

300617



UNIVERSIDAD LA SALLE 12

ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA A LA UNAM 2e)

IMPLANTACION DEL CONTROL ESTADISTICO DEL
PROCESO EN UNA FABRICA DE VARILLAS
ALZAVALVULAS

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

RODRIGO CORDOVA BUTZE

ASESOR DE TESIS:

ING. JOSE MANUEL CAJIGAS RONCERO

TESIS CON FALLA DE ORIGEN MEXICO, D. F.

1994



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mi madre:

porque todo lo que soy se lo debo a ella...

A mi tío Germán

porque siempre ha sido el ejemplo a seguir...

INDICE

INTRODUCCION	1
------------------------	---

CAPITULO 1.- ELEMENTOS BASICOS

1.1.- Filosofía de Calidad	4
1.2.- Concientización de la Dirección	7
1.3.- Mejora Continua	9

CAPITULO 2.- PLANEACION DE CALIDAD

2.1.- Proceso de Planeación de Calidad	12
2.2.- Descripción del Proceso	14
2.3.- Diagrama de Flujo de Operaciones	21
2.4.- Análisis del Modo y Efecto de Falla	28
2.5.- Planes de Control	48
2.6.- Instrucciones para el Monitoreo del Proceso	57

CAPITULO 3.- CONTROL ESTADISTICO DEL PROCESO

3.1.- Gráficos de Control	68
3.1.1.- Gráfica de Promedios y Rangos	71
3.1.2.- Habilidad de Proceso	81
3.1.3.- Gráfica de Medianas y Rangos	90
3.1.4.- Gráfica de Lecturas Individuales	93
3.2.- Estudios Estadísticos Preliminares	97

CAPITULO 4.- HERRAMIENTAS

4.1.- Mantenimiento de Calibradores	103
4.1.1.- Tipos de Variación	105
4.2.- Estudios de Variación	108
4.2.1.- Estudio de R y R	108
4.3.- Diagrama Causa - Efecto	119
4.4.- Diagrama de Pareto	126
CONCLUSIONES	135
BIBLIOGRAFIA	140
APENDICE 1	141
APENDICE 2	142

INTRODUCCION

La necesidad del desarrollo de un sistema de calidad basado en el control estadístico se hace cada vez más fuerte debido a las condiciones de un mercado cada vez más exigente.

La industria mexicana en la actualidad debe enfrentarse a la competencia propiciada por los altos niveles de exigencia mundial. Se debe lograr calidad para ser competitivos con los productos ofrecidos por las compañías extranjeras. En un mercado de libre competencia sólo serán capaces de sobrevivir aquellas empresas que ofrezcan a los consumidores la mejor calidad en sus productos al menor costo.

En el contexto del capitalismo las empresas tienen como principal objetivo el generar utilidades. Se debe considerar la generación de utilidades como una actividad sana cuando la utilidad económica adquirida es el resultado de la satisfacción de una necesidad de la sociedad. Visto de esta manera la generación de utilidades es una actividad positiva que parte de la necesidad humana de proporcionar bienes para la sociedad de la que forma parte.

Bajo estas consideraciones, las empresas mexicanas que deseen permanecer en el mercado y seguir generando utilidades deberán enfocar sus esfuerzos en esta consideración básica: satisfacer las

necesidades del cliente.

¿Cuál es el papel del Control Estadístico del Proceso en estos conceptos de calidad? Primeramente, se debe mencionar que las características del producto que satisfacen las necesidades del cliente pueden ser traducidas en especificaciones de dimensiones, resistencia de materiales utilizados para su elaboración, apariencia del acabado de sus superficies, color, peso, apariencia, etc. Por supuesto que las características del producto que satisfacen las necesidades del cliente dependen de cada producto en particular. Así pues, una característica importante para un lápiz es el tamaño de su diámetro ya que de éste depende en gran medida la buena sujeción del mismo. La resistencia al desgaste de un hule es característica importante en las llantas de un vehículo, etc.

Una vez establecidos los requerimientos técnicos de un producto se hace necesario establecer un control adecuado en los procesos que generan las características importantes para los clientes. El Control Estadístico del Proceso se basa en un muestreo de las características generadas en determinados periodos de tiempo a lo largo del proceso de fabricación con el fin de asegurar que las características no se salen de los límites determinados.

El Control Estadístico del Proceso por sí sólo no mejora los procesos, pero sí es una herramienta poderosa para monitorear el comportamiento de los procesos y poder tomar acciones cuando sea

requerido por el mismo. De esta manera se asegura que la característica en cuestión no se salga de las especificaciones de diseño.

El Control Estadístico del Proceso permite también conocer el proceso al identificar causas especiales y causas comunes de variación. De esta manera se pueden tomar acciones muy concretas sobre el proceso a fin de reducir cada vez más la variación del proceso. De esta manera se puede contar con procesos que superen por mucho el cumplimiento contra las especificaciones de diseño de los productos fabricados.

En el capítulo I se establecen los elementos básicos necesarios para crear en la empresa el ambiente favorable para la implantación del Control Estadístico del Proceso. En el capítulo II se establecen las herramientas analíticas necesarias para determinar las características relevantes y parámetros del proceso que deberán ser monitoreadas con el Control Estadístico del Proceso. En el capítulo III se describen las técnicas existentes del Control Estadístico del Proceso y la forma de llevarlas a cabo. El capítulo IV establece herramientas que soportan las actividades del Control Estadístico del Proceso y que sirven como base para la mejora continua.

1.- ELEMENTOS BASICOS

1.1.- FILOSOFIA DE CALIDAD

En la actualidad existen diversas filosofías de calidad con puntos muy específicos y estructuras propias. Sin embargo todas consideran puntos en común que deben ser considerados durante la implantación de cualquier sistema de calidad.

Satisfacción del cliente

El concepto del cliente como la base de todas nuestras actividades debe ser la base para la implantación de cualquier sistema de calidad. Todos somos clientes o proveedores en un momento u otro de nuestras actividades cotidianas. Todos queremos recibir un bien o servicio que satisfaga nuestras expectativas en el momento que lo requerimos o lo solicitamos. Por lo tanto, en el momento que nos toca ser proveedores debemos enfocar nuestros esfuerzos a satisfacer las necesidades de nuestros clientes.

Prevención y Detección

Otro punto en común de las filosofías de calidad es la de prevención de defectos en lugar de la detección.

Tradicionalmente los sistemas de calidad de las compañías

estaban enfocados a detectar los productos defectuosos y segregarlos de los buenos. Estos sistemas, basados en una inspección al 100% de los productos fabricados no son lo suficientemente buenos para evitar que productos defectuosos lleguen a las manos del cliente.

El problema principal es que generalmente estas inspecciones 100% son encargadas a inspectores de control de calidad, los cuales por cansancio y otros factores propios de la naturaleza humana, pasan por alto defectos en los productos fabricados.

Otro problema asociado con la inspección 100% es que los defectos no dejan de originarse por el sólo hecho de detectarlos. Un sistema que produce piezas defectuosas y cuyo único control de calidad es la inspección 100%, seguirá produciendo piezas defectuosas ya que las causas de raíz que originan los defectos no serán detectadas y mucho menos solucionadas.

El Control Estadístico del Proceso tiene como fundamento la prevención de defectos en lugar de su detección ya que utiliza la propia información del proceso para tomar acciones específicas ante cualquier condición fuera de control.

Costos

Se debe tener en consideración que los costos en los que

incurrimos por no tener calidad son a la larga mucho mayores que los generados por mantener un sistema de calidad.

Un cliente insatisfecho es la mejor publicidad con la que una compañía puede contar para propagar que su producto es malo. Un cliente satisfecho en cambio será fiel a determinado bien o servicio mientras éste le proporcione satisfacción. Los clientes se decidirán por los bienes y servicios que mejor satisfagan sus necesidades.

Por otro lado, un sistema de manufactura con altos niveles de desperdicio y retrabajo es un sistema con costos muy elevados. El Control Estadístico del Proceso reduce la variación del proceso logrando que los desperdicios y retrabajos disminuyan.

Reacción en Cadena

Al reducir la variación de un proceso mediante el CEP, los índices de desperdicios y retrabajos también bajarán, con esto los costos serán menores y la productividad aumentará, se lograrán altos niveles de competitividad y de permanencia en el mercado, habrá más trabajo y más sueldos y la riqueza del país aumentará.

1.2.- CONCIENTIZACION DE LA DIRECCION

Para la implantación de un sistema de calidad en una empresa es necesario que la dirección de la misma se conciente de las filosofías de calidad modernas y con ello establezca un compromiso para dirigir todos los recursos necesarios para lograrlo.

La dirección es responsable de desarrollar e implantar controles capaces de producir piezas con todas sus características de diseño dentro de especificaciones. La regla Deming de que la dirección es responsable del 85% de la calidad y los operarios solo del 15% restante, es aplicable a todo sistema considerando que si el sistema es bueno, deberá estar a prueba de errores humanos. Por supuesto que siempre que exista la mano humana en cualquier operación de manufactura, existirá la posibilidad de generar defectos, de ahí el restante 15%.

La dirección deberá destinar recursos para la capacitación en técnicas estadísticas del personal involucrado y ella misma deberá ser consciente de los conceptos de variabilidad, control estadístico, prevención de defectos y mejora continua y con ello desarrollar una estrategia para implantar el CEP y lograr la mejora continua.

Para lograrlo, la dirección deberá monitorear los avances en capacitación y la efectividad de los programas. Deberá revisar las

aplicaciones del CEP y las acciones necesarias para reducir la variabilidad y lograr la mejora continua.

Todas estas actividades deberán estar basadas en el estilo de dirección participativa fomentando el liderazgo y considerando que todo empleado, de cualquier nivel, tiene un cliente, es parte de un proceso y cuenta con el potencial para mejorar.

1.3.- MEJORA CONTINUA

Todo sistema es susceptible de mejorar. Bajo esta premisa se establece el modelo de mejora continua basado en el ciclo Planear, Ejecutar, Verificar y Actuar.

Planear- establecer por anticipado la ocurrencia de las actividades necesarias para llevar a cabo un proyecto.

Ejecutar- llevar a cabo las actividades previamente definidas bajo todas las restricciones establecidas.

Verificar- analizar los resultados obtenidos al ejecutar las actividades descritas.

Actuar- definir acciones a tomar para mejorar los resultados obtenidos. Las acciones formarán parte de la planeación al iniciar un nuevo ciclo.

Elementos de un Sistema

Proceso o sistema

Nuestro proceso o sistema es aquél que ha sido diseñado para producir bienes o servicios a nuestros clientes. El sistema en sí está sujeto a la variación, por lo que debe establecerse un control

para asegurar las características del producto.

Entradas

El proceso o sistema es alimentado con entradas, que constan de gente, métodos, materiales, medio ambiente, maquinaria y equipo.

La gente es la parte medular de todo sistema ya que proporciona la fuerza laboral para la realización de las operaciones.

Los métodos establecen la forma en que la operación debe ser realizada.

Los materiales son los elementos que sufrirán las operaciones para transformarse en producto terminado.

El medio ambiente es el entorno en el que se realizan todas las operaciones y que tiene una influencia en el resultado final del producto.

La maquinaria y el equipo son todas las instalaciones y herramientas necesarias para llevar a cabo las operaciones.

Salidas

Las salidas del proceso o sistema son los bienes o servicios generados por la empresa.

Retroalimentación

Para poder establecer un control se debe retroalimentar al sistema. Esto se puede lograr de dos maneras: la voz del proceso y la voz de los clientes.

La voz del proceso será traducida a través del CEP. La voz de los clientes será traducida identificando las necesidades y expectativas, siempre crecientes, de los clientes.

La forma en la que un proceso puede ser mejorado continuamente a través del CEP o "la voz del proceso" es identificando las fuentes de variación del sistema, atacando estas causas, eliminándolas y logrando reducción en la variación del proceso.

En capítulos posteriores se analizarán las causas comunes y causas especiales de variación y algunas herramientas para reducirlas y/o eliminarlas.

2.- PLANEACION DE CALIDAD

2.1.- PROCESO DE PLANEACION DE CALIDAD

Por Planeación de Calidad entendemos el uso de técnicas para el establecimiento de programas de calidad de los productos fabricados. A continuación se mencionan los elementos del proceso de Planeación de Calidad en orden secuencial:

Diagrama de Flujo de Operaciones

El punto de partida es el Diagrama de Flujo de operaciones. En él se definen todas las etapas de producción por las que pasan los productos a fabricar.

Análisis del Modo y Efecto de Falla

Una vez establecidas todas las etapas de manufactura del producto es necesario identificar las características del producto y parámetros del proceso que requieren control. El Análisis del Modo y Efecto de Falla o AMEF es la principal técnica para determinarlas.

Planes de Control

En los Planes de Control se establecen, principalmente, las

frecuencias y los tamaños de muestra necesarios para cada característica del producto y parámetro del proceso seleccionada así como el método de control aplicable.

Instrucciones Para el Monitoreo del Proceso

Con éstas se les indica a las personas responsables del control del proceso la forma en la que deben realizar el monitoreo del proceso.

En las siguientes secciones se explica cada uno de estos elementos a detalle.

2.2.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

A continuación se da una descripción de cada una de las operaciones necesarias para la fabricación de las varillas alzávalvulas.

La información es presentada en forma secuencial en la que se realizan las diferentes actividades de manufactura.

La información aquí descrita se complementa con el diagrama de flujo que se presenta en la siguiente sección.

Operación de corte

El objetivo de esta operación es cortar un tramo de tubo a una medida tal, que permita la realización de operaciones posteriores.

Para realizar la operación, se alimenta tubo en longitud de 23 metros a una cortadora con un tope previamente ajustado a la longitud requerida (6.421").

El operario lleva el tubo hasta el tope y acciona la cuchilla hasta que el tubo queda cortado. Al liberar la cuchilla, ésta regresa a su posición para iniciar un nuevo ciclo.

Primer Enderezado

El objetivo de esta operación es corregir cualquier desviación de la rectitud de la varilla y eliminar el ovalamiento excesivo de los extremos de la operación previa.

Para realizar la operación se cuenta con una enderezadora Bronx que consta de dos rodillos, uno ligeramente cóncavo y otro ligeramente convexo, separados por una guía con espacio suficiente para alojar a una varilla cuyo eje se encuentra paralelo a los ejes de ambos rodillos.

La varilla se alimenta de una en una al equipo y ésta es movida a través de los rodillos, los cuales llevan una velocidad de rotación ligeramente diferente. Esto permite que se aplique una fuerza necesaria para enderezar la varilla y a la vez proporcionarle un movimiento giratorio que la desaloje.

Operación de lavado

El objetivo de esta operación es eliminar productos grasos e impurezas de la superficie de la varilla antes de someterla a tratamiento térmico.

El lavado se realiza de forma automática en una cámara de lavado que funciona con una agitación forzada por la carga durante

10 minutos.

Al terminar el lavado automático el operario sopletea la carga para secar las varillas y dejarlas listas para el tratamiento térmico.

Carbonitrurado y templado

Tiene como objetivo endurecer la superficie de la varilla manteniendo un centro suave sin que aparezcan grietas.

Las varillas se colocan en canastillas para formar una carga completa que se introduce en un horno de atmósfera controlada durante 60 minutos.

Posteriormente, las varillas se sumergen dentro de aceite para temple (internacional 5033) en otra cámara del horno, hasta que éstas alcanzan la temperatura del aceite (de 10 a 15 segundos).

Lavado

El objetivo de esta operación es eliminar los residuos grasos, aceitosos o carbonáceos del proceso de carbonitrurado.

El lavado después del carbonitrurado se lleva de la misma manera que el lavado antes de carbonitrurado en un tiempo de 5

minutos.

Segundo Enderezado

El objetivo de esta operación es corregir cualquier desviación en la rectitud de la varilla provocada por las operaciones anteriores.

El segundo enderezado se lleva a cabo en un equipo idéntico al del primer enderezado y la operación se lleva a cabo de la misma manera.

Rectificado de extremos

El objetivo de esta operación es dar a la varilla una longitud final y unos extremos con una superficie adecuada para soldar los balines.

Para realizar la operación se cuenta con una rectificadora Gardner que consta de dos piedras abrasivas de rectificación separadas la distancia necesaria para dar la longitud total de la varilla.

El operario coloca cada varilla dentro de unas muescas en una rueda giratoria localizada entre las dos piedras rectificadoras. Cuando las varillas llegan a las piedras, éstas dan el desbaste

necesario a los extremos de la varillas y posteriormente son desalojadas por la parte baja de la rueda giratoria en donde caen a un contenedor para las mismas.

Rectificado de superficies

El objetivo de esta operación es eliminar posibles imperfecciones en la superficie de la varilla tales como rayaduras y/o marcas y darle una mejor apariencia.

Para realizar la operación se cuenta con un equipo que consta de dos rodillos separados una distancia suficiente para alojar una varilla montada sobre una guía. Uno de los rodillos lleva la lija para el rectificado.

El operario alimenta las varillas en un contenedor automático, el cual lleva las varillas a través de los rodillos giratorios. La operación se realiza en dos pasos: en el primero se utiliza una lija burda grado #180 y en el segundo una lija fina grado #400.

Desengrase

El objetivo de esta operación es eliminar impurezas y sustancias grasas de la parte interior y exterior de la varilla antes de soldar los balines.

Para realizar la operación se cuenta con una cámara de lavado con sistema de inmersión de cargas y con sistema de aspersion con una solución de percloroetileno al 100% a una temperatura de 120 a 125 grados centígrados.

El operario alimenta las varillas en canastillas con malla de acero inoxidable, posteriormente las canastillas se colocan en una mesa de descenso accionada con un pistón neumático para sumergir la carga en la solución desengrasante por 7 minutos, subirla en fase de vapor por 3 minutos y aplicar un chorro de percloroetileno limpio para eliminar los residuos del desengrase. La carga se saca completamente del equipo y se sopletea con aire para secarla.

Soldado de balines

El objetivo de la operación es unir, mediante soldadura por fusión, un balín (acero SAE 1030/1019 con 0.3125" de diámetro y dureza de 60-69 HRC) en cada extremo de las varillas alzaválvulas.

Para realizar la operación se cuenta con un equipo automático con dos soldadoras de corriente alterna para unir con calor y presión los balines.

El operario alimenta balines en dos contenedores (uno para cada soldadora) que por vibración los desplazan hacia cada terminal soldadora. Las varillas se alimentan en forma automática en la

parte central del equipo de tal manera que en cada paso del equipo, quedan al mismo nivel horizontal, una varilla y dos balines. Las terminales soldadoras aproximan los balines a los extremos de la varilla, los presionan contra ella y los sueldan por fusión.

2.3.- DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES

El formato de Diagrama de Flujo utilizado aquí contiene tres elementos principalmente: fuentes de variación de entrada, diagrama de flujo y características de salida.

Fuentes de variación de entrada

Las fuentes de variación de entrada son todos aquéllos factores que intervienen en la variabilidad de la característica creada en cada operación descrita.

Por ejemplo: si la característica creada en una determinada operación de corte es una longitud, las fuentes de variación de entrada son todos aquéllos elementos que provoquen que la longitud sea mayor o menor en cada pieza cortada. Estas fuentes de variación de entrada pueden ser: condiciones físicas del material a cortar (dureza, tamaño, espesor), condiciones de la herramienta de corte (afilado, desgaste, composición), ajuste del equipo de corte (velocidad, presión, temperatura), etc.

Diagrama de Flujo

La columna central del formato se utiliza para describir cada operación con la ayuda de la simbología de diagramas de flujo.

Los símbolos más comunmente utilizados son: un círculo para

operación, un cuadro para inspección y un triángulo para almacén.

En general, las operaciones se numeran dentro de los símbolos y las operaciones se describen fuera del símbolo.

Características de salida

Las características de salida son aquéllas condiciones dimensionales, de material y de comportamiento especificadas para el producto y que son generadas en cada operación de todo el proceso de fabricación de los productos.

Por ejemplo: en una operación de corte, la característica generada es una longitud; en un barrenado, las características generadas son diámetro y posición del barreno; en un tratamiento térmico la dureza y microestructura; etc.

DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES

NOMBRE DEL PROCESO: _____

PREPARADO POR: _____

FECHA EMISION: _____

NUMERO DE PARTE: _____

DEPARTAMENTO: _____

FECHA REVISION: _____

FUENTES DE VARIACION DE ENTRADA	DIAGRAMA DE FLUJO	CARACTERISTICAS DE SALIDA

Aplicación

A continuación se presenta el diagrama de flujo de operaciones desarrollado para el proceso de fabricación de varillas alzávalvulas descrito en la sección anterior.

La secuencia de operaciones es la misma que la utilizada en la descripción de cada operación correspondiente a la realidad.

Cabe hacer notar que los elementos de fuentes de variación de entrada y características de salida no se utilizaron en la descripción de las inspecciones (verificaciones), ya que éstas dependen siempre de las condiciones de los instrumentos de medición y del método utilizado para llevarlas a cabo.

DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES

NOMBRE DEL PROCESO: VARILLAS ALZA VALVUL PREPARADO POR: R. CONDOVA FECHA EMISION: 21-OCT-83
 NUMERO DE PARTE: RC-2002-AA DEPARTAMENTO: ING. DE CALIDAD FECHA REVISION: _____





FUENTES DE VARIACION DE ENTRADA	DIAGRAMA DE FLUJO	CARACTERISTICAS DE SALIDA
AJUSTE Y PREPARACION DE EQUIPO CONDICIONES DE OPERACION DUREZA, COMPOSICION Y TAMAÑO DEL TUBO FILO DE LA HERRAMIENTA DE CORTE	 <p>10 CORTE A LONGITUD</p> <p>15 VERIFICAR LONGITUD</p>	LONGITUD DE TUBO LIBRE DE GRETAS Y RESABAS SIN OVALAMIENTO EXCESIVO
AJUSTE Y PREPARACION DE EQUIPO CONDICIONES DE OPERACION DUREZA, COMPOSICION Y TAMAÑO DEL TUBO	 <p>20 1er. ENDREZADO</p> <p>25 VERIFICAR RECTITUD</p>	RECTITUD DEL TUBO LIBRE DE MARCAS, RAYAS Y GRETAS
PREPARACION DE SOLUCION DE LAVADO CONDICIONES DE OPERACION CONTAMINACION	 <p>30 LAVADO</p> <p>35 VERIFICAR LIMPIEZA</p>	LIBRE DE IMPUREZAS
AJUSTE Y PREPARACION DEL HORNO CONDICIONES DE OPERACION DUREZA, COMPOSICION Y TAMAÑO DEL TUBO CONDICIONES DEL ACEITE DE TEMPLE	 <p>40 CARBONITRURADO</p> <p>45 VERIFICAR DUREZA</p>	ESPESOR DE LA CAPA CEMENTADA DUREZA

DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES

NOMBRE DEL PROCESO: VARILLAS ALZAVALLU

PREPARADO POR: S. CONDOVA

FECHA EMISION: 21-OCT-83

NUMERO DE PARTE: RC-2907-AA

DEPARTAMENTO: ING. DE CALIDAD

FECHA REVISION: _____

FUENTES DE VARIACION DE ENTRADA	DIAGRAMA DE FLUJO	CARACTERISTICAS DE SALIDA
<p>PREPARACION DE SOLUCION DE LAVADO CONDICIONES DE OPERACION CONTAMINACION</p>	<p style="text-align: center;">(50)</p> <p style="text-align: center;"> </p> <p style="text-align: center;">[55]</p>	<p>LAVADO</p> <p>LIBRE DE IMPUREZAS</p> <p>VERIFICAR LIMPIEZA</p>
<p>AJUSTE Y PREPARACION DE EQUIPO CONDICIONES DE OPERACION DUREZA, COMPOSICION Y TAMAÑO DEL TUBO</p>	<p style="text-align: center;">(60)</p> <p style="text-align: center;"> </p> <p style="text-align: center;">[65]</p>	<p>2da. ENDUREZADO</p> <p>RECTIFICADO DEL TUBO LIBRE DE MARCAS, RAYAS Y GRIETAS</p> <p>VERIFICAR RECTIFICADO</p>
<p>AJUSTE Y PREPARACION DE EQUIPO CONDICIONES DE OPERACION DUREZA, COMPOSICION Y TAMAÑO DEL TUBO</p>	<p style="text-align: center;">(70)</p> <p style="text-align: center;"> </p> <p style="text-align: center;">[75]</p>	<p>RECTIFICADO DE EXTREMOS</p> <p>LONGITUD DEL TUBO PARALELISMO ENTRE CARAS LIBRE DE QUEMADURAS, REBARBAS Y GRIETAS</p> <p>VERIFICAR LONGITUD</p>
<p>AJUSTE Y PREPARACION DE EQUIPO CONDICIONES DE OPERACION DUREZA, COMPOSICION Y TAMAÑO DEL TUBO</p>	<p style="text-align: center;">(80)</p> <p style="text-align: center;"> </p> <p style="text-align: center;">[85]</p>	<p>RECTIFICADO DE SUPERFICIE</p> <p>ACABADO DE LA SUPERFICIE LIBRE DE MARCAS, RAYAS Y GRIETAS</p> <p>VERIFICAR RUGOSIDAD</p>

DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES

NOMBRE DEL PROCESO: VANILAS ALZAVAVUS PREPARADO POR: R. CORDOVA FECHA EMISION: 31-OCT-93
 NUMERO DE PARTE: RC-2002-AA DEPARTAMENTO: INGL. DE CALIDAD FECHA REVISION: _____

FUENTES DE VARIACION DE ENTRADA	DIAGRAMA DE FLUJO	CARACTERISTICAS DE SALIDA
<p>PREP. DE SOLUC. DEBENGRAANTE CONDICIONES DE OPERACION CONTAMINACION</p>	<pre> graph TD 90((90)) --- 95[95] 95 --- 100((100)) 100 --- 105[105] 105 --- 110((110)) 110 --- 120(∇120) </pre>	<p>LIBRE DE ACEITE E IMPUREZAS</p>
<p>AJUSTE Y PREPARACION DE EQUIPO CONDICIONES DE OPERACION DUREZA, COMPOSICION Y TAMAÑO DEL TUBO Y DE LOS BALINES</p>	<p>SOLDADO DE BALINES</p> <p>VERIFICAR LONGITUD, RECTITUD Y RESISTEN- CIA A LA SOLDADURA</p> <p>EMPAQUE</p> <p>ALMACEN</p>	<p>LONGITUD TOTAL RECTITUD TOTAL RESISTENCIA A LA SOLDADURA LIBRE DE QUEMADURAS, REBARBAS Y GRETAS</p>

2.4.- ANALISIS DEL MODO Y EFECTO DE FALLA POTENCIAL (AMEF)

El AMEF es una herramienta muy útil en la selección de características relevantes para aplicación del CEP. Su construcción está basada en las etapas mentales por las que pasa un ingeniero al desarrollar un sistema de manufactura.

La intención del AMEF es detectar los modos potenciales en que un producto puede fallar al pasar por todas las etapas de su manufactura. Estos modos de falla tienen un efecto sobre el comportamiento del producto que pueden evitar que éste cumpla con los fines para los que fue creado. El AMEF identifica las causas que originan estos modos de falla y asigna Números de Prioridad de Riesgo para definir las acciones a tomar y evitar que la falla ocurra.

A continuación se describen los elementos del AMEF y la forma en que deben incluirse en el formato.

Nombre del proceso

En este espacio se debe anotar el nombre del proceso de manufactura del producto que se está analizando para aplicación del AMEF.

Número de parte

Este espacio está destinado para anotar el número de parte del producto en cuestión.

Preparado por

Anotar aquí el nombre o nombres de las personas que elaboran el AMEF.

Departamento

Anotar aquí en nombre del departamento que elabora el AMEF.

Fecha de AMEF original

Anotar aquí la fecha original en que el AMEF fue desarrollado.

Fecha de revisión

Anotar aquí la última fecha en la que el AMEF fue revisado.

Descripción del proceso y propósito

En esta columna se debe anotar el proceso u operación específica correspondiente al diagrama de flujo de operaciones, se

deberá ser breve en la descripción (p.ej. remachado, soldado, troquelado, barrenado, etc.). Se deberá anotar también el propósito de este proceso.

Modo de falla potencial

El modo de falla se define como la forma en la que el producto puede fallar en cumplir con las especificaciones de diseño o con requerimientos específicos del proceso u operación en cuestión. Se debe considerar que la falla puede ocurrir aunque no necesariamente ocurrirá.

Se debe tomar en cuenta que la falla se produce por no cumplir contra alguna especificación de diseño pero también se deben incluir modos de falla que el cliente puede identificar como objetables.

Para identificar modos de falla se puede realizar un análisis de reclamaciones históricas de clientes (usuario final y operaciones subsecuentes). Ejemplos de modos de falla:

Doblado	Poroso	Agrietado	Desalineado
Excéntrico	Cuardeado	Deformado	Grande
Omitido	Roto	Pequeño	Torcido
Frágil	Quemado	Sucio	Rebaba

Efecto de falla potencial

El efecto de falla potencial se define como el efecto que un determinado modo de falla puede ocasionar en el cliente. Se deben considerar como clientes las operaciones de manufactura subsiguientes inclusive.

El efecto de falla potencial se debe expresar como la característica del producto que le ocasiona insatisfacción al cliente y en términos del comportamiento del producto.

Salado	Ruidoso	Aspero	Quemado
Grande	Inoperante	Errático	Fundido
Esfuerzo alto	Chueco	Distorsionado	Mala apariencia
Manchado	Descosido	Roto	Filos cortantes

Si el cliente es el siguiente proceso u operación el efecto de falla potencial se puede expresar en términos del desempeño de la operación:

No puede sujetarse	No coincide
No se puede montar	No embona
Daña el equipo	Queda en mala posición

Un modo de falla puede tener varios efectos de falla.

Severidad

La severidad asigna un valor numérico a la gravedad del efecto de falla potencial. Deberá estimarse en una escala del 1 al 10 de acuerdo con el siguiente criterio:

Severidad	Grado
Menor: el cliente no notará la falla	1
Bajo: el cliente puede notar la falla que le causará sólo una ligera insatisfacción.	2 3
Moderado: la falla incomoda o molesta al cliente. El cliente estará insatisfecho.	4 5 6
Alto: el producto no funcionará para lo que fué diseñado y causará una alta insatisfacción al cliente.	7 8
Muy Alto: la falla puede poner en peligro la vida del cliente.	9 10

Causa de falla potencial

La causa de falla es el origen del modo de falla y se define como la forma en que el modo de falla podría ocurrir descrito en términos de algo que puede corregirse o controlarse.

La causa de falla potencial deberá describirse a fin de enfocar los esfuerzos para su solución. Las causas de falla pueden describirse como:

Material extraño

Daño por manejo

Herramental incorrecto

Tratamiento térmico deficiente

Parámetros de operación inadecuados

Mala preparación de superficie

Condiciones ambientales inadecuadas

Descuido de operario

Método de fabricación equivocado

Un modo de falla puede tener varias causas de falla.

Ocurrencia

La ocurrencia es la frecuencia estimada de la causa de falla. Se debe estimar la probabilidad de ocurrencia de la causa de falla dadas las condiciones de manufactura actuales.

La probabilidad de falla puede calcularse de un proceso que se encuentra bajo control estadístico. Cuando no existe la probabilidad de causa de falla puede estimarse en base al siguiente criterio útil para unificar criterios.

Probabilidad de falla	Grado	Posibles fallas
Remota: la falla es prácticamente imposible. Los procesos similares nunca la han presentado.	1	< 1 en 1,000,000
Muy baja: solamente fallas aisladas en procesos similares.	2	1 en 2,000
Baja: fallas ocasionales en procesos similares.	3	1 en 4,000
Moderada: ligera frecuencia en la presencia de fallas en procesos similares.	4	1 en 1,000
	5	1 en 400
	6	1 en 80
Alta: fallas frecuentes en procesos similares.	7	1 en 40
	8	1 en 20
Muy alta: la falla es prácticamente inevitable.	9	1 en 8
	10	1 en 2

Controles actuales

Los controles actuales son aquéllos que previenen la ocurrencia del modo de falla o bien que detectan al modo de falla en caso de que ocurra. Estos controles pueden ser pruebas de funcionamiento, CEP, verificación electrónica, inspección visual o automática, etc.

Detección

La detección es una evaluación de la probabilidad de que los controles actuales detecten el modo de falla antes de que la pieza salga del proceso de manufactura.

Para determinar la probabilidad de detección de los controles actuales se debe presuponer que la falla ha ocurrido a fin de no influenciar la probabilidad de detección con la probabilidad de ocurrencia. La evaluación deberá realizarse según lo siguiente:

Probabilidad de detección	Grado
Muy alta: los controles son prácticamente infalibles y prácticamente siempre detectarán el defecto.	1 2
Alta: los controles tienen muy buena oportunidad de detectar el defecto.	3 4

Probabilidad de detección	Grado
Mediocrada: es posible que los controles detecten la existencia de un defecto.	5 6
Baja: los controles tienen poca oportunidad de detectar la existencia de un defecto.	7 8
Muy baja: probablemente los controles no detectarán la existencia de un defecto.	9
Certeza absoluta de no detección: los controles no detectarán la existencia de un defecto.	10

Número de prioridad de riesgo

El número de prioridad de riesgo es el producto de los grados de ocurrencia, severidad y detección. Por sí solo no tiene ningún significado. Únicamente debe ser utilizado para asignar prioridades a los problemas que deben atacarse en el proceso.

Acciones recomendadas

Con ayuda del NPR se pueden ordenar de mayor a menor los modos de falla a fin de detectar los principales problemas que deben atacarse. Posteriormente se deberán enfocar los esfuerzos a reducir

los grados de ocurrencia, severidad y/o detección a través de las acciones recomendadas, las cuales serán el resultado del análisis realizado para cada una de las operaciones descritas.

Dentro de las acciones recomendadas deberá considerarse lo siguiente:

- Para reducir la probabilidad de ocurrencia se requieren revisiones al proceso y/o diseño del producto.
- Para reducir la severidad la única forma de lograrlo es con una revisión del diseño del producto.
- Para incrementar la probabilidad de detección, se requiere de revisiones al sistema de control y/o diseño del producto.

Area/Persona Responsable y fecha de terminación

Se refiere a la persona que se encargará de tomar las acciones recomendadas y la fecha límite para realizarlas.

Acciones tomadas

Registrar la acción tomada y la fecha en que se concluyó.

NPR Resultante

Después de tomadas las acciones recomendadas se deberá hacer una nueva evaluación de los grados de ocurrencia, severidad y detección y calcular un nuevo NPR. La intención de esto es mantener el AMEF como un documento viviente como parte de la Mejora Continua al lograr NPR's cada vez menores.

Aplicación

A continuación se presenta el AMEF de Proceso desarrollado para la fabricación de varillas alzávalvas. Para mayor claridad se utilizó un formato de AMEF completo para cada una de las operaciones de manufactura de las varillas.

La secuencia de las operaciones descritas en el AMEF de proceso corresponde a la misma que la utilizada en el diagrama de flujo de operaciones para describir el proceso.

Las operaciones que no resultan tan importantes (como los desengrases p. ej.), no están incluidas en el AMEF por no resultar tan relevantes.

ANALISIS DEL MODO Y EFECTO DE FALLA POTENCIAL

AMEF DE PROCESO

NOMBRE DEL PROCESO: VANILLAS AL ZAVALLINAS

PREPARADO POR: RODRIGO CORDOVA

FECHA AMEF ORIGINAL: 8/AGOS/05

NUMERO DE PARTE: PC 2003.AA

DEPARTAMENTO: INGENIERIA DE CALIDAD

FECHA DE REVISION:

DESCRIPCION DEL PROCESO Y PROPOSITO	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFECTOS/DE FALLA POTENCIAL	SEVERIDAD	CAUSAS DE FALLA POTENCIAL	OCCURRENCIA	CONTROLES ACTUALES	DIFICULTAD	N P R	ACCIONES RECOMENDADAS	ALA PERSONA RESPONSABLE Y FECHA DE TERMINACION	RESULTADOS DE ACCIONES				
											ACCIONES TOMADAS	COMPLETUDIN	EFECTIVIDAD	N P R	
CORTE DE TUBO A LONGITUD	ALONGITUD MAYOR A LO ESPECIFICADO	1) INTERFERENCIA EN EL FUNCIONAMIENTO 2) RECTIFICADO EN DOS PASES	8	TOPE DESAJUSTADO	2	AJUSTE DE TOPE	8	128	GRAFICA 3.R	PRODUCCION Y CALIDAD	GRAFICAR CADA 2 HORAS	8	2	1	18
	ALONGITUD MENOR A LO ESPECIFICADO	1) INTERFERENCIA EN EL FUNCIONAMIENTO 2) MAL RECTIFICADO DE EXTREMOS	8	TOPE DESAJUSTADO	2	AJUSTE DE TOPE	8	128	GRAFICA 3.R	PRODUCCION Y CALIDAD	GRAFICAR CADA 2 HORAS	8	2	1	18
	DEVALAMIENTO EN LOS EXTREMOS	1) MAL SOLDADO DE BAIN	8	ALTA DE PISO A LA CUCHILLA	2	INSPECCION DE RUTINA	2	20	CONTAR CON SEÑALES CUCHILLAS AFILADAS	PRODUCCION	CHECAR CUALIFICACION CADA 2 HORAS	8	2	1	10

ANALISIS DEL MODO Y EFECTO DE FALLA POTENCIAL

AMEF DE PROCESO

NOMBRE DEL PROCESO: VARELLAS ALTAVALCILLASPREPARADO POR: RODOLFO CORDOVAFECHA AMEF ORIGINAL: 8/AGO/93NUMERO DE PARTE: MC 2002-AADEPARTAMENTO: INGENIERIA DE CALIDAD

FECHA DE REVISION:

DESCRIPCION DEL PROCESO Y PROPUESTO	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFECTOS DE FALLA POTENCIAL	SEVERIDAD	CAUSAS DE FALLA POTENCIAL	OCURRENCIA	CONTROLES ACTUALES	DIFICULTAD DE DETECCION	N P R	ACCIONES RECOMENDADAS	AREA/PERSONA RESPONSABLE Y FECHA DE TERMINACION	RESULTADOS DE ACCIONES				
											ACCIONES TOMADAS	FECHA DE INICIO	FECHA DE TERMINACION	N P R	
PRIMER ENDEZADO	1) FUERA DE RECTITUD	1) INTERFERENCIA EN EL FUNCIONAMIENTO	8	FALTA DE PRESION EN LOS RODILLOS	3	AJUSTAR PRESION EN RODILLOS	8	128	GRABAR X R	PRODUCCION Y CALIDAD	GRABAR CADA 2 HORAS	8	2	1	16
	2) DUALAMIENTO Y GREITAS	1) MAL SOLDADO DE BALN 2) ACORTAMIENTO DE EXTREMOS	8	EXCESO DE PRESION EN LOS RODILLOS	2	AJUSTAR PRESION EN RODILLOS	8	128	REVISAR GREITAS CADA CARGA	PRODUCCION	SE REVISAN GREITAS CADA CARGA	8	2	1	16
	3) MARCAS Y CADURAS EN LA SUPERFICIE	1) MALA APARITION	8	ALBAGA EN LOS RODILLOS	2	INSPECCION DE RUTINA	2	20	REVISAR MARCAS CADA CARGA	PRODUCCION	SE REVISAN MARCAS CADA CARGA	6	2	1	10

ANALISIS DEL MODO Y EFECTO DE FALLA POTENCIAL

AMEF DE PROCESO

NOMBRE DEL PROCESO: VANILLAS AL ZAVAL VIEJAS

PREPARADO POR: RODRIGO CORCOVA

FECHA AMEF ORIGINAL: 8 AGOSTO 93

NUMERO DE PARTE: RC-2007-AA

DEPARTAMENTO: INGENIERIA DE CALIDAD

FECHA DE REVISION:

DESCRIPCION DEL PROCESO Y PROPOSITO	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFECTO(S) DE FALLA POTENCIAL	DEGRADACION	CAUSA(S) DE FALLA POTENCIAL	CONTROLES ACTUALES	D	N	ACCIONES RECOMENDADAS	AREA/PERSONA RESPONSABLE Y FECHA DE TERMINACION	RESULTADOS DE ACCIONES				
										ACCIONES TOMADAS	COMPLETADO	REVISADO	N	
TEMPLAR VARILLA	A) CAPA DE CEMENTADO ABALJO DE LO REQUERIDO	1) DEGRASTE PRE-MATURO DE LA VARILLA	8	1) TEMPOS, TEMPERATURAS Y ATMOSEFERAS FUERA DE ESPECIFICACION	2 INSPECCION DE RUTINA	2	24	REGISTRO DE PARAMETROS DE OPERACION DEL HORNO	PRODUCCION	SE LLEVA BITACORA DEL HORNO Y REPORTE DE LABORATORIO	6	2	1	12
	B) DUREZA BAJA	1) DEGRASTE PRE-MATURO DE LA VARILLA	6	1) TEMPOS, TEMPERATURAS Y ATMOSEFERAS FUERA DE ESPECIFICACION	2 INSPECCION DE RUTINA	2	24	REGISTRO DE PARAMETROS DE OPERACION DEL HORNO	PRODUCCION	SE LLEVA BITACORA DEL HORNO Y REPORTE DE LABORATORIO	6	2	1	12

ANALISIS DEL MODO Y EFECTO DE FALLA POTENCIAL

AMEF DE PROCESO

NOMBRE DEL PROCESO: VARILLAS ALZAVALLERAS

PREPARADO POR: RODRIGO CORDOVA

FECHA AMEF ORIGINAL: 8-AGG-83

NUMERO DE PARTE: RC-7003-AA

DEPARTAMENTO: INDUSTRIA DE CALIDAD

FECHA DE REVISION:

DESCRIPCION DEL PROCESO Y PROPOSITO	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFECTOS DE FALLA POTENCIAL	CAUSAS DE FALLA POTENCIAL	CONTROL PREVISTO	CONTROLES ACTUALES	EVIDENCIA	N P R	ACCIONES RECOMENDADAS	AREA/PERSONA RESPONSABLE Y FECHA DE TERMINACION	REVISIONES DE ACCIONES				
										ACCIONES TOMADAS	FECHA DE REVISION	FECHA DE REVISION	FECHA DE REVISION	N P R
SEGUNDO ENDE-REZADO	A) FUERA DE RECTITUD	1) INTERRUPCION EN EL FUNCIONAMIENTO	8) FALTA DE PRESION EN LOS RODILLOS	2) AJUSTAR PRESION EN RODILLOS	8	128	GRAFICO K-R	PRODUCCION Y CALIDAD	GRANCAR CADA 2 HORAS	8	2	1	18	
	B) OVALAMIENTO Y GRIETAS	1) MAL SOLDADO DE BALIN 2) AGRIETAMIENTO DE EXTREMOS	8) EXCESO DE PRESION EN LOS RODILLOS	2) AJUSTAR PRESION EN RODILLOS	8	128	REVISAR GRIETAS CADA CARGA	PRODUCCION	SE REVISAN GRIETAS CADA CARGA	8	2	1	16	
	C) MARCAS Y OCAZURAS EN LA SUPERFICIE.	1) MALA APARENCIA	8) REBARA EN LOS RODILLOS	2) INSPECCION DE RUTINA	2	20	REVISAR MARCAS CADA CARGA	PRODUCCION	SE REVISAN MARCAS CADA CARGA	6	2	1	10	

ANALISIS DEL MODO Y EFECTO DE FALLA POTENCIAL

AMEF DE PROCESO

NOMBRE DEL PROCESO: VARILLAS ALZAVALLASPREPARADO POR: RODRIGO CORDOVAFECHA AMEF ORIGINAL: 8 AGO 93NUMERO DE PARTE: NC-2007-AADEPARTAMENTO: INGENIERIA DE CALIDAD

FECHA DE REVISION:

DESCRIPCION DEL PROCESO Y PROPOSITO	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFECTOS DE FALLA POTENCIAL	DEGRADACION	CAUSAS DE FALLA POTENCIAL	PUNTO DE CONTROL	CONTROLES ACTUALES	DIFICULTAD	N P	ACCIONES RECOMENDADAS	AREA PERSONA RESPONSABLE Y FECHA DE TERMINACION	RESULTADOS DE ACCIONES				
											ACCIONES TOMADAS	COMPLETADO	EFECTIVIDAD	N P R	
RECTIFICADO DE EXTREMOS	A) LONGITUD MAYOR A LO ESPECIFICADO	1) INTERFERENCIA EN EL FUNCIONAMIENTO	3	MAQUINA DESAJUSTADA	3	AJUSTE DE MAQUINA	8	128	GRAFICA X-R	PRODUCCION Y CALIDAD	GRAFICAR CADA 2 HORAS	8	2	1	18
	B) LONGITUD MENOR A LO ESPECIFICADO	1) INTERFERENCIA EN EL FUNCIONAMIENTO	8	MAQUINA DESAJUSTADA	2	AJUSTE DE MAQUINA	8	128	GRAFICA X-R	PRODUCCION Y CALIDAD	GRAFICAR CADA 2 HORAS	8	2	1	18
	C) RECTIFICADO NO PERPENDICULAR	1) LONGITUD VARIADA 2) BALUN DESCENTRADO AL SOLDAR	6	PIEDRAS DE RECTIFICADO DESCENTRADAS	3	INSPECCION DE RUTINA	2	20	VERIFICAR PERPENDICULARIDAD EN CADA TURNO	PRODUCCION	SE VERIFICAN LAS PIEDRAS AL INICIO Y FIN DE TURNO	6	2	1	10

ANALISIS DEL MODO Y EFECTO DE FALLA POTENCIAL

AMEF DE PROCESO

NOMBRE DEL PROCESO: VARILLAS ALTAVALIASPREPARADO POR: RODOLFO CORDOVAFECHA AMEF ORIGINAL: 8/10/03NUMERO DE PARTE: AC 2002-AADEPARTAMENTO: INGENIERIA DE CALIDAD

FECHA DE REVISION:

DESCRIPCION DEL PROCESO Y PROPOSITO	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFECTOS DE FALLA POTENCIAL	SEVERIDAD	CAUSAS DE FALLA POTENCIAL	INDICADORES	CONTROLES ACTUALES	N P R	ACCIONES RECOMENDADAS	AREA/PERSONA RESPONSABLE Y FECHA DE TERMINACION	RESULTADOS DE ACCIONES				
										ACCIONES TOMADAS	SEVERIDAD	INDICADORES	N P R	
RECTIFICADO DE SUPERFICIE	ALTA RUGOSIDAD	1) MALA APARENCIA	3	LIJAS GASTADAS	3	INSPECCION DE INTIMA	2	12 CAMBIAR LIJA CADA 2000 PIEZAS MAXIMO	PRODUCCION	SE CAMBIA LIJA CADA 2000 PIEZAS MAXIMO	3	2	1	0

ANALISIS DEL MODO Y EFECTO DE FALLA POTENCIAL

AMEF DE PROCESO

NOMBRE DEL PROCESO: VARILLAS ALTAVALVALAS

PREPARADO POR: RODRIGO COMADIVA

FECHA AMEF ORIGINAL: 8 AGO 83

NUMERO DE PART: RC-2002-AA

DEPARTAMENTO: INGENIERIA DE CALIDAD

FECHA DE REVISION:

DESCRIPCION DEL PROCESO Y PROPOSITO	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFECTOS DE FALLA POTENCIAL	SEVERIDAD	CAUSAS DE FALLA POTENCIAL	DIFICULTAD DE DETECCION	CONTROLES ACTUALES	DIFICULTAD DE DETECCION	N P	ACCIONES RECOMENDADAS	ANALISIS DE RESPONSABILIDAD Y FECHA DE TERMINACION	RESULTADOS DE ACCIONES				
											ACCIONES TOMADAS	COMPLETADO	COMPLETADO	COMPLETADO	N P A
SOLDADO DE BALANES EN EXTREMOS	AFUERA DE RECTILUD	11 PROBLEMAS DE FUNCIONAMIENTO EN MOTOR	8	FALTA DE PRESION Y/O CALOR EN ELECTRODOS	3	AJUSTE DE PARAMETROS DE MAQUINA	8	128	GRANCA X-R Y MONITORES DE LOS PARAMETROS DE OPERACION	PRODUCCION Y CALIDAD	GRAFICAR EXCELTION Y MONITOREAR PARAMETROS C/2 HORAS	8	2	1	16
	SI LONGITUD MAYOR O MENOR A LO ESPECIFICADO	11 PROBLEMAS DE FUNCIONAMIENTO EN MOTOR	8	BALN FUERA DE ESPECIFICACIONES	2	INSPECCION EN RECIBO	5	80	GRANCA X-R EN PROVEEDOR DE BALN	COMPRAS Y CALIDAD	MPANTAR CEP EN PROVEEDOR	8	2	1	16

2.5.- PLANES DE CONTROL

Un Plan de Control es un documento en el que están contenidas las operaciones de fabricación de un producto y la forma en la que deben monitorearse las características del producto y los parámetros del proceso. El Plan de Control puede ser aplicado a un sólo producto o a una familia de productos cuando las características de fabricación son similares para cada uno de ellos.

Se debe entender por control el uso de un ciclo de retroalimentación para monitoreo del proceso. El objetivo de monitorear el proceso consiste en determinar cuándo se requiere de acción en el proceso para mantener la estabilidad y cuándo no se requiere de ninguna acción a fin de no desestabilizar el proceso.

La finalidad de un Plan de Control es contar con un sistema que permita resumir las actividades necesarias para mantener los estándares de calidad requeridos en los productos durante todas las etapas de fabricación, desde el recibo de materia prima hasta el embarque de producto terminado.

El Plan de Control detalla los métodos estadísticos necesarios para controlar las características relevantes del producto y el monitoreo de los parámetros del proceso.

El Plan de Control debe ser un documento dinámico sujeto a actualizaciones como resultado de la mejora continua en los productos y en el proceso.

Es deseable que el Plan de Control sea desarrollado por un equipo interdisciplinario (varias áreas de la compañía: Producción, Ingeniería, Mantenimiento, etc.) con la finalidad de lograr el consenso en la selección de las herramientas estadísticas para controlar cada característica en específico.

Durante el desarrollo del Plan de Control se deben considerar las características del producto y parámetros del proceso seleccionadas como relevantes que intervienen en cada etapa del proceso de fabricación. Se deben incluir las características relevantes identificadas en el AMEF, las características relevantes identificadas por la experiencia del fabricante y las características relevantes determinadas por el cliente. Posteriormente deberán seleccionarse los métodos estadísticos aplicables para su control (Gráficos de Control, Cartas de tendencia, Registros, etc.).

A continuación se detallan los elementos para la realización de un Plan de Control. La secuencia del Plan de Control debe ser la misma que la del diagrama de flujo de producción en lo posible considerando que se puede contar con un Plan de Control para cada proceso de manufactura específico (P.ej. Fundición, Tatamiento

térmico, Ensamble, etc.).

Nombre del Proceso

Anotar nombre y propósito del proceso (general) al que aplica el Plan de Control en cuestión. (P.ej. Fundición, Tratamiento térmico, Ensamble, etc.).

Número de Parte

Anotar el número de parte o familia de números de parte a los que aplica el Plan de control.

Preparado por

Anotar nombre o nombres de las personas que intervienen en la realización del Plan de Control.

Departamento

Anotar el o los departamentos que intervienen en la elaboración del Plan de Control como equipo interdisciplinario (Calidad, Producción, Mantenimiento, Ingeniería, etc.).

Fecha de Emisión

Anotar la fecha de elaboración del Plan de Control original.

Fecha de Revisión

Anotar la última fecha de actualización del Plan de Control.

Flujo del Proceso

Anotar el nombre del proceso de cada actividad descrita en el diagrama de flujo de proceso con una breve descripción (corte, suaje, aborcadado, etc.) y el número de proceso correspondiente al diagrama de flujo.

Máquina, Dispositivo o Herramienta de Manufactura

Para cada proceso en específico se debe anotar la máquina, el dispositivo o herramienta que interviene en cada proceso listado en la columna anterior.

Características

Anotar aquéllas características generadas por el proceso en cuestión. Se deberá considerar que pueden ser parámetros de operación de los equipos de manufactura o características

relevantes seleccionadas en el AMEF, experiencia del fabricante o requerimientos del cliente.

Especificación del Producto/Proceso

Se debe anotar la especificación para cada parámetro de operación definido como relevante y para cada característica relevante seleccionada.

Método de Evaluación

El método de evaluación es la forma en que se mide la característica relevante o parámetro del proceso. Se incluyen aquí calibradores, pirómetros, termómetros, escantillones, dispositivos especiales, etc.

Frecuencia/Tamaño de Muestra

Se incluye aquí el Plan de Muestreo necesario para controlar el proceso y se refiere a los intervalos de tiempo en que se deben tomar las muestras y el número de lecturas para cada una de ellas. Se debe considerar que la frecuencia y el tamaño de muestra sean adecuados a los ritmos de producción a fin de contar con la información necesaria que permita tomar acciones sobre el proceso y los productos fabricados. Por lo tanto la frecuencia de muestreo debe ser lo más cerrada posible y el tamaño de muestra lo más

grande posible dentro de los límites de costo que esto implica.
(ver construcción de gráficos de control).

Método de Análisis

Se refiere al tipo de control establecido para cada característica relevante y que permite tomar acciones sobre el proceso y el producto en un momento dado. Se incluyen aquí: gráficos de control por variables o atributos, histogramas, bitácoras, registros de inspección, etc.

Reacciones a Condiciones Fuera de Control

Se debe especificar aquí el plan de reacción a condiciones fuera de control. Las personas encargadas de tomar las acciones deben ser aquéllas más cercanas al proceso de fabricación: operarios, inspectores de calidad, ajustadores, supervisores, etc. En general las reacciones a condiciones fuera de control son las siguientes:

- Detener proceso
- Notificar supervisor de producción y/o calidad
- Encontrar la causa especial eliminarla
- Continuar con el proceso geaficando las primeras piezas de producción después del paro.
- Selección de material al 100% desde el último punto graficado
- Identificación de material fuera de especificación.

Aplicación

A continuación se presenta el Plan de Control desarrollado para el proceso de manufactura de las varillas alzaválvulas.

Cabe mencionar que el Plan de Control puede ser extendido a todos los números de parte o familias de números de parte cuyo proceso de fabricación sea similar al que aquí se describe.

La secuencia de las operaciones descritas en el Plan de Control corresponde a la misma utilizada en el Diagrama de Flujo y en el AMEF de Proceso. Las operaciones que no requieren de un control tan estricto (identificadas así en el AMEF) no se incluyen en el Plan de Control aquí descrito.

PLAN DE CONTROL

NOMBRE DEL PROCESO: VANILLAS ALZAVALLAS
 NÚMERO DE PARTE: RC-3002-2A

PREPARADO POR: RODRIGO CORDOVA
 DEPARTAMENTO: INGENIERIA DE CALIDAD

FECHA DE REVISIÓN: 17/02/93
 FECHA DE REVISIÓN:

TÍTULO DEL PROCESO		MADIANA, DISPOSITIVO, O PERMANENTES DE MANUFACTURA	CARACTERÍSTICAS		MÉTODOS			MÉTODO DE ANÁLISIS	REACCIONES A CONDICIONES FLERA DE CONTROL
Nº	NOMBRE DEL PROCESO		PARÁMETROS DE OPERACIÓN	CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO	ESPECIFICACION PRODUCTO/ PROCESO	MÉTODO DE EVALUACIÓN	FRECUENCIA/ TAMAÑO DE MUESTRA		
10	CORTE A LONGITUD	ARGENTINA Y CERVANTES	AJUSTE DE TOPE	LONGITUD DE CORTE	8.421" ± 0.010"	DISPOSITIVO L.1	5 LECTURAS C/2 HORAS	CARTA X-R	DETERMINAR PROCESO, AISLAR LOTE SELECCION 100 %
20	1er ENGREZADO	ENGREZADORA BRONCE # 1	ÁNGULO Y PRESIÓN DE RODILLOS	RECTITUD	0.010" MÁXIMO	DISPOSITIVO E.1	5 LECTURAS C/2 HORAS	CARTA X-R	DETERMINAR PROCESO, AISLAR LOTE SELECCION 100 %
40	TRATAMIENTO TÉRMICO	HORNOS AFB Y AF10	TEMPERATURA R20 R30 °C	CAPA DE CEMENTADO	0.012" ± 0.005"	MICROSCOPIO	3 LECTURAS C/2 HORAS	REPORTE DE LABORATORIO	RECHAZAR LOTE
42	TRATAMIENTO TÉRMICO	HORNOS AFB Y AF10	TIEMPO 80 a 85 min.	DUREZA	88 HRC ± 2 HRC	DURETIMETRO	3 LECTURAS C/2 HORAS	REPORTE DE LABORATORIO	RECHAZAR LOTE
60	2do ENGREZADO	ENGREZADORA BRONCE # 2	ÁNGULO Y PRESIÓN DE RODILLOS	RECTITUD	0.010" MÁXIMO	DISPOSITIVO E.2	5 LECTURAS C/2 HORAS	CARTA X-R	DETERMINAR PROCESO, AISLAR LOTE SELECCION 100 %
70	RECTIFICADO DE EXTREMOS	RECTIFICADORA GARDNER	AJUSTE DE CUPO	LONGITUD DE VARILLA	8.391" ± 0.005"	CALIBRADOR	5 LECTURAS C/2 HORAS	CARTA X-R	DETERMINAR PROCESO, AISLAR LOTE SELECCION 100 %
80	RECTIFICADO DE SUPERFICIE	RECTIFICADORA BUNSTRAND	LIJA GRADO #180 LIJA GRADO #400	RUGOSIDAD	10 micro-inches MÁXIMO	RUGOSÍMETRO	5 LECTURAS C/2 HORAS	REPORTE INSPECTOR	CAMBIA LIJAS, REPESESAN PIEZAS
100	SOLDADO DE BALIN	SOLDADORA ELECTRODEA	PRESIÓN DE AIRE 8 kg/cm ²	RECTITUD	0.015" MÁXIMO	DISPOSITIVO E.3	5 LECTURAS C/2 HORAS	CARTA X-R	DETERMINAR PROCESO, AISLAR LOTE SELECCION 100 %
100	SOLDADO DE BALIN	SOLDADORA ELECTRODEA	PRESIÓN DE AIRE 8 kg/cm ²	RESISTENCIA SOLDADURA	450 lbs. MÍNIMO	TAMUS OLSEN	5 LECTURAS C/2 HORAS	REPORTE DE OPERADOR	DETERMINAR PROCESO, AISLAR LOTE SELECCION 100 %
100	SOLDADO DE BALIN	SOLDADORA ELECTRODEA	PRESIÓN DE AIRE 8 kg/cm ²	LONGITUD TOTAL	8.805" ± 0.010"	DISPOSITIVO L.2	5 LECTURAS C/2 HORAS	CARTA X-R	DETERMINAR PROCESO, AISLAR LOTE SELECCION 100 %

2.6.- INSTRUCCIONES PARA EL CONTROL Y MONITOREO DEL PROCESO

Una vez establecidas las características a controlar identificadas en el AMEF e incluidas en el Plan de Control, es necesario desarrollar instrucciones por escrito para controlar y monitorear el proceso.

La intención de estas instrucciones es indicarle a los operarios e inspectores de calidad cuales son las características que deben verificar en sus puntos de control. Los puntos de control son los lugares físicos en donde se verifican y registran las características de control y deben estar lo más próximo posible a las estaciones de manufactura en donde se genera la característica de control.

Las Instrucciones escritas deben contener toda la información necesaria para el control de la característica en cuestión y sus principales elementos están definidos en los Planes de Control.

Las instrucciones deben localizarse en el punto de control a fin de que el operario tenga toda la información necesaria a la mano. Todos y cada uno de los puntos de control deben contar con sus instrucciones escritas específicas.

El formato propuesto para Hoja de Instrucción de Inspección contiene además de los datos generales del proceso y de la

operación, los siguientes elementos: característica, método de inspección, instrumento de medición, tamaño de muestra, frecuencia, especificación, método de análisis y reacciones a condiciones fuera de control.

Los elementos y la forma en que deben utilizarse los espacios del formato están descritos en la sección de Planes de Control ya que éstos son los mismos.

Obsérvese que las reacciones a condiciones fuera de control establecen la esencia del Control Estadístico del Proceso al indicarle al operario o supervisor de calidad, cómo debe reaccionar ante cualquier condición fuera de control.

HOJA DE INSTRUCCION DE INSPECCION

NOMBRE DEL PROCESO: _____

PREPARADO POR: _____

FECHA EMISION: _____

NUMERO DE PARTE: _____

DEPARTAMENTO: _____

FECHA REVISION: _____

NUMERO DE LA OPERACION:		NOMBRE DE LA OPERACION:				
CARACTERISTICA	METODO DE INSPECCION	INSTRUMENTO DE MEDICION	TAMAÑO DE MUESTRA	FRECUENCIA	ESPECIFICACION	METODO DE ANALISIS

REACCIONES A CONDICIONES FUERA DE CONTROL

- 1) DETENER LA OPERACION E INVESTIGAR LAS CAUSAS ESPECIALES
- 2) ELIMINAR LA CAUSA ESPECIAL Y REALIZAR LOS AJUSTES NECESARIOS
- 3) REINICIAR LA PRODUCCION
- 4) EL MATERIAL DEBERA SEPARARSE E IDENTIFICARSE DESDE EL ULTIMO PUNTO DENTRO DE CONTROL
- 5) SELECCION AL 100% DEL MATERIAL SEPARADO

Aplicación

A continuación se muestran las Hojas de Instrucción de Inspección desarrolladas para todos los puntos establecidos en el Plan de Control.

Sin embargo, las Hojas de Instrucción de Inspección pueden ser aplicadas en todas las operaciones del proceso que requieran de alguna verificación (recibo, proceso, almacén, embarque, etc.).

HOJA DE INSTRUCCION DE INSPECCION

NOMBRE DEL PROCESO: VARILLAS ALZAVALVULAS PREPARADO POR: R. CORDOVA FECHA EMISION: 4-NOV-93
 NUMERO DE PARTE: RC-2002-AA DEPARTAMENTO: ING. DE CALIDAD FECHA REVISION: _____

NUMERO DE LA OPERACION: 10		NOMBRE DE LA OPERACION:			CORTE A LONGITUD	
CARACTERISTICA	METODO DE INSPECCION	INSTRUMENTO DE MEDICION	TAMAÑO DE MUESTRA	FRECUENCIA	ESPECIFICACION	METODO DE ANALISIS
LONGITUD	DIMENSIONAL	DISPOSITIVO L-1	5 PIEZAS	2 HORAS	8.421" ± 0.010"	CARTA X-R
APARIENCIA	VISUAL		5 PIEZAS	2 VECES POR TURNO	.	VISUAL

* LIBRE DE RAYAS, OVALAMIENTO EXCESIVO, OXIDO Y REBABAS

REACCIONES A CONDICIONES FUERA DE CONTROL

- 1) DETENER LA OPERACION E INVESTIGAR LAS CAUSAS ESPECIALES
- 2) ELIMINAR LA CAUSA ESPECIAL Y REALIZAR LOS AJUSTES NECESARIOS
- 3) REINICIAR LA PRODUCCION
- 4) EL MATERIAL DEBERA SEPARARSE E IDENTIFICARSE DESDE EL ULTIMO PUNTO DENTRO DE CONTROL
- 5) SELECCION AL 100% DEL MATERIAL SEPARADO

HOJA DE INSTRUCCION DE INSPECCION

NOMBRE DEL PROCESO: VARILLAS ALZAVALVULAS

PREPARADO POR: R. CORDOVA

FECHA EMISION: 4-NOV-93

NUMERO DE PARTE: RC-2002 AA

DEPARTAMENTO: ING. DE CALIDAD

FECHA REVISION: _____

NUMERO DE LA OPERACION: 20		NOMBRE DE LA OPERACION: PRIMER ENDEREZADO				
CARACTERISTICA	METODO DE INSPECCION	INSTRUMENTO DE MEDICION	TAMAÑO DE MUESTRA	FRECUENCIA	ESPECIFICACION	METODO DE ANALISIS
EXCENTRICIDAD	DIMENSIONAL	DISPOSITIVO E-1	5 PIEZAS	2 HORAS	0.010" MAXIMO	CARTA X-R
APARIENCIA	VISUAL		10 PIEZAS	2 HORAS		VISUAL

• LIBRE DE RAYADURAS HELICOIDALES, GRIETAS Y PICADURAS

REACCIONES A CONDICIONES FUERA DE CONTROL

- 1) DETENER LA OPERACION E INVESTIGAR LAS CAUSAS ESPECIALES
- 2) ELIMINAR LA CAUSA ESPECIAL Y REALIZAR LOS AJUSTES NECESARIOS
- 3) REINICIAR LA PRODUCCION
- 4) EL MATERIAL DEBERA SEPARARSE E IDENTIFICARSE DESDE EL ULTIMO PUNTO DENTRO DE CONTROL
- 5) SELECCION AL 100% DEL MATERIAL SEPARADO

HOJA DE INSTRUCCION DE INSPECCION

NOMBRE DEL PROCESO: VARILLAS ALZAVALVULAS
 NUMERO DE PARTE: RC-2002-AA

PREPARADO POR: R. CORDOVA
 DEPARTAMENTO: ING. DE CALIDAD

FECHA EMISION: 4-NOV-93
 FECHA REVISION: _____

NUMERO DE LA OPERACION: 40		NOMBRE DE LA OPERACION: CARBONITRURADO				
CARACTERISTICA	METODO DE INSPECCION	INSTRUMENTO DE MEDICION	TAMAÑO DE MUESTRA	FRECUENCIA	ESPECIFICACION	METODO DE ANALISIS
CAPA CEMENTADA	METALOGRAFICO	MICROSCOPIO	2 PIEZAS	2 HORAS	0.012" +/- 0.005"	REPORTE LAB.
DUREZA	FISICO	DUROMETRO	2 PIEZAS	2 HORAS	58 HRC +/- 2 HRC	REPORTE LAB.

REACCIONES A CONDICIONES FUERA DE CONTROL

- 1) DETENER LA OPERACION E INVESTIGAR LAS CAUSAS ESPECIALES
- 2) ELIMINAR LA CAUSA ESPECIAL Y REALIZAR LOS AJUSTES NECESARIOS
- 3) REINICIAR LA PRODUCCION
- 4) EL MATERIAL DEBERA SEPARARSE E IDENTIFICARSE DESDE EL ULTIMO PUNTO DENTRO DE CONTROL
- 5) SELECCION AL 100% DEL MATERIAL SEPARADO

HOJA DE INSTRUCCION DE INSPECCION

NOMBRE DEL PROCESO: VARILLAS ALZAVALVULAS

PREPARADO POR: R. CORDOVA

FECHA EMISION: 4-NOV-93

NUMERO DE PARTE: RC-2002-AA

DEPARTAMENTO: ING. DE CALIDAD

FECHA REVISION: _____

NUMERO DE LA OPERACION:		60			NOMBRE DE LA OPERACION:		SEGUNDO ENDEREZADO	
CARACTERISTICA	METODO DE INSPECCION	INSTRUMENTO DE MEDICION	TAMAÑO DE MUESTRA	FRECUENCIA	ESPECIFICACION	METODO DE ANALISIS		
EXCENTRICIDAD	DIMENSIONAL	DISPOSITIVO E-2	5 PIEZAS	2 HORAS	0.010" MAXIMO	CARTA X-R		
APARIENCIA	VISUAL		10 PIEZAS	2 HORAS		VISUAL		

* LIBRE DE RAYADURAS HELICOIDALES, GRIETAS Y PICADURAS

REACCIONES A CONDICIONES FUERA DE CONTROL

- 1) DETENER LA OPERACION E INVESTIGAR LAS CAUSAS ESPECIALES
- 2) ELIMINAR LA CAUSA ESPECIAL Y REALIZAR LOS AJUSTES NECESARIOS
- 3) REINICIAR LA PRODUCCION
- 4) EL MATERIAL DEBERA SEPARARSE E IDENTIFICARSE DESDE EL ULTIMO PUNTO DENTRO DE CONTROL
- 5) SELECCION AL 100% DEL MATERIAL SEPARADO

HOJA DE INSTRUCCION DE INSPECCION

NOMBRE DEL PROCESO: VARILLAS ALZAVALVULAS PREPARADO POR: R. CORDOVA FECHA EMISION: 4-NOV-93
 NUMERO DE PARTE: RC-2002-AA DEPARTAMENTO: ING. DE CALIDAD FECHA REVISION: _____

NUMERO DE LA OPERACION: 70		NOMBRE DE LA OPERACION:			RECTIFICADO DE EXTREMOS	
CARACTERISTICA	METODO DE INSPECCION	INSTRUMENTO DE MEDICION	TAMAÑO DE MUESTRA	FRECUENCIA	ESPECIFICACION	METODO DE ANALISIS
LONGITUD	DIMENSIONAL	CALIBRADOR	5 PIEZAS	2 HORAS	6.391" \pm 0.005"	CARTA X-R
APARIENCIA	VISUAL		10 PIEZAS	2 HORAS		VISUAL

* LAS CARAS RECTIFICADAS DEBEN ESTAR 90° RESPECTO AL EJE DE LA VARILLA, LIBRE DE MARCAS Y RAYAS

REACCIONES A CONDICIONES FUERA DE CONTROL

- 1) DETENER LA OPERACION E INVESTIGAR LAS CAUSAS ESPECIALES
- 2) ELIMINAR LA CAUSA ESPECIAL Y REALIZAR LOS AJUSTES NECESARIOS
- 3) REINICIAR LA PRODUCCION
- 4) EL MATERIAL DEBERA SEPARARSE E IDENTIFICARSE DESDE EL ULTIMO PUNTO DENTRO DE CONTROL
- 5) SELECCION AL 100% DEL MATERIAL SEPARADO

HOJA DE INSTRUCCION DE INSPECCION

NOMBRE DEL PROCESO: VARILLAS ALZAVAVULVAS PREPARADO POR: R. CORDOVA FECHA EMISION: 4-NOV-93
 NUMERO DE PARTE: RC-2002-AA DEPARTAMENTO: ING. DE CALIDAD FECHA REVISION: _____

NUMERO DE LA OPERACION: 80		NOMBRE DE LA OPERACION:			RECTIFICADO DE SUPERFICIE	
CARACTERISTICA	METODO DE INSPECCION	INSTRUMENTO DE MEDICION	TAMAÑO DE MUESTRA	FRECUENCIA	ESPECIFICACION	METODO DE ANALISIS
RUGOSIDAD	FISICO	RUGOSIMETRO	5 PIEZAS	2 HORAS	10 μ in, MAXIMO	REPORTE INSPECTOR
APARIENCIA	VISUAL	-	10 PIEZAS	2 HORAS		VISUAL

* LIBRE DE MARCAS, RAYAS Y GRIETAS

REACCIONES A CONDICIONES FUERA DE CONTROL

- 1) DETENER LA OPERACION E INVESTIGAR LAS CAUSAS ESPECIALES
- 2) ELIMINAR LA CAUSA ESPECIAL Y REALIZAR LOS AJUSTES NECESARIOS
- 3) REINICIAR LA PRODUCCION
- 4) EL MATERIAL DEBERA SEPARARSE E IDENTIFICARSE DESDE EL ULTIMO PUNTO DENTRO DE CONTROL
- 5) SELECCION AL 100% DEL MATERIAL SEPARADO

HOJA DE INSTRUCCION DE INSPECCION

NOMBRE DEL PROCESO: VARILLAS ALZAVALLULAS

PREPARADO POR: R. CORDOVA

FECHA EMISION: 4 NOV.93

NUMERO DE PARTE: RC-2002-AA

DEPARTAMENTO: ING. DE CALIDAD

FECHA REVISION: _____

NUMERO DE LA OPERACION: 100		NOMBRE DE LA OPERACION: SOLDADURA DE BALIN				
CARACTERISTICA	METODO DE INSPECCION	INSTRUMENTO DE MEDICION	TAMAÑO DE MUESTRA	FRECUENCIA	ESPECIFICACION	METODO DE ANALISIS
EXCENTRICIDAD	DIMENSIONAL	DISPOSITIVO E-3	5 PIEZAS	2 HORAS	0.015" MAXIMO	CARTA X-R
RESIST. SOLDADURA	FISICO	TINIUS OLSEN	5 PIEZAS	2 HORAS	450 lbs. MINIMO	REPORTE OPERARIO
LONGITUD TOTAL	DIMENSIONAL	DISPOSITIVO L-2	5 PIEZAS	2 HORAS	6.905" \pm 0.010"	CARTA X-R
APARIENCIA	VISUAL		10 PIEZAS	2 HORAS		VISUAL

* LIBRE DE QUEMADURAS, REBABAS Y GRIETAS

REACCIONES A CONDICIONES FUERA DE CONTROL

- 1) DETENER LA OPERACION E INVESTIGAR LAS CAUSAS ESPECIALES
- 2) ELIMINAR LA CAUSA ESPECIAL Y REALIZAR LOS AJUSTES NECESARIOS
- 3) REINICIAR LA PRODUCCION
- 4) EL MATERIAL DEBERA SEPARARSE E IDENTIFICARSE DESDE EL ULTIMO PUNTO DENTRO DE CONTROL
- 5) SELECCION AL 100% DEL MATERIAL SEPARADO

3.- CONTROL ESTADISTICO DEL PROCESO

3.1.- GRAFICOS DE CONTROL

Los gráficos de control fueron desarrollados por el doctor Walter Shewhart mientras realizaba estudios de los datos de un proceso en los laboratorios Bell en 1920.

A través de los graficos de control, Shewhart pudo establecer la diferencia entre causas comunes y causas especiales que provocan la variación de un proceso.

Variación

El concepto de variación es básico para entender el significado de los gráficos de control. Este parte del hecho de que no hay dos productos que sean exactamente iguales. Siempre existe una diferencia, grande o pequeña, entre un producto y otro. Así por ejemplo, el diámetro exterior de un tubo no es exactamente igual en un tramo y otro, aún cuando la diferencia pueda ser extremadamente pequeña.

Causas especiales de variación

Las causas especiales son aquéllas que provocan variaciones anormales en los productos fabricados. A través de las señales de

los gráficos de control, se pueden identificar las causas especiales y corregirlas mediante acciones locales en el momento en que se presentan. La identificación y corrección de causas especiales debe estar a cargo de la persona más directamente involucrada en la fabricación del producto.

Causas comunes de variación

Las causas comunes de variación son aquéllas que hacen variar el proceso en forma normal. Esta variación se debe a diferentes condiciones del proceso, de los materiales, del medio ambiente, etc. Las causas comunes también pueden identificarse en el comportamiento histórico de los gráficos de control, sin embargo su eliminación o reducción puede darse únicamente con acciones al sistema (cambio de fuente de abastecimiento de un material dado, control específico de algún parámetro del proceso o algún factor del medio ambiente, etc.). La identificación de causas comunes puede depender de las personas directamente involucradas con la fabricación del producto, pero su eliminación o reducción depende de las personas administrativas que aportan servicio al área productiva.

Gáficos de control

Los gráficos de control proporcionan la información del proceso para conocer su variación a través de la identificación de

causas comunes y de causas especiales.

Las cartas de control le indican al operario cuándo tomar una acción específica (al presentar causas especiales de variación) y cuándo no tomarlas (al mostrar causas comunes de variación).

Se dice que un proceso está en control estadístico cuando se han eliminado las causas especiales y su variación se debe únicamente a causas comunes.

Así pues, los esfuerzos deben enfocarse primeramente a lograr el control del proceso (eliminando causas especiales) y posteriormente a reducir su variación (eliminando o reduciendo las causas comunes).

Una vez que el proceso se encuentra bajo control estadístico se puede determinar su habilidad para producir piezas dentro de especificación. Esto se logra al centrar la media del proceso con la media especificada y/o al reducir su variación.

En las siguientes secciones se explican los pasos para construir e interpretar los gráficos de control por variables más ampliamente utilizados.

3.1.1.- GRAFICA DE PROMEDIOS Y RANGOS

La gráfica de control \bar{X} -R indica el comportamiento del proceso en dos gráficas. En la parte superior se grafican las medias de las lecturas tomadas y nos indica la media actual del proceso. En la parte inferior se grafican los rangos de las lecturas tomadas y nos indica la dispersión actual del proceso.

Pasos para construir la gráfica

A continuación se explican los pasos para construir un gráfico de control \bar{X} -R.

1) Seleccionar tamaño de subgrupo y frecuencia

El tamaño de subgrupo es el total de lecturas a realizar en cada muestra del proceso.

La selección del tamaño de muestra depende de cada proceso en particular, pero se debe tomar en cuenta que la cantidad de piezas medidas debe dar la información suficiente para determinar la media y la dispersión actual del proceso.

Una forma estandarizada del tamaño de los subgrupos es de 5 ya que la experiencia demuestra que con menos lecturas se puede perder sensibilidad para detectar problemas, y con más lecturas no se

tiene gran información adicional. Los formatos propuestos tienen espacio para 5 lecturas.

La frecuencia de muestreo es el intervalo de tiempo transcurrido para tomar una muestra y otra.

La frecuencia de muestreo depende del ritmo de producción del proceso en cuestión. Sin embargo, considerando que un turno de producción dura normalmente 8 horas, una frecuencia de muestreo adecuada deberá estar generalmente dentro del rango de 1/2 hora a 2 horas para tener la información suficiente durante el monitoreo del proceso.

Se deben considerar los costos en los que se incurre al determinar el tamaño del subgrupo y la frecuencia ya que esto implica tiempo para que el operario seleccione sus muestras, las dimensione, las grafique y reaccione a los resultados.

2) Calcular promedio y rango de cada subgrupo

El promedio es la suma del total de lecturas de un subgrupo entre el tamaño del subgrupo.

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} \quad (1)$$

El rango es la diferencia entre el valor mayor y el valor menor dentro de un subgrupo.

$$R = X_{\max} - X_{\min} \quad (2)$$

3) Determinar las escalas de los gráficos

En las escalas verticales a la izquierda de las gráficas de promedios y rangos se indican los valores calculados para cada una de ellas. A continuación se indica una manera general de determinar las escalas.

La amplitud de valores en la gráfica de promedios debe incluir por lo menos el mayor de los siguientes valores: a) los límites de tolerancia especificados o b) dos veces el valor del promedio de todos los rangos.

En la gráfica de rangos, los valores deben extenderse desde cero hasta un valor superior equivalente a 1 1/2 a 2 veces el rango mayor obtenido en el estudio total.

4) Trazar las gráficas

Los valores obtenidos para promedios y rangos de cada subgrupo se deberán marcar con puntos en su gráfica correspondiente y

posteriormente trazar líneas continuas para unirlos.

5) Calcular promedio del proceso ($\bar{\bar{X}}$) y rango promedio (\bar{R})

El promedio del proceso es la suma de los promedios de cada subgrupo entre el total de subgrupos.

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_k}{k} \quad (3)$$

El rango promedio es la suma de los rangos de cada subgrupo entre el total de subgrupos.

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_k}{k} \quad (4)$$

6) Calcular los límites de control

Los límites de control sirven para determinar cuando un proceso está en control estadístico. Esto se determina considerando que la variación normal de un proceso debe encontrarse dentro de más-menos tres veces la desviación estándar del proceso (un 99.73% del área bajo la curva normal).

El cálculo de los límites de control depende del tamaño de los subgrupos utilizados y se calculan de la siguiente manera:

Para la gráfica de promedios:

$$LSC_x = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R} \quad (5)$$

$$LIC_x = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R} \quad (6)$$

Donde: LSC_x Límite Superior de Control para promedios
 LIC_x Límite Inferior de Control para promedios
 A_2 Constante según tamaño de muestra

Para la gráfica de rangos:

$$LSC_R = D_4\bar{R} \quad (7)$$

$$LIC_R = D_3\bar{R} \quad (8)$$

Donde: LSC_R Límite Superior de Control para rangos
 LIC_R Límite Inferior de Control para rangos
 D_3 y D_4 Constantes según tamaño de muestra

Para los valores de A_2 , D_3 y D_4 ver tablas en apéndice 1.

7) Trazar los límites

El promedio ($\bar{\bar{X}}$) y el rango promedio (\bar{R}) del proceso, se trazan

en sus gráficos correspondientes como líneas continuas. Los límites de control para ambas gráficas se trazan como líneas punteadas.

Interpretación del control del proceso

La intención de analizar las gráficas de control es determinar la variación del proceso así como las causas comunes y especiales que lo hacen variar a fin de determinar las acciones a tomar.

Causas especiales - causas que hacen que el sistema se salga de control.

Causas comunes - causas que provocan la variación normal del proceso.

Por lo anterior podemos decir que un proceso está en control estadístico, o que es estable, cuando no muestra ninguna indicación de que existe una causa especial de variación.

Al analizar un gráfico de control se deberá empezar por la gráfica de rangos ya que el principal motivo del análisis de las cartas de control es la variación del proceso. La gráfica de medias debe ser analizada posteriormente con los mismos conceptos de causas especiales de variación.

A continuación se indican las causas especiales más frecuentes

en los gráficos de control:

Puntos fuera de los límites de control

La presencia de un punto fuera de control indica que la variación del proceso aumenta o bien se tiene algún cambio en el sistema de medición (diferente calibrador o diferente operario).

Adhesión a los límites de control

La adhesión a los límites de control se presenta cuando en el gráfico de control se observa que los puntos se agrupan junto a la línea central o junto a una línea de control.

Para determinar si existe adhesión se debe dividir el gráfico de control, desde el LSC hasta el LIC, en tres partes iguales.

Si una cantidad sustancialmente mayor a $2/3$ de los puntos graficados se encuentran dentro del tercio central se dice que existe adhesión al límite central.

La adhesión al límite central puede indicar que la variación del proceso ha mejorado o bien los datos han sido adulterados (se eliminaron o alteraron los datos más alejados de la media).

Si una cantidad sustancialmente mayor a $1/3$ de los puntos

graficados se encuentran dentro de los tercios exteriores, se dice que existe adhesión a los límites de control.

La adhesión a los límites de control puede indicar que la variación del proceso aumenta y el proceso producirá piezas fuera de especificación.

Series

Una serie es una sucesión de puntos que indican la presencia de una tendencia o una corrida.

Una tendencia se presenta cuando 7 o más puntos consecutivos indican valores crecientes o decrecientes.

La presencia de una tendencia no indica necesariamente que el proceso esté fuera de control, pero indica que el proceso requiere atención, ya que de continuar la tendencia, los puntos saldrán de los límites de control.

Una corrida se presenta cuando 7 o más puntos consecutivos se encuentran por debajo o por encima del límite central.

Una serie por encima del rango promedio puede indicar que la variación del proceso aumenta o existe algún cambio en el sistema de medición.

Una serie por abajo del rango promedio puede indicar que la variación del proceso disminuye, lo cual es una condición favorable que debe analizarse para mantenerla o mejorarla.

Una serie por encima o por abajo del promedio del proceso puede indicar un cambio en la media del mismo o bien un cambio en el sistema de medición.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

3.1.2.- HABILIDAD DE PROCESO

La habilidad del proceso podrá ser calculada una vez que el proceso esté en control estadístico (cuando todas las causas especiales han sido eliminadas). La habilidad se define como la capacidad que tiene el proceso para producir piezas dentro de especificación.

Se dice que un proceso es estable cuando el 99.73% del total de piezas producidas (en la característica en cuestión) se encuentran dentro de $\pm 3\sigma$ (σ es la desviación estándar del proceso). Se dice que un proceso es hábil cuando estos valores también se encuentran dentro de especificación.

En las siguientes figuras se observa la dispersión de un proceso estable (en la curva normal) con respecto a la especificación (líneas punteadas) en tres casos diferentes.

En el primer caso la dispersión del proceso es más grande que el rango de los límites de especificación por lo que el proceso no es hábil (Fig. A).

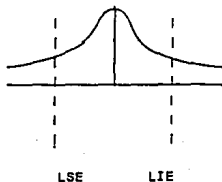


Fig. A

En el segundo caso la dispersión es igual al rango de los límites de especificación pero el proceso no está centrado por lo que el proceso no es hábil (Fig. B).

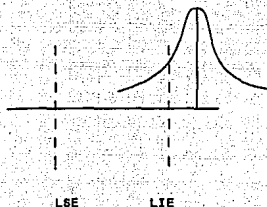


Fig. B

En el tercer caso la dispersión del proceso es igual al rango de los límites de especificación y el proceso está centrado. Este proceso es hábil (Fig. C).

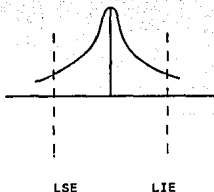


Fig. C

Se puede observar también que si la dispersión del proceso fuera de la mitad del rango de la especificación y el proceso estuviera centrado, la habilidad sería dos veces mejor que en el tercer caso.

La habilidad puede ser expresada en dos formas: habilidad potencial del proceso a través del índice Cp y habilidad real del proceso a través del índice Cpk.

La habilidad potencial del proceso sólo compara la dispersión del proceso contra el rango de la especificación. La habilidad real considera también qué tan centrado está el proceso.

A continuación se indica la forma de calcular la habilidad de un proceso con los índices Cp y Cpk.

El índice Cp se define como sigue:

$$C_p = \frac{\text{Rango de Especificación}}{\text{Variación del Proceso}} \quad (9)$$

$$C_p = \frac{LSE - LSI}{6\sigma} \quad (10)$$

Donde: LSE = Límite Superior Especificado

LIE = Límite Inferior Especificado

σ = variación del proceso y se calcula de:

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (11)$$

Donde: d_2 = constante según tamaño de muestra (ver apéndice 1).

Si la variación del proceso es superior al rango de la especificación, el cociente será un número menor a 1. Se dice entonces que el proceso no es potencialmente hábil a $\pm 3\sigma$.

Cuando la variación del proceso es igual al rango de la especificación, el índice CP es igual a 1. Se dice entonces que el proceso es potencialmente hábil a $\pm 3\sigma$.

Un número superior a 1 implica que el proceso es potencialmente hábil a $\pm 3\sigma$. Si el cociente es superior a 1.33 se dice que el proceso es potencialmente hábil a $\pm 4\sigma$. Si el cociente es superior a 1.67 se dice que el proceso es potencialmente hábil a $\pm 5\sigma$. Si el cociente es superior a 2.00 el proceso es potencialmente hábil a $\pm 6\sigma$. Así sucesivamente.

El índice Cpk se define como sigue:

$$Cpk = Cp(1-k) \quad (12)$$

Donde: k es el índice de posicionamiento y se calcula de:

$$k = \frac{2|M - \bar{X}|}{LSE - LIE} \quad (13)$$

Donde: M es el punto medio de la especificación y se calcula de:

$$M = \frac{LSE + LIE}{2} \quad (14)$$

De la misma manera que para Cp, si Cpk es menor a 1, se dice que el proceso no es hábil a +/- 3σ. Si Cpk es igual a 1, el proceso es hábil a +/- 3σ. Si Cpk mayor que 1.33, es hábil a +/- 4σ, si Cpk mayor que 1.67, es hábil a +/- 5σ, etc.

Cuando X y M son iguales, k vale 0 y Cp = Cp Para lograr la habilidad de un proceso son necesarias dos cosas: centrar en proceso en la media especificada y reducir su variación normal.

En la práctica un proceso puede ser centrado mediante ajustes a los parámetros de operación del equipo que genera la característica en cuestión.

La reducción de la variación del proceso puede ser lograda únicamente con la eliminación de causas comunes de variación. La eliminación de causas comunes está generalmente mas allá de las posibilidades de los operarios o supervisores. Se requiere del involucramiento de las gerencias y del apoyo de la dirección para lograrlo.

Aplicación

A continuación se muestra un gráfico de control de promedios y rangos para la característica de longitud total en varilla alzávólula y los cálculos realizados para límites de control e índices de habilidad.

Observe que los valores de las lecturas en las casillas correspondientes están expresados en unidades sencillas para facilitar el llenado de las mismas. En cambio, los límites de control y escalas de los gráficos están expresados en milésimas de pulgada como en la especificación.

Promedio y rango de cada subgrupo

Aplicando las fórmulas (1) y (2) para el primer subgrupo:

$$\bar{X} = \frac{6 + 5 + 7 + 7 + 8}{5} = 6.6$$

$$R = 8 - 5 = 3$$

Promedio del proceso y rango promedio

Aplicando las fórmulas (3) y (4):

$$\bar{\bar{X}} = \frac{6.6 + 7.2 + 7.6 + \dots + 6.0}{25} = 6.9061$$

$$\bar{R} = \frac{3 + 2 + 3 + \dots + 4}{25} = 0.0038$$

Límites de control

Aplicando las fórmulas (5) y (6) para la gráfica de promedios:

$$LSC_X = 6.9061 + (0.577)(0.0038) = 6.9083$$

$$LIC_X = 6.9061 - (0.577)(0.0038) = 6.9039$$

Aplicando las fórmulas (7) y (8) para la gráfica de rangos:

$$LSC_R = (2.114)(0.0038) = 0.0080$$

$$LIC_R = (0.00)(0.0038) = 0.0000$$

Los valores de las constantes A2 (0.577), D3 (0.000) y D4 (2.114), se obtuvieron de la tabla del apéndice 1 con un tamaño de muestra de 5.

Variación del proceso

Aplicando la fórmula (11):

$$\sigma = \frac{0.0038}{2.326} = 0.0016$$

El valor de la constante d2 (2.326), se obtuvo de la tabla del apéndice 1 con un tamaño de muestra de 5.

Potencial del proceso

Aplicando la fórmula (10):

$$C_p = \frac{6.915 - 6.895}{6(0.0016)} = 2.08$$

Habilidad del proceso

Aplicando la fórmula (14) para el punto medio de la especificación:

$$M = \frac{(6.915 + 6.895)}{2} = 6.905$$

Aplicando la fórmula (13) para el índice de posicionamiento:

$$k = \frac{2|6.905 - 6.9061|}{6.915 - 6.895} = 0.11$$

Aplicando la fórmula (12):

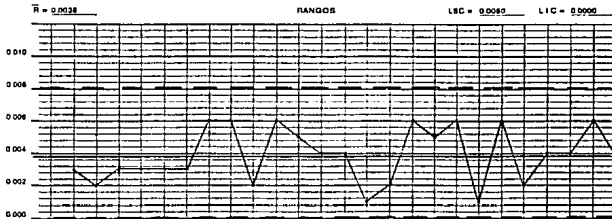
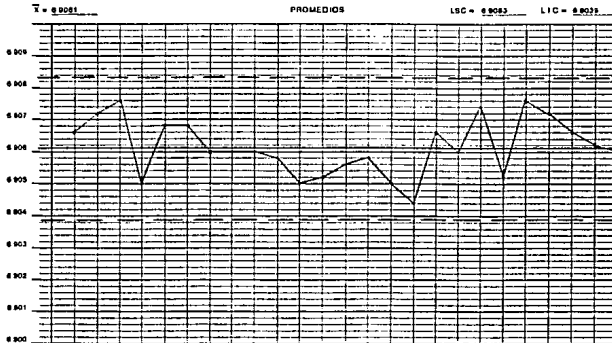
$$C_{pk} = 2.08(1 - 0.11) = 1.85$$

De la gráfica de promedios y rangos, se puede observar que el proceso se encuentra bajo control ya que no se observa ningún patrón de inestabilidad como puntos fuera de los límites, corridas o tendencias.

Por otro lado, el potencial del proceso es bastante bueno ($C_p = 2.08$) ya que el proceso es potencialmente hábil a $\pm 6\sigma$. Sin embargo, el proceso no está perfectamente centrado ($k = 0.11$) por lo que el proceso es realmente hábil a $\pm 5\sigma$ ($C_{pk} = 1.85$).

**GRAFICA DE CONTROL POR VARIABLES
CONTROL DE PROCESO**

DEPARTAMENTO / LINEA VARILLAS ALZAVALLUB	NUMERO Y NOMBRE DE LA OPERACION O EQUIPO SOLDADURA DE BALINES	PRODUCTO VARILLA RC-2002-AA
CARACTERISTICA MEDIDA LONGITUD TOTAL	ESPECIFICACION 6.895" ± 0.013"	TAMANO DE MUESTRA Y FRECUENCIA 5 PIEZAS CADA 2 HORAS



HORA	7	00	11	00	13	00	15	00	17	00	18	00	21	00	23	00	7	00	8	00	11	00	13	00	15	00	17	00	18	00
1	6	7	8	4	7	5	3	6	5	7	5	8	3	4	4	8	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
2	3	8	6	5	7	6	5	6	5	5	5	3	6	4	2	8	7	8	8	8	7	5	6	4						
3	7	7	8	4	7	7	6	3	8	7	4	6	5	5	5	2	8	5	7	3	8	8	8	2	8					
4	7	6	7	5	5	8	6	4	7	2	5	5	6	8	5	8	5	8	8	8	8	8	8	8	8					
5	8	6	8	7	6	6	7	8	7	8	8	5	4	6	8	8	7	7	6	8	7	8	7	8	7	8				
SUMA	35	38	38	25	34	34	30	25	35	28	25	28	28	29	25	27	33	30	27	28	34	28	33	31	30					
PROMEDIO	6.8	7.2	7.6	5.8	6.8	6.8	6	5.8	6.5	5.8	5.7	5.8	5.8	5.8	5.5	6.5	6	6.2	6.2	6.5	6.2	6.5	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2
RANGO	3	2	3	3	3	3	6	6	3	6	5	4	4	5	7	6	8	8	3	6	7	4	4	8						

3.1.3.- GRAFICA DE MEDIANAS Y RANGOS

La gráfica de medianas y rangos puede ser utilizada como una alternativa de la gráfica de promedios y rangos.

La mediana se define como el dato central que representa un grupo de datos ordenados ya sea en forma ascendente o en forma descendente.

La diferencia básica con la gráfica \bar{X} -R estriba en que en lugar de graficar los promedios de cada subgrupo, se grafican los valores individuales y la mediana de cada subgrupo, sin necesidad de hacer ningún cálculo (excepto la determinación de la mediana) facilitando así su construcción.

La gráfica de medianas puede ser utilizada en etapas iniciales de implantación del CEP ya que al personal operario se le puede facilitar mas que la gráfica \bar{X} -R.

La gráfica de medianas puede ser utilizada también en procesos que han demostrado el control estadístico en gráficas \bar{X} -R. Al cambiar estas gráficas por las de medianas se facilita el control cotidiano del proceso.

La construcción de la gráfica de medianas es similar a una \bar{X} -R excepto por las siguientes diferencias:

- el tamaño de los subgrupos puede ser hasta 10 lecturas, sin embargo es conveniente que éste sea un número non ya que la mediana será el dato central de las lecturas (si fuera número par la mediana es el promedio de los dos datos centrales).

- todas las lecturas de cada subgrupo serán graficadas, la mediana será circulada en cada subgrupo.

- los rangos se calculan de la misma manera que en la gráfica X-R.

- los límites de control para medianas se calcula de:

$$LSC_x = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$$

$$LIC_x = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$$

Donde: $\bar{\bar{X}}$ Promedio de medianas
A2 Constante según tamaño de muestra (ver apéndice 1 al final).

- los límites de control para rangos se calculan de la misma manera que para la gráfica \bar{X} -R.

- la habilidad del proceso puede ser calculada de la misma manera que para la gráfica \bar{X} -R.

3.1.4.- GRAFICA DE LECTURAS INDIVIDUALES

En algunas ocasiones se hace necesario aplicar otro tipo de gráfica para el control del proceso, sobre todo cuando las muestras son homogéneas en cada subgrupo.

Considere un proceso de fabricación de manguera en donde la característica a medir es el diámetro exterior de la misma. Esta característica depende de la velocidad de operación del equipo, de las propiedades del hule utilizado y de la temperatura ambiente principalmente.

En el caso en que se utilizara una gráfica \bar{X} -R con 5 lecturas por subgrupo P.ej., la situación sería la siguiente:

- los rangos calculados en cada subgrupo serían demasiado pequeños considerando que las cinco lecturas en un momento dado (un subgrupo) serían mucho muy similares entre sí.

- la variación de la media entre un subgrupo y otro, sí puede ser significativa si el proceso es muy variable, sin embargo, en estas condiciones la gráfica de rangos será insensible a la variación del proceso.

- los límites de control estarán demasiado cerrados (éstos están en función del rango) y el proceso puede parecer fuera de control aún

cuando no lo esté.

En la gráfica de lecturas individuales el rango graficado corresponde a la diferencia entre una lectura y otra. Aplicando un gráfico de lecturas individuales al proceso anterior se observa lo siguiente:

- una sola lectura es tan representativa como las cinco de la gráfica \bar{X} -R.
- la gráfica de rangos sí es sensible ya que ésta detecta las variaciones en los diámetros de la manguera entre una lectura y otra en diferentes tiempos.
- los límites de control son más reales y el proceso tiene mayor libertad de variación dentro de los mismos.

La gráfica de lecturas individuales puede ser aplicada en concentraciones químicas de alguna solución en donde las muestras son homogéneas, en procesos donde la característica de control implique una prueba destructiva o donde la medición de la misma sea compleja o demasiado tardada, etc.

La construcción de una gráfica de lecturas individuales es similar a una \bar{X} -R excepto por las siguientes diferencias:

- cada lectura constituye un punto en la gráfica superior de la carta de control.

- cada rango se calcula de la diferencia entre la lectura actual y la anterior (habrá un rango menos que el total de lecturas individuales).

- los límites de control para lecturas individuales se calculan de:

$$LSC_x = \bar{X} + E_2 \bar{R}$$

$$LIC_x = \bar{X} - E_2 \bar{R}$$

Donde: E_2 Constante según tamaño de muestra usado para agrupar rangos. (Ver apéndice 1).

Los límites de control para rangos se calculan de la misma manera que para la gráfica \bar{X} -R.

La habilidad del proceso puede ser calculada igual que como se indica para la gráfica \bar{X} -R.

3.2.- ESTUDIOS ESTADISTICOS PRELIMINARES

Los Estudios Estadísticos Preliminares (EEP's) son estudios de corta duración que se llevan a cabo en la verificación de la característica relevante de un producto nuevo o de un proceso modificado.

La intención de la realización de los EEP's es determinar de manera inicial el potencial que tiene el proceso para producir piezas dentro de especificación.

Al llevar a cabo los EEP's se pueden identificar dos condiciones: que el proceso esté en control y que el proceso sea hábil.

Durante la realización de los EEP's se pueden identificar las causas especiales que originan que el proceso esté fuera de control. En este momento se pueden definir acciones específicas para eliminar dichas causas y lograr el control del proceso.

Los resultados de los EEP's determinarán la habilidad preliminar del proceso a través de los índices P_p y P_{pk} , los cuales, son matemáticamente idénticos a los índices C_p y C_{pk} respectivamente. La nomenclatura es únicamente para distinguirlos de los índices de habilidad de producción normal.

Una vez determinados los índices de habilidad preliminar Pp y Ppk se puede establecer el potencial del proceso. Un proceso potencialmente hábil deberá manejar un Pp y un Ppk una desviación estándar más que el mínimo requerido (P.ej. si el mínimo requerido para que el proceso se considere hábil es de 1.33, los EEP's deberán dar como resultado índices de habilidad preliminar de 1.67). Esto es considerando que durante la realización de los EEP's no siempre se logran reproducir todas las fuentes de variación de la característica en cuestión.

Los requerimientos mínimos de los índices de habilidad pueden ser fijados por el fabricante basado en su experiencia. Algunos clientes establecen los índices de habilidad mínimos con los que deben trabajar sus proveedores en las características relevantes de los productos comprados.

La conducción de los EEP's debe realizarse en condiciones de producción normales (en un producto nuevo o en un proceso modificado). El número de subgrupos aceptable para que el estudio sea confiable es de 20 por lo que el total de piezas dimensionadas será de 100 si cada subgrupo es de 5 lecturas.

La realización de EEP's puede llevarse a cabo con el ciclo de planear, ejecutar, verificar y actuar.

Organizar el estudio (Planear)

En la etapa de planeación se debe formar un equipo cuyos integrantes estén directamente involucrados con la fabricación y control de los productos.

Se deben establecer los factores que intervienen en el proceso (maquinaria y equipo, mano de obra, materiales, métodos, medio ambiente, etc).

Es necesario establecer el tiempo suficiente para realizar la corrida de producción de tal manera que ésta contenga todos aquellos factores que intervienen en la variación del proceso de producción normal.

Se debe determinar la frecuencia adecuada para incluir todas las lecturas necesarias para la formación de los 20 subgrupos acorde con el tamaño del sugrupo establecido.

Conducción del estudio (Ejecutar)

Llevar a cabo la corrida de producción y la toma de lecturas de acuerdo a lo establecido.

El instrumento de medición utilizado deberá haber sido calibrado y aprobado en su estudio de variación.

Ajuste los parámetros del proceso en la forma establecida para producción normal. Cuando se lleve a cabo algún ajuste o factor ajeno al proceso normal, esta información deberá quedar bien documentada en la bitácora. No realizar ajustes que no estén documentados en la bitácora de los gráficos de control.

Las piezas de producción pueden conservarse para análisis posteriores cuidando que el registro de datos sea llevado a cabo en orden cronológico.

Interpretación de resultados (Verificar)

Analizar los datos de la carta de control y de la bitácora para establecer la estabilidad y habilidad preliminar del proceso.

Al mismo tiempo se deben establecer las condiciones fuera de control y la variación más evidente del proceso a través de las bitácoras, la experiencia, conocimiento del proceso y el sentido común.

Desde este momento se pueden identificar causas comunes de variación y se pueden establecer acciones concretas para eliminarlas y lograr reducir la variación del proceso.

Una vez lograda la estabilidad del proceso (a través de la identificación y eliminación de causas especiales), se puede

determinar la habilidad preliminar del proceso.

Si el índice Ppk es menor a los requerimientos establecidos, el proceso producirá piezas fuera de especificación. El proceso no deberá ser liberado para producción normal o bien se deberán implantar acciones interinas contenedoras para embarcar productos. Se deberán establecer acciones específicas para aumentar la habilidad de los procesos.

Cuando los índices de habilidad preliminar se cumplan, implica que el proceso puede producir productos dentro de especificación, asumiendo que la corrida de prueba incluyera todas las fuentes de variación normal. En estas condiciones el proceso puede ser liberado para producción normal.

Respuesta a los resultados (Actuar)

Cuando no se logre la estabilidad o los índices de habilidad preliminar requeridos se deben tomar las acciones definidas por el equipo de planeación.

Se debe preparar un nuevo estudio para la siguiente corrida de producción y para iniciar un nuevo ciclo de planear, ejecutar, verificar y actuar.

Cuando la estabilidad y los índices de habilidad son

adecuados, se deberá utilizar toda la información registrada a fin de enriquecer el Plan de Control y deberán buscarse mayores oportunidades para mejorar la habilidad del proceso.

4.- HERRAMIENTAS

4.1.- MANTENIMIENTO DE CALIBRADORES

Un instrumento de medición que no sea confiable en las lecturas que indica puede dar una señal falsa de una causa especial cuando no existe, o al contrario, puede no detectar una causa especial cuando sí que existe.

Por lo anterior se hace necesario contar con un sistema para llevar a cabo el seguimiento de calibración y mantenimiento de los calibradores y equipo de pruebas.

Calibración: comparación física entre la lectura indicada en un instrumento y la dimensión real de un patrón conocido.

La calibración consiste en verificar un instrumento de medición contra patrones con dimensiones conocidas. Esto se logra realizando un ajuste en el instrumento de tal manera que las lecturas indicadas por el calibrador correspondan a las dimensiones de los patrones.

Mantenimiento: actividad encaminada a la conservación y limpieza de los calibradores y equipo de pruebas.

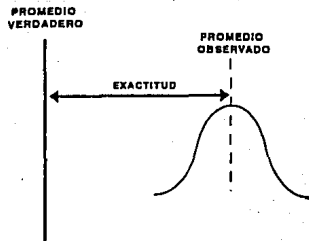
El mantenimiento consiste en una limpieza general del instrumento de medición con una inspección detallada de los componentes con el fin de determinar posibles daños que puedan afectar las lecturas. Para esta actividad se puede contar con servicios especializados en instrumentos de medición.

4.1.1.- TIPOS DE VARIACION EN EL SISTEMA DE MEDICION.

Considerando que los calibradores son parte de un sistema de medición, éste como tal, está sujeto a variación y por lo tanto generan errores en las lecturas indicadas. El error del sistema de medición puede ser clasificado en cuatro categorías: exactitud, repetibilidad, reproducibilidad y estabilidad.

Exactitud.

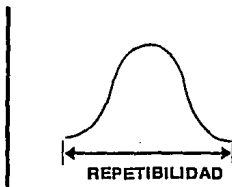
La exactitud es la diferencia entre el promedio de las lecturas observadas y el valor master. El valor master puede ser determinado promediando varias lecturas obtenidas con el instrumento de medición más exacto disponible (una máquina de coordenadas p.ej.).



Repetibilidad.

Conocida también como precisión. Es la variación en las lecturas obtenidas con un calibrador cuando es usado por un operador mientras dimensiona las mismas características en piezas iguales varias veces.

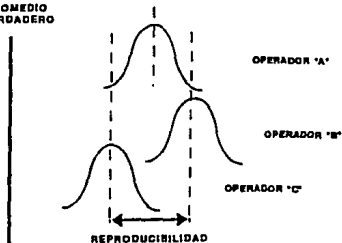
PROMEDIO
VERDADERO



Reproducibilidad.

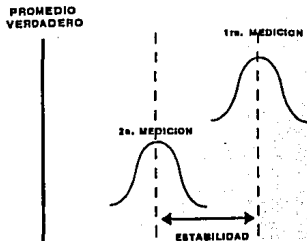
Es la diferencia más grande entre los promedios de las lecturas hechas por operadores diferentes usando el mismo calibrador cuando dimensionan las mismas características en piezas iguales.

PROMEDIO
VERDADERO



Estabilidad.

Es la diferencia entre los promedios de al menos dos grupos de lecturas obtenidas con el mismo calibrador en las mismas partes tomadas a diferentes horas.



4.2.- ESTUDIOS DE VARIACION

Los estudios de variación consisten en determinar el error en el que se incurre a realizar alguna medición con un instrumento determinado. El error en el que se incurre puede ser debido a la repetibilidad, reproducibilidad, exactitud, y estabilidad del instrumento de medición.

Los errores de medición mas frecuentes en la práctica son los debidos a la falta de repetibilidad y reproducibilidad. Para determinarlos existe el Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad conocidos también como estudios R y R.

4.2.1.- ESTUDIO DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD

El estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad permite conocer la variación de los instrumentos de medición utilizados para el control del proceso y dá la oportunidad de distinguir entre errores de precisión (o repetibilidad) y errores de reproducibilidad.

El resultado del estudio R y R expresado como un porcentaje de la tolerancia, nos indica la proporción correspondiente al error en el que se incurre al hacer la medición.

De esta manera podemos determinar el momento en que un calibrador requiere de un mantenimiento mayor (o ser desechado) de

acuerdo con el siguiente criterio:

- Menos del 10% de error: Satisfactorio
- Entre 10% y 30% de error: Aceptable siempre que se justifique una inversión muy alta por reparación o por reposición. Depende también de la importancia de la característica medida.
- Más del 30% de error: Inaceptable.

Este criterio nos permite la utilización de calibradores adecuados para el control del proceso.

El estudio R y R permite conocer las causas de la variación del sistema de medición ya que analiza por separado los errores de precisión y reproducibilidad. Si la falta de reproducibilidad es grande comparada con la precisión esto implica lo siguiente:

- se podría necesitar capacitación a los operarios para utilizar y leer correctamente el dispositivo.
- se podrían definir mas claramente las divisiones de las lecturas del indicador.

Si la falta de precisión es grande comparada con la reproducibilidad esto implica lo siguiente:

- el calibrador podría necesitar mantenimiento.
- podría rediseñarse el calibrador para una mayor rigidez en sus componentes.
- podría mejorarse la localización o sujeción de la pieza en relación al calibrador.

Para poder llevar adecuadamente un estudio R y R se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- cuando sea posible, se debe incluir al operario que normalmente utiliza el calibrador en el estudio a fin de determinar el efecto que éste tiene en el proceso de medición.
- si el operario normalmente lleva cabo la calibración del equipo, éste deberá recalibrarlo antes de conducir el equipo para analizar esta probable fuente de variación.
- las partes de muestra escogidas para el estudio deberán ser representativas de la variación normal del proceso (tomadas al azar de la línea de producción).
- el calibrador deberá ser capaz de medir como mínimo incrementos de un décimo de la tolerancia de la característica a medir. P.ej. si la tolerancia es de 1 cm., el calibrador deberá ser capaz de

medir incrementos de 1 mm. Esto con la finalidad de tener suficiente sensibilidad en las lecturas dentro del rango de variación del proceso.

Procedimiento del estudio

Para realizar el estudio R y R se hace referencia al formato para la hoja de datos. En general un buen estudio puede ser realizado con diez piezas de producción normal y tres operarios.

Los pasos para su realización se describen a continuación:

1) Numerar las piezas del uno al diez sin que los números sean visibles a los operarios. Identificar a los operarios como A, B y C para el registro en el formato.

2) Ajustar el calibrador antes de tomar las lecturas (de preferencia el operador que normalmente lo utiliza).

3) Permita que el operario A mida las diez piezas y registre los resultados en la columna 1. Permita que los operarios B y C midan las mismas diez piezas y registre en columnas 5 y 9 respectivamente. Ningún operario deberá ver resultados de los otros dos para no infuir los resultados.

4) Permita que cada uno de los operarios mida nuevamente las mismas

diez piezas pero en un orden de medición diferente. Registrar los resultados en las columnas 2, 6 y 10. Una tercera medición se registrará en las columnas 4, 8 y 12.

El orden de medición puede variar dependiendo de las necesidades de producción. Si P.ej. un operario está en un turno diferente. Las tres lecturas en las diez piezas pueden ser tomadas por un sólo operario en la mañana. Por la tarde el otro operario puede tomar sus lecturas.

Todos los cálculos necesarios están expresados dentro del formato. Se hacen las siguientes observaciones:

- Se debe calcular el límite superior de control para rangos con el fin de determinar puntos por arriba de este límite. Si éstos existieran se debe identificar la causa especial, corregirla (o despreciar el valor) y recalculer el promedio, rango y el límite superior de control para rangos.

- La constante D_4 utilizada es la misma que aplica para los gráficos de control de rangos. Las constantes K_1 y K_2 dependen del número de pruebas y del número de operadores respectivamente.

- Los resultados pueden expresarse como un porcentaje de la tolerancia aplicable a la característica medida como se indica en el formato.

ESTUDIO DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD

HOJA DE DATOS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
OPERADOR	A				B				C			
NO DE MUESTRA	1a. PRUEBA	2a. PRUEBA	3a. PRUEBA	RANGO	1a. PRUEBA	2a. PRUEBA	3a. PRUEBA	RANGO	1a. PRUEBA	2a. PRUEBA	3a. PRUEBA	RANGO
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
TOTALES												
Suma												
Promedio A												
Suma												
Promedio B												
Suma												
XA												

RANGO PROMEDIO A	
RANGO PROMEDIO B	
RANGO PROMEDIO C	
SUMA	
PROMEDIO RANGOS	

# Pruebas	D4
2	3,27
3	2,58

IR1	ID41	LSCR

Max X	
Min X	
Kdif	

ESTUDIO DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DE CALIBRADORES

Nombre y No. de Parte _____ Nombre del Calibrador _____ Fecha Programada _____
 Característica _____ Número de Calibrador _____ Fecha Real _____
 Especificación _____ Realizada por: _____

De la Hoja de Datos:

R =

Kd1 =

Repetibilidad = Variancia del Equipo (V.E.)

$$\frac{(R)}{K1} = \frac{(K1)}{K1} = V.E.$$

Pruebas	2	3
K1	4.88	3.05

% de Repetibilidad

$$100 = \frac{(V.E.)^2}{R^2} // \frac{R}{R} = \text{Tolerancia} // = \frac{\% (V.E.)}{100}$$

Reproducibilidad = Variancia de Apreciación (V.A.)

$$\frac{(Kd2)}{K2} = \frac{(K2)}{K2} = V.A.$$

Pruebas	2	3
K2	3.85	2.70

% de Reproducibilidad

$$100 = \frac{(V.A.)^2}{R^2} // \frac{R}{R} = \text{Tolerancia} // = \frac{\% (V.A.)}{100}$$

Repetibilidad y Reproducibilidad (R y R)

$$\frac{(V.E.)^2}{R^2} + \frac{(V.A.)^2}{R^2} = R y R$$

% de Repetibilidad y Reproducibilidad

$$\frac{\% (V.E.)}{100} + \frac{\% (V.A.)}{100} = \% R y R$$

Aplicación

A continuación se muestran los resultados de un estudio R y R practicado a un dispositivo de medición.

El dispositivo en cuestión se utiliza para la medición de la característica de rectitud de varilla en la operación de soldado de balín.

El dispositivo consta de dos apoyos fijos en los que se colocan los extremos de la varilla a medir. La punta del indicador de carátula queda al centro de la varilla de tal manera que al hacerla girar sobre los apoyos, la aguja del indicador se desplaza desde un valor mínimo hasta un valor máximo. La diferencia entre ambas lecturas corresponde a la rectitud de la pieza en cuestión.

Se observa que la repetibilidad, o variación debida al equipo de medición, es de 6.46%. Esto significa que 6.46% de la tolerancia aplicable es consumida por el error de variación del equipo de medición.

El resultado de la reproducibilidad, o variación de apreciación, es de 0.27% , es decir, el 0.27% de la tolerancia aplicable es consumida por el error de apreciación de los operarios.

El resultado completo del estudio R y R es de 6.73% (debido a ambos errores). Esto demuestra que el instrumento se encuentra en condiciones adecuadas para llevar a cabo el control del proceso según el criterio de que menos del 10% de error se considera aceptable.

Obsérvese que el cálculo de la repetibilidad (variación del equipo de medición) depende únicamente de las diferencias encontradas entre las lecturas de un sólo operario (el promedio de los tres operarios), mientras que el cálculo de la reproducibilidad (variación de apreciación), depende de las diferencias encontradas entre las lecturas de un operario y otro (la mayor diferencia entre ellos).

ESTUDIO DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD

HOJA DE DATOS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
OPERADOR	A				B				C			
NO. DE MUESTRA	1a. PRUEBA	2a. PRUEBA	3a. PRUEBA	RANGO	1a. PRUEBA	2a. PRUEBA	3a. PRUEBA	RANGO	1a. PRUEBA	2a. PRUEBA	3a. PRUEBA	RANGO
1	0.003	0.003		0	0.003	0.0025		0.0005	0.003	0.003		0
2	0.001	0.001		0	0.001	0.001		0	0.001	0.0015		0.0005
3	0.002	0.003		0.001	0.003	0.003		0	0.002	0.0025		0.0005
4	0.003	0.003		0	0.003	0.003		0	0.002	0.003		0
5	0.002	0.002		0	0.001	0.0015		0.0005	0.002	0.002		0
6	0.003	0.002		0.001	0.002	0.002		0	0.003	0.002		0.001
7	0.002	0.002		0	0.002	0.002		0	0.002	0.002		0
8	0.002	0.002		0	0.0015	0.002		0.0005	0.002	0.002		0
9	0.003	0.003		0	0.003	0.004		0.001	0.003	0.003		0
10	0.003	0.003		0	0.003	0.003		0	0.003	0.003		0
TOTALES	0.024	0.024		0.002	0.0225	0.024		0.0025	0.024	0.024		0.002
PROM. INTENTOS	0.0024	0.0024		0.0002	0.00225	0.0024		0.00025	0.0024	0.0024		0.0002
PROM OPERADOR	0.0024			0.0002	0.00225			0.00025	0.0024			0.0002
	A			R	B			R	C			R

RANGO PROMEDIO A	0.0002
RANGO PROMEDIO B	0.00025
RANGO PROMEDIO C	0.0002
SUMA	0.00065
PROMEDIO RANGOS	0.00021687

# Pruebas	D4
2	3.27
3	2.58

(R)	(D4)	LSQR
0.00021687	3.27	0.0070958

Max Prom	0.0024
Min Prom	0.000225
Xd4	7.5E-05

ESTUDIO DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DE CALIBRADORES

Nombre y No. de Parte: VARILLA RC-2002 AA Nombre del Calibrador: DISPOSITIVO Fecha Programada: 9/AG0/93
 Características: EXCENTRICIDAD Número de Calibrador: E-3 Fecha Real: 9/AG0/93
 Espesura de la Hoja: 0.015" MAXIMO Realizado por: RODRIGO CORDOVA

De la Hoja de Datos: R = 0.000217 xR1 = 0.000075

Repetibilidad = Variancia del Equipo (V.E.)

$$\frac{R}{\sqrt{2}} = \frac{0.011}{\sqrt{2}} = \frac{V.E.}{\sqrt{2}}$$

$$0.000217 = 4.88 = 0.00099$$

Pruebas	2	3
K1	4.58	3.05

% de Repetibilidad

$$100 \times \frac{(V.E.)^2}{R^2} \times \frac{R}{R} \times \frac{1}{Tolerancia} = \% (V.E.)$$

$$100 \times \frac{9.79E-07}{0.00101} \times \frac{0.015}{0.015} = 8.487856$$

Reproducibilidad = Variancia de Aproximación (V.A.)

$$\frac{(xR1)}{\sqrt{2}} = \frac{0.021}{\sqrt{2}} = \frac{V.A.}{\sqrt{2}}$$

$$0.000075 = 2.7 = 0.000203$$

Pruebas	2	3
K2	3.05	2.70

% de Reproducibilidad

$$100 \times \frac{(V.A.)^2}{R^2} \times \frac{R}{R} \times \frac{1}{Tolerancia} = \% (V.A.)$$

$$100 \times \frac{4.1E-08}{0.00101} \times \frac{0.015}{0.015} = 0.270861$$

Repetibilidad y Reproducibilidad (R y R)

$$\frac{(V.E.)^2 + (V.A.)^2}{R^2} = R_y R$$

$$\frac{9.79E-07 + 4.1E-08}{0.00101} = 0.00101$$

% de Repetibilidad y Reproducibilidad

$$\% (V.E.) + \% (V.A.) = \% R_y R$$

$$8.487856 + 0.270861 = 8.758717$$

4.3.- EL DIAGRAMA CAUSA-EFECTO

El diagrama causa efecto fue inventado por el doctor Kaoru Ishikawa y por eso es conocido también como diagrama de Ishikawa. Por su forma se conoce también como diagrama de espina de pescado.

El diagrama establece la relación existente entre la característica de calidad estudiada (efecto) y los factores que intervienen para crearla (causas).

Su construcción se basa en la relación que se da entre una causa y sus efectos, por eso, consta de dos secciones: en una se establece la característica de calidad deseada para el estudio y en la otra, se presentan en forma ordenada las causas y subcausas que pueden influir en la característica de calidad.

Los pasos para construir el diagrama son los siguientes:

Selección de característica

La característica a estudiar puede ser una característica física del producto o parámetro del proceso, o bien, un problema repetitivo durante la generación de la característica de calidad.

Trazo de la espina

Se traza una línea gruesa en forma horizontal y en el extremo derecho se coloca una punta de flecha y se anota la característica de calidad en cuestión

Colocación de ramas

Se dibujan flechas inclinadas que caen sobre la espina principal. Estas ramas representan los grupos principales en los que pueden englobarse los factores causales de la característica de calidad. Los grupos son 6 principalmente: Mano de obra, Materiales, Medio ambiente, Maquinaria y equipo, Método de trabajo y Medición.

Colocación de subramas

Las causas específicas que puedan caer en alguno de los grupos anteriores se colocan mediante flechas que caen sobre las ramas principales. También se pueden identificar subcausas que se representan como flechas que caen sobre las flechas de las causas específicas.

El análisis de subcausas permite identificar mejor qué factor en concreto de la causa puede ser responsable de la característica de calidad que se estudia.

Así se prosigue hasta que el diagrama muestre plenamente las causas y subcausas posibles de la característica de calidad. El diagrama será más útil en la medida que resulte más completo.

Interpretación del diagrama

Una vez completo el diagrama, se analizan todas las causas y subcausas de manera global para poder determinar cuáles son las que en realidad tienen la influencia sobre la característica de calidad.

Uso y ventajas del diagrama

Es recomendable realizar el diagrama Causa-Efecto con una tormenta de ideas con la participación de todas las personas involucradas en la operación.

El diagrama puede ser utilizado para el análisis de cualquier problema, ya que sirve tanto para identificar los diversos factores que afectan un resultado, como para clasificarlos y relacionarlos entre sí.

El análisis permite también identificar los datos necesarios para comprobar que las causas encontradas son realmente las que influyen en el efecto.

La elaboración de este diagrama muestra el nivel de conocimientos que tienen las personas involucradas y propicia el trabajo en equipo.

DIAGRAMA DE ISHIKAWA

NOMBRE DEL PROCESO: _____

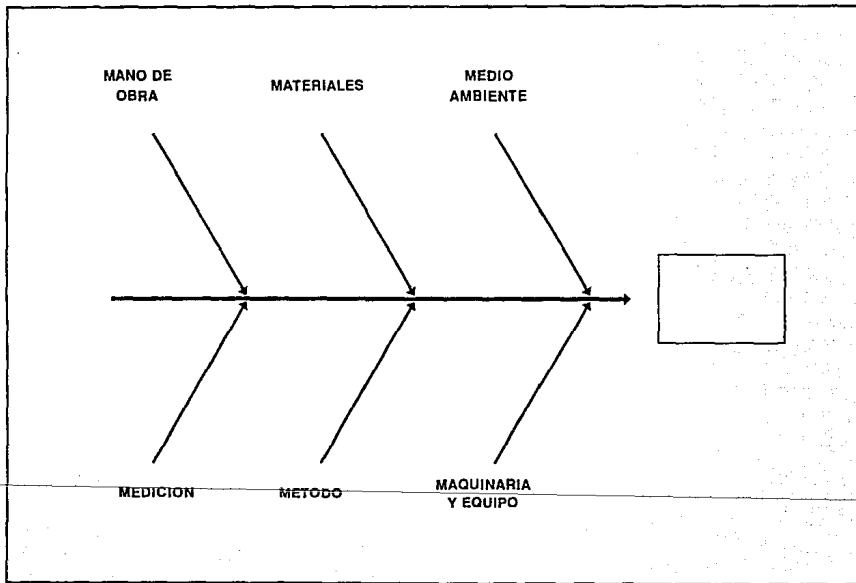
PREPARADO POR: _____

FECHA EMISION: _____

NUMERO DE PARTE: _____

DEPARTAMENTO: _____

FECHA REVISION: _____



Aplicación

A continuación se muestra un diagrama causa-efecto desarrollado para la característica de grietas en las varillas alzávulvas.

En el diagrama se puede observar que las principales causas que provocan la presencia de grietas en las varillas alzávulvas son rotación y entrenamiento de personal, manejo y especificaciones de los materiales, iluminación y temperatura dentro de las condiciones ambientales, instrumentos y criterios de medición, hojas de instrucción de inspección y ayudas visuales así como los principales equipos de manufactura: cortadora, rectificadora y enderezadora.

DIAGRAMA DE ISHIKAWA

NOMBRE DEL PROCESO: VARILLAS ALZAVÁLVULAS

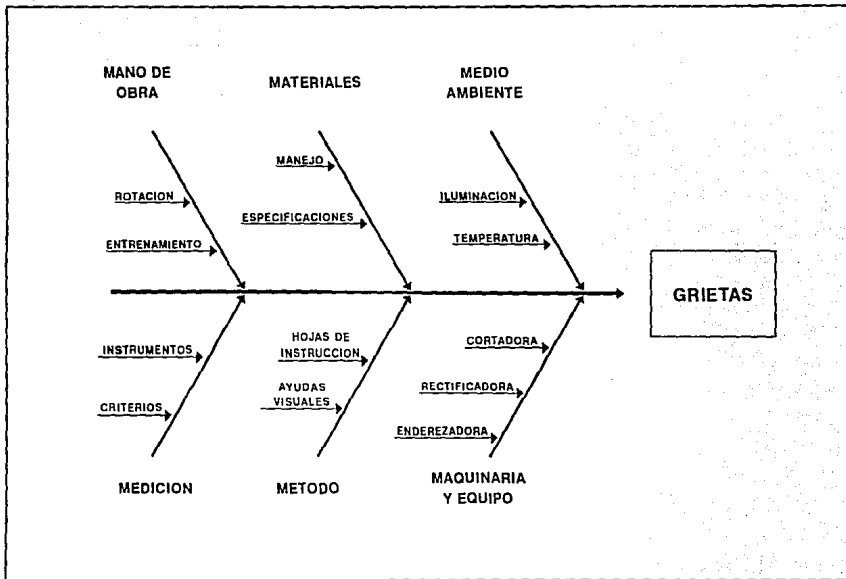
PREPARADO POR: R. CORDOYA

FECHA EMISION: 4-NOV-93

NUMERO DE PARTE: RC-2002-AA

DEPARTAMENTO: ING. DE CALIDAD

FECHA REVISION:



4.4.- EL DIAGRAMA DE PARETO

Quando analizamos los problemas a los que nos enfrentamos, nos podemos dar cuenta que no es posible solucionarlos todos a la vez. Debemos establecer prioridades para determinar qué problemas requieren solución inmediata y cuáles pueden esperar.

El diagrama de Pareto muestra los problemas a que nos enfrentamos ordenados de mayor a menor indicando el porcentaje de contribución de cada uno de la problemática global.

El diagrama consta de un gráfico de barras en cuyo eje horizontal se muestran los problemas de mayor importancia del lado izquierdo hasta los de menor importancia del lado derecho. El eje vertical nos indica la contribución de cada uno a la problemática global.

En toda problemática en donde se establezca la relación causa-efecto ordenando los problemas de mayor a menor, se podrá observar que un pequeño número de causas (problemas) contribuyen a un alto porcentaje del efecto (problemática global). Mientras que la mayor parte de las causas restantes contribuyen a un bajo porcentaje del efecto.

Los pasos para construir un diagrama de Pareto son los siguientes:

Lista de problemas

Los problemas son defectos comunes presentados en un proceso dado. P.ej.: falta de material, operación omitida, rebaba, etc.

Selección del período de tiempo

El período puede variar dependiendo de las necesidades del estudio. Se puede definir una base mensual para listar los defectos de una línea de producción o bien una base diaria para listar las causas especiales presentadas en un proceso controlado con CEP.

Anotar la frecuencia de ocurrencia

La frecuencia de ocurrencia es el número de defectos que se presentan en cada problema en el período de tiempo seleccionado. P.ej.: 5 casos con falta de material, 10 con operación omitida, etc.

Calcular porcentaje defectuoso

El porcentaje defectuoso se calcula con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ defectuoso} = \frac{n \times 100}{N} \quad (15)$$

Donde: n = número de defectos por problema (frecuencia de ocurrencia)

N = tamaño de la muestra (total de casos)

El porcentaje defectuoso indica la mejora que puede obtenerse en todo el tamaño de muestra al eliminar un problema en específico.

Calcular el porcentaje relativo

El porcentaje relativo de defectos se calcula con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ relativo} = \frac{n \times 100}{d} \quad (16)$$

Donde: d = total de defectos en la muestra N

El porcentaje relativo indica la mejora que se puede obtener en el total de defectos al eliminar un problema en específico.

Calcular el porcentaje relativo acumulado

El porcentaje relativo acumulado de defectos se calcula sumando el porcentaje relativo de defectos.

El porcentaje relativo de defectos indica la mejora que puede obtenerse en el total de defectos al eliminar dos o más problemas específicos.

Trazar los ejes

El eje horizontal tendrá los problemas ordenados de mayor a menor empezando por la izquierda. El eje vertical tendrá el número de defectos en la escala de la izquierda y el porcentaje relativo en la escala de la derecha.

Trazar las barras

El alto de cada barra representa el número de casos o frecuencia de ocurrencia de cada problema en particular referido al eje de la izquierda. Las barras deberán ser del mismo ancho.

Trazar los porcentajes relativos acumulados

La línea parte de cero hasta la altura de la primera barra indicando el porcentaje relativo acumulado referido al eje de la derecha.

Interpretación

El objetivo de elaborar un diagrama de Pareto es determinar

cuáles son los problemas a los que nos enfrentamos y establecer prioridades para su solución. De esta manera las mejoras logradas serán mayores y con un mejor aprovechamiento de los recursos con los que trabajamos.

El formato propuesto aquí para la elaboración del diagrama de Pareto contiene todos los elementos anteriormente descritos pero puede utilizarse uno diferente dependiendo de las necesidades de cada organización.

DIAGRAMA DE PARETO

NOMBRE DEL PROCESO:

PREPARADO POR:

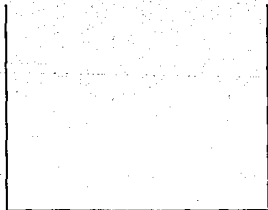
FECHA ORIGINAL:

NÚMERO DE PARTE:

DEPARTAMENTO:

FECHA REVISIÓN:

No.	PROBLEMA	NÚMERO DE CASOS	% DEFECTUOSO	% RELATIVO	% RELATIVO ACUMULADO
TOTAL					



- | | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|

Aplicación

A continuación se muestra un diagrama de Pareto aplicado a la problemática de la línea de varillas alzaválvulas. Para esto se tomó una muestra de 1,000 piezas correspondientes a un turno de fabricación.

Los problemas se listan en la columna correspondiente y la frecuencia de ocurrencia (número de casos) corresponde a los defectos encontrados.

Aplicando la fórmula (15) para el porcentaje defectuoso del primer problema:

$$\% \text{ defectuoso} = \frac{31 \times 100}{1000} = 3.10$$

Aplicando la fórmula (16) para el porcentaje relativo del primer problema:

$$\% \text{ relativo} = \frac{31 \times 100}{86} = 36.05$$

El porcentaje relativo acumulado se calculó sumando el porcentaje relativo de cada problema.

Del diagrama se puede observar que el principal problema al que se enfrenta la línea de varillas alzaválvulas es el de grietas

con un porcentaje de contribución global de 36.05 %.

Se puede observar también que si se atacan los dos primeros problemas (grietas y rebabas) se habrá resuelto un 67.44 % de la problemática global.

El diagrama permite identificar los principales problemas que se deben atacar para disminuir en gran proporción la problemática global.

DIAGRAMA DE PARETO

NOMBRE DEL PROCESO: Vanitas Alzas@Vufas

PREPARADO POR: R. Córdova

FECHA ORIGINAL: 11-Nov-93

NÚMERO DE PARTE: RC-1022-AA

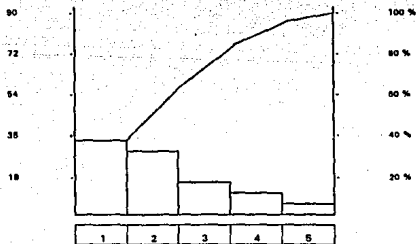
DEPARTAMENTO: Ing. de Calidad

FECHA REVISIÓN:

No.	PROBLEMA	NÚMERO DE CASOS	% DEFECTUOSO	% RELATIVO	% RELATIVO ACUMULADO
1	GRIETAS	31	3.10	36.05	36.05
2	REBABAS	27	2.70	31.40	67.44
3	OVALAMIENTO	16	1.60	18.60	85.05
4	EXCENTRICIDAD	8	0.90	10.47	95.51
5	MARCAS	3	0.30	3.49	100.00
TOTAL		85	8.50	100.00	

NÚMERO DE DEFECTOS

PORCENTAJE



CONCLUSIONES

En general, para la implantación del CEP en cualquier compañía se deben tener en cuenta las siguientes actividades, las cuales se mencionan en forma secuencial para la correcta implantación, sin embargo, esta secuencia puede ser modificada de acuerdo con las necesidades de cada compañía.

Curso en CEP a ejecutivos

Dar capacitación externa, en una institución certificada, al personal ejecutivo, sobre todo a aquéllos directamente involucrados en la determinación, generación y control de las características relevantes: Manufactura, Producción, Ingeniería, Ventas, Calidad, Mantenimiento, etc.

Designar un responsable

Una persona designada como líder del proyecto para que coordine todos los recursos y las actividades necesarias para la implantación del CEP.

Cursos al personal

Dar capacitación en CEP, de manera interna por una persona especializada, a los supervisores, inspectores y operarios .

Determinación de un área piloto

Se debe definir un área piloto para aplicación del CEP, de preferencia aquélla que cuente con las mayores facilidades de medición, condiciones ambientales, gente, materiales y equipo.

Realización de Estudios Preliminares

Correr Estudios Estadísticos Preliminares para determinar las condiciones actuales de estabilidad y habilidad del proceso seleccionado. En esta etapa se empiezan a identificar causas especiales de variación y se pueden definir acciones específicas para lograr estabilizar el proceso.

Involucramiento de sindicato

Es importante poder contar con la participación del sindicato durante la capacitación en CEP a fin de hacerlo consciente en las ventajas obtenidas con este sistema.

Certificación de operadores

Terminada la capacitación de supervisores, inspectores y operarios, es necesario definir a los más adecuados para la utilización del CEP. Es recomendable contar siempre con un operario certificado en las estaciones de trabajo que generan

características relevantes definidas en los Planes de Control.

Extender el CEP a las demás áreas

Después de las experiencias del Área piloto se puede extender el CEP a todas las demás áreas de tal manera que puedan ser cubiertas todas las características relevantes incluidas en los Planes de Control correspondientes.

Problemática

Como parte de la implantación de cualquier sistema en una compañía, la implantación del CEP está sujeta a la siguiente problemática:

Nivel de estudios

El nivel de los estudios del personal involucrado con las actividades del CEP, particularmente operarios, es un problema que puede atacarse impartiendo cursos internos al personal de Matemáticas básicas y uso de calculadora.

Resistencia al cambio

Esta se presenta no sólo en personal sindicalizado sino en mucha gente de la compañía, empleados y ejecutivos, que no tiene fé

en los métodos estadísticos. Esta problemática puede ser atacada con programas de involucramiento de personal a todos los niveles de la compañía.

Demasiadas cartas

Debe tenerse un especial cuidado en no generar tantas cartas de control que se pierda el verdadero significado del CEP. Demasiadas cartas pueden salirse del control de la gente que las monitorea y puede provocar desconfianza entre los operarios. Se debe poner un especial cuidado en seleccionar únicamente las características del producto y parámetros del proceso relevantes en los AMEF's y Planes de Control.

Falseo de datos

Es común que ciertas lecturas se predispongan en el instrumento por parte del operario, se debe contar entonces con un método adecuado de medición para evitar caer en estos errores. También es frecuente que los operarios falsen los datos por temor a parecer que ellos generan errores en las características medidas. Se debe concientizar al personal que los puntos fuera de control (o de especificación) no son señales de estar haciendo mal su trabajo, sino que es la voz de proceso solicitando atención.

Falta de conocimiento del proceso

Durante la determinación de causas comunes y especiales de variación en el control continuo del proceso, es difícil para los operarios la identificación de las mismas por desconocimiento del proceso. Se puede contar, al principio, con una lista de causas probables de variación por las que el sistema se salió de control para ayudar a los operarios a identificarlas. Sin embargo, esto no debe ser de uso frecuente ya que es necesario que los mismos operarios sean capaces de identificar las causa que probablemente no estén en la lista de ayuda.

Falta de seguimiento

Puede llegar a caerse en un exceso de confianza por parte de los inspectores y/o supervisores de calidad en uso frecuente de los gráficos de control y por consiguiente pasar por alto muchas señales de las cartas. Se puede establecer entonces un programa de auditorías con listas de verificación para asegurar que las cartas son llevadas de una manera adecuada.

BIBLIOGRAFIA

- Deming W. Edwards. Calidad, Productividad y Competitividad. Ediciones Díaz de Santos S.A. México 1989.
- Ishikawa Kaoru. ¿Qué es el Control Total de Calidad?. Ed. Norma S.A. México 1986.
- Control Estadístico del Proceso, Módulos 1 a 10. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. División de Graduados e Investigación. México 1985.
- Control Continuo del Proceso y Mejoras a la Habilidad del Proceso. Ford Motor Company S.A. de C.V. Oficina de Calidad del Producto. México 1984.
- Planeación de Calidad. Ford Motor Company S.A. de C.V. Oficina de Calidad Total. México 1990.
- Análisis del Modo y Efecto de Falla Potencial (AMEF). Ford Motor Company S.A. de C.V. Oficina de Calidad Total. México 1991.
- Measurement Systems Analysis, Reference Manual. Chrysler - General Motors - Ford & American Society for Quality Control. EUA. 1990.

APENDICE 1

TABLAS DE CONSTANTES PARA LIMITES DE CONTROL

Tamaño de Muestra	A2 (Medias)	A2 (Medianas)	d2	D3	D4	E2
2	1.880	1.880	1.128	0	3.287	2.860
3	1.023	1.187	1.693	0	2.574	1.772
4	0.729	0.798	2.059	0	2.228	1.457
5	0.577	0.691	2.326	0	2.114	1.290
6	0.483	0.548	2.534	0	2.004	1.184
7	0.419	0.508	2.704	0.076	1.924	1.109
8	0.373	0.433	2.847	0.136	1.864	1.054
9	0.337	0.412	2.970	0.184	1.816	1.010
10	0.308	0.382	3.078	0.223	1.777	0.975

El factor A2 es diferente para la gráfica de medias y la gráfica de medianas

Los demás factores son comunes para cualquier tipo de gráfica

APENDICE 2

GLOSARIO

Análisis del Modo y Efecto de Falla (AMEF)

Es una técnica analítica que identifica las formas potenciales de falla (modo, efecto y causa) de un proceso para establecer prioridades de mejora.

Calibrador

Es un instrumento de medición utilizado para obtener lecturas por variables en las características y parámetros del proceso relevantes.

Cartas de Control

Son gráficas que describen el comportamiento de la característica de un proceso o producto mostrando medidas de tendencia central y medidas de dispersión en muestras tomadas en intervalos de tiempos regulares y estableciendo límites de control para cada una de ellas.

Causas

Son las fuentes de variación que originan o provocan un efecto dado. A toda causa corresponde un efecto y viceversa.

Causas Comunes

Son fuentes de variación, siempre presentes en un proceso dado, que

provocan que éste varíe de forma normal o aleatoriamente.

Causas Especiales

Son fuentes de variación que se presentan de manera esporádica e impredecible en un proceso dado y que provocan que éste se salga de control.

Control del Proceso

Es la retroalimentación dada a un proceso con la información del comportamiento del mismo para mantenerlo dentro de ciertos parámetros predeterminados.

Control Estadístico

Es la condición en la que se presenta un proceso controlado con CEP cuando se han eliminado todas las causas especiales de variación y únicamente se presentan causas comunes de variación. Se dice que un proceso está en control estadístico cuando su variación es puramente aleatoria.

Control Estadístico del Proceso (CEP)

Es el uso de técnicas estadísticas para recopilar información del proceso y poder tomar acciones para lograr el control estadístico del mismo, mejorar su habilidad y prevenir la ocurrencia de defectos.

Cp (Potencial de proceso)

Es un índice que establece la capacidad del proceso para fabricar piezas dentro de especificación considerando una variación normal del mismo dentro de ± 3 desviaciones estándar sin importar que el proceso esté centrado en la media de la especificación.

Cpk (Habilidad del Proceso)

Es un índice similar al Cp para establecer la capacidad del proceso de fabricar piezas dentro de especificación considerando qué tan centrado está el proceso en la media especificada.

Defectos

Son condiciones específicas que pueden presentarse en los productos y que no cumplen con los estándares o especificaciones establecidas.

Desviación Estandar

Es una medida de dispersión que indica de manera global qué tan alejados se encuentran los datos respecto a su propia media. La desviación estándar es la raíz cuadrada de la varianza.

Detección

Es una técnica enfocada a la identificación y segregación de productos defectuosos una vez que éstos han concluido con alguna de la etapas de su manufactura.

Diagrama Causa - Efecto

Es la representación esquemática de la relación existente entre la característica de calidad estudiada (efecto) y los factores que intervienen para crearla (causas). Se conoce también como diagrama de Ishikawa o de espina de pescado.

Diagrama de Pareto

Es la representación gráfica de la prioridad de los problemas presentados indicando el porcentaje de contribución de cada uno de ellos.

Diagrama de Flujo de Operaciones

Es la representación esquemática mediante símbolos conocidos de todas las etapas de producción por las que pasa un producto durante su manufactura.

Especificación

Es el requerimiento de diseño dentro de un rango de aceptación para asegurar que el producto cumpla con la función para la que fue creado. Nunca deben confundirse límites de especificación con límites de control.

Estabilidad

Es la condición en la que se encuentra un proceso cuando éste está en control estadístico. Es la propiedad de estar en control estadístico.

Estudios de Variación

Son estudios realizados a calibradores para determinar el error en el que se incurre al realizar la medición de una característica dada.

Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad

Es un estudio de variación que se realiza a los calibradores para determinar las fuentes de variación mas comunes de los instrumentos de medición: la Repetibilidad y la Reproducibilidad.

Estudios Estadísticos Preliminares

Son estudios de corta duración que se llevan a cabo en productos nuevos o en procesos modificados para establecer de manera preliminar la habilidad del proceso.

Exactitud

Es la diferencia entre el promedio de un grupo de medidas y el valor master.

Habilidad

Es la capacidad que tiene un proceso para producir piezas dentro de especificación en una característica dada. La habilidad de un proceso deberá ser calculada únicamente cuando el proceso esté en control estadístico (proceso estable).

Límites de Control

Son líneas en las cartas de control que establecen las fronteras dentro de las cuales un proceso varía en forma normal y se utilizan para analizar el comportamiento de los puntos graficados. Los límites de control están definidos por la variación del proceso y nunca deberán confundirse con los límites de especificación.

Media

Es el promedio aritmético de un grupo de medidas.

Mediana

Es el dato central de un grupo de medidas ordenadas de mayor a menor o a la inversa. Cuando el número de medidas es par, la mediana es el promedio de los dos datos centrales.

Medida

Comparación física de una característica variable con un patrón conocido.

Medidas de Tendencia Central

Son medidas que representan a un grupo de lecturas. Las más conocidas son la media, la moda y la mediana.

Medidas de Dispersión

Son medidas que indican qué tan alejadas se encuentran las medidas de un grupo de su promedio. Las más conocidas son la varianza, la

desviación estándar y el rango.

Mejora Continua

Es alcanzar y sobrepasar constantemente los requerimientos del cliente a través de la aplicación del ciclo Planear, Ejecutar, Verificar y Actuar para reducir la variabilidad, los retrabajos y desperdicios, aumentar la productividad y permanencia en el mercado.

Moda

Es el dato que más se repite en un grupo de medidas.

Muestra

Es la selección aleatoria de una o varias piezas de un proceso para verificar las características a controlar.

Parámetros del proceso

Son características medibles del proceso que tienen influencia sobre las características de los productos que fabrica, tales como temperaturas, presiones, velocidades, etc.

Planes de Control

Son documentos que establecen las condiciones en que deben monitorearse las características y parámetros del proceso relevantes.

Pp (Potencial Preliminar del Proceso)

Es un índice matemáticamente igual al Cp que establece la habilidad potencial preliminar de un proceso al llevar a cabo los Estudios Estadísticos Preliminares.

Ppk (Habilidad Preliminar del Proceso)

Es un índice matemáticamente igual al Cpk que establece la habilidad preliminar de un proceso al llevar a cabo los Estudios Estadísticos Preliminares.

Precisión

Véase Repetibilidad.

Prevención

Es el enfoque de calidad encaminado a evitar la ocurrencia de defectos en los productos fabricados. La prevención se contrapone con la detección.

Proceso

Es un sistema integrado por gente, materiales, método, equipo y medio ambiente para producir un bien o servicio. Véase también sistema.

Proceso Estable

Un proceso estable es aquél que se encuentra en control estadístico.

Producto

Es un bien o servicio producido para satisfacer las necesidades del cliente.

Repetibilidad

Es la variación entre las lecturas de un mismo calibrador cuando es usado por un operador mientras dimensiona las mismas características en piezas iguales varias veces. El término precisión se usa indistintamente.

Reproducibilidad

Es la diferencia más grande entre los promedios de las lecturas hechas por operadores diferentes usando en mismo calibrador cuando dimensionan las mismas características en piezas iguales.

Sistema

Es un conjunto de elementos independientes e interconectados entre sí de manera lógica para formar un todo. Véase también proceso.

Variables

Son características de un producto o parámetros del proceso que pueden ser medibles con una escala conocida (litros, metros, segundos, etc.).

Variación

Es la diferencia inevitable que existe entre un producto y otro en un mismo proceso.

Varianza

Es una medida de dispersión que indica qué tan alejados se encuentran los datos respecto a su propia media. La varianza es el cuadrado de la desviación estándar.