	0.99991333	1.000775402	0.999051264
1.0002	0.0004	0.99991333	1.000775402	0.999051264
1.0001	1E-04	0.99991333	1.000775402	0.999051264
0.9999	0.0002	0.99991333	1.000775402	0.999051264
0.9996	0.0003	0.99991333	1.000775402	0.999051264
0.9995	1E-04	0.99991333	1.000775402	0.999051264
0.9998	0.0003	0.99991333	1.000775402	0.999051264
1.0001	0.0003	0.99991333	1.000775402	0.999051264
1	1E-04	0.99991333	1.000775402	0.999051264
0.9997	0.0003	0.99991333	1.000775402	0.999051264
0.9999	0.0002	0.99991333	1.000775402	0.999051264
1.0003	0.0004	0.99991333	1.000775402	0.999051264
0.9995	0.0008	0.99991333	1.000775402	0.999051264
1.0001	0.0006	0.99991333	1.000775402	0.999051264
1.0002	1E-04	0.99991333	1.000775402	0.999051264
0.9997	0.0005	0.99991333	1.000775402	0.999051264
1.0003	0.0006	0.99991333	1.000775402	0.999051264
1.0002	1E-04	0.99991333	1.000775402	0.999051264

0.9995	0.0007	0.99991333	1.000775402	0.999051264
0.9998	0.0003	0.99991333	1.000775402	0.999051264
0.9994	0.0004	0.99991333	1.000775402	0.999051264
0.9999	0.0005	0.99991333	1.000775402	0.999051264
1.0001	0.0002	0.99991333	1.000775402	0.999051264

Comportamiento del proceso.



En el grafico anterior se observa que el proceso esta bajo control, y no se distinguen causas especiales de variación en el proceso, lo cual nos dice que podemos seguir aplicando mejoras para reducir la variación.

Calculo del Cpk.

$$X' = 0.999913 \quad d_2 = 1.128$$

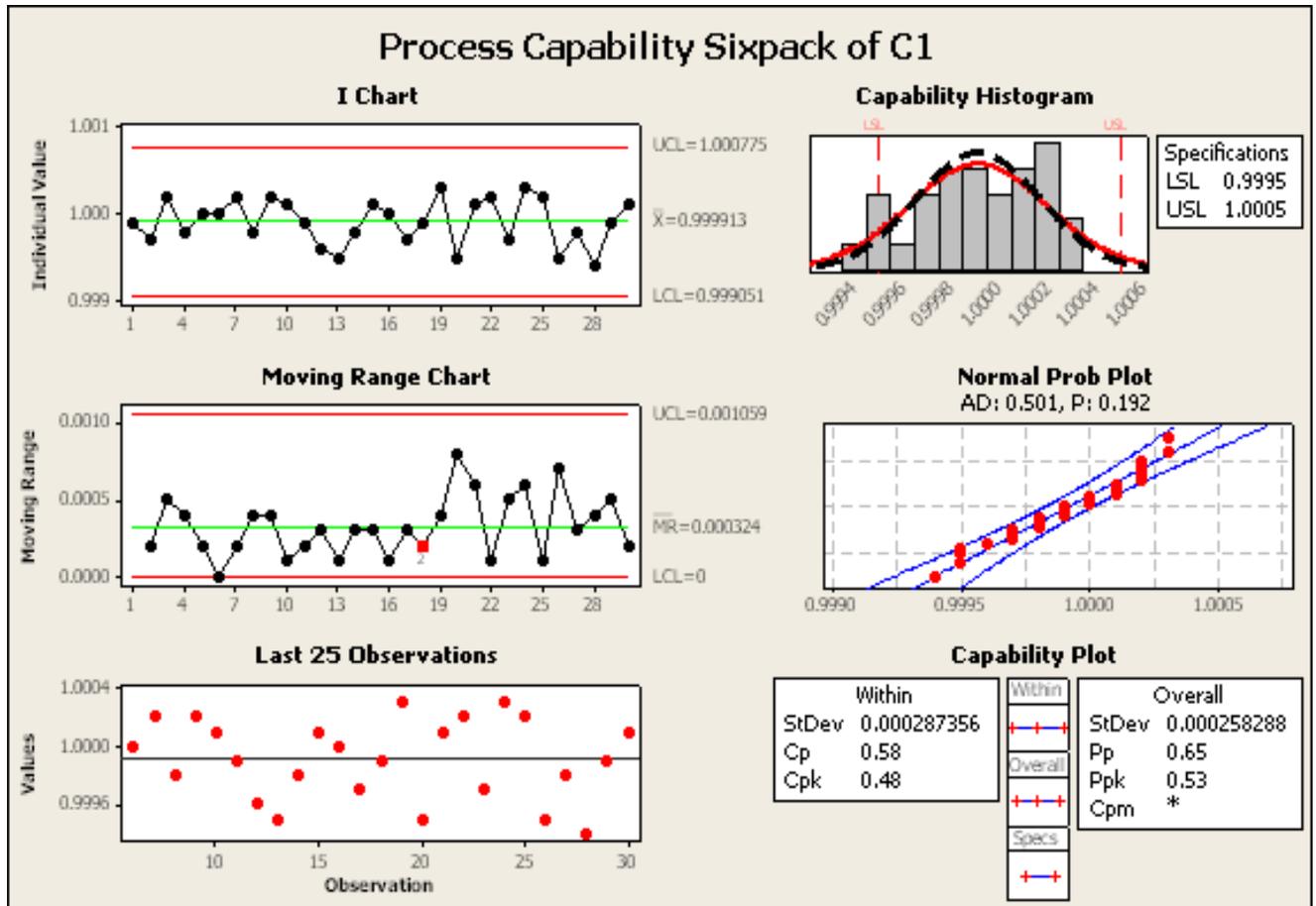
$$\sigma = R / d_2 = .00032 / 1.128 = 2.8368 \times 10^{-4}$$

$$Cpu = 1.0005 - 0.99991 / 3(2.8368 \times 10^{-4}) = 0.6932$$

$$Cpl = 0.99991 - 0.9995 / 3(2.8368 \times 10^{-4}) = 0.4817$$

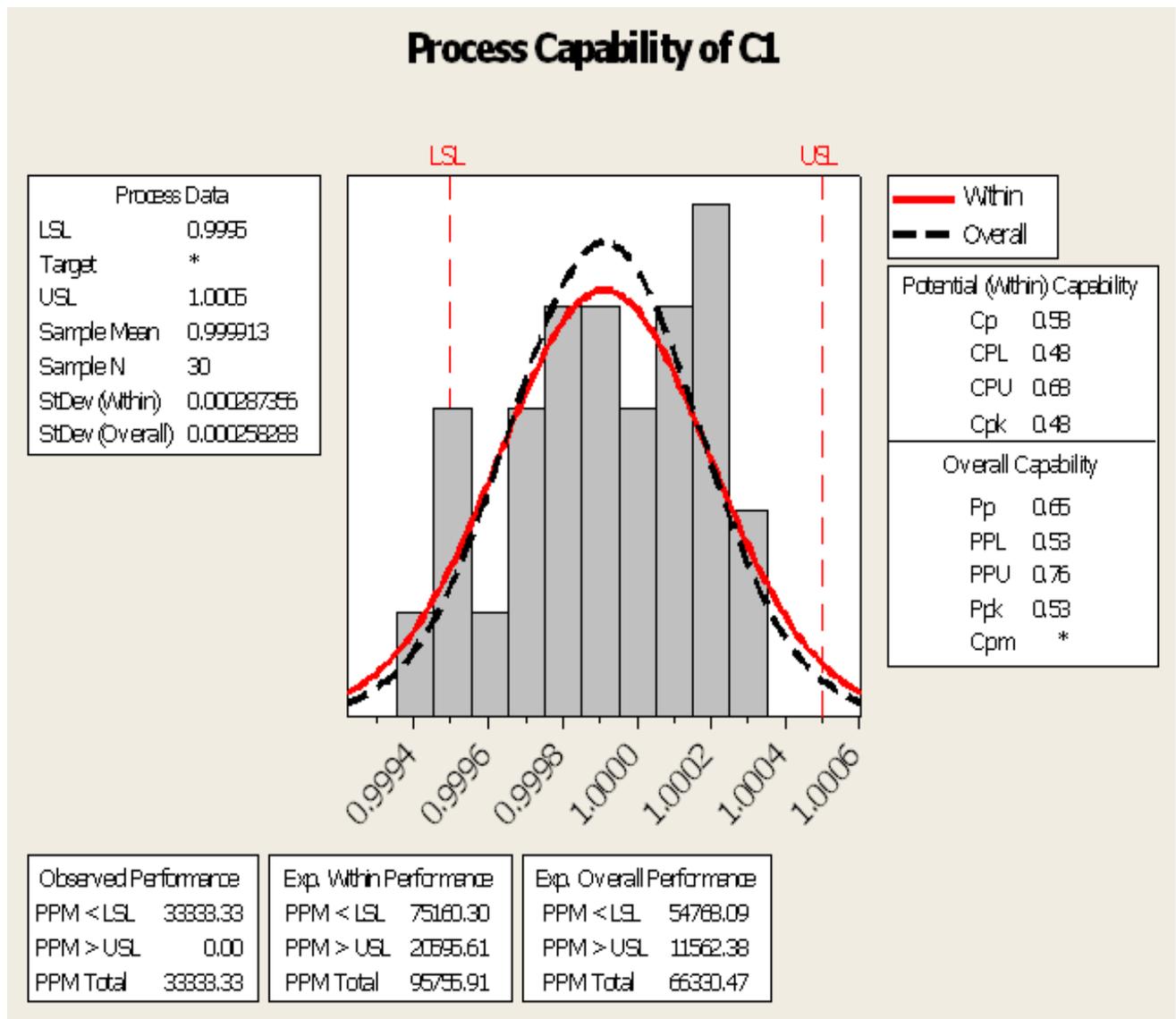
$$Cpk = 0.4817$$

Analizamos los mismos datos con el programa minitab.

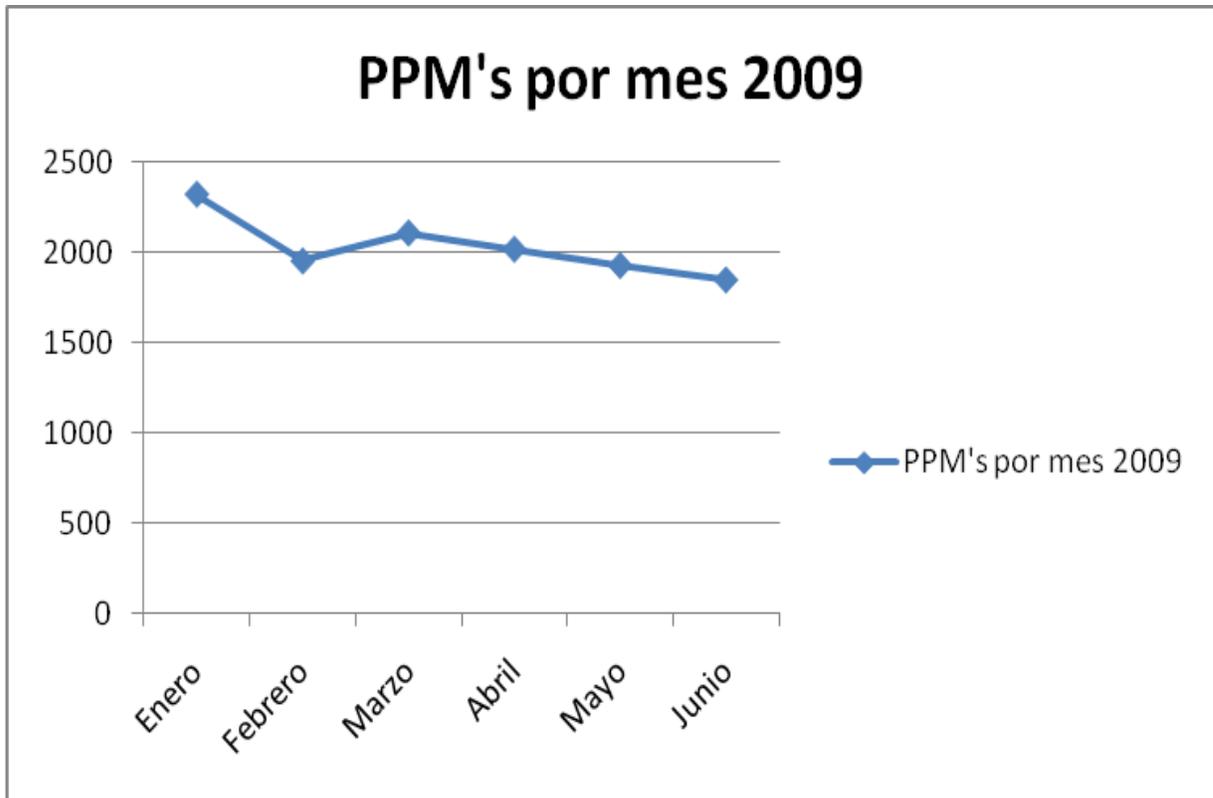


Podemos observar que el índice de capacidad de proceso aumento considerablemente al obtenido anteriormente, esto se lo podemos atribuir a las mejoras que se aplicaron en el proceso, lo cual también nos da a entender que si queremos seguir mejorando debemos seguir haciendo estudios y alentar al personal a que hagan propuestas de mejora para implementar las que puedan ser viables para aplicarlas en cuanto a capacidad económica y del personal de la empresa.

En el siguiente grafico podemos observar el análisis de capacidad del proceso, podemos ver que el porcentaje de flechas fuera de especificación es de un 6.63%, con esto comprobamos que han disminuido considerablemente el numero de rechazos ya que en el análisis anterior obtuvimos un 27.62%.



Analizaremos al grafica de PPM's de rechazos en los primeros seis meses del año 2009.



PPMs de rechazos en flechas de los primeros 6 meses del 2009.

Notamos que la cantidad de rechazos se redujo a 12000 PPM's y sigue con una tendencia hacia abajo, lo cual no da a entender que tuvimos una mejora del 40 por ciento ya que en el 2008 se tuvieron una cantidad de rechazos de 20000 PPM's, con esto no damos cuenta que no llegamos a la meta del 50 por ciento que teniamos como objetivo, pero tambien nos incita a seguir trabajando en el proceso ya que fue un excelente resultado y no tuvimos que invertir grandes cantidades de dinero y ademas la tendencia de los rechazos es hacia abajo.