

82



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

POKA YOKE

"A PRUEBA DE ERRORES"

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
PRESENTA:
EZEQUIEL PEREZ MONTIEL

ASESOR: ING. EMILIO JUÁREZ MARTINEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

2002

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 esta 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.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CUAUTITLAN
ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Poka Yoke "a prueba de errores"

que presenta el pasante: Ezequiel Pérez Montiel
con número de cuenta: 9462832-2 para obtener el título de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 17 de Mayo de 2002

PRESIDENTE Ing. Emilio Juárez Martínez

VOCAL Ing. José Luz Hernández Castillo

SECRETARIO Ing. Guillermo Santos Olmos

PRIMER SUPLENTE Ing. José Luis Barbosa Pacheco

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Ana María Terreros de la Rosa

AGRADECIMIENTOS

A mis padres:

Pedro Pérez Navarrete
Cenorina Montiel Olvera

A quienes agradezco infinitamente todo.

A mi novia:

Rosalba Flores Pérez

Por su amor y comprensión .

A mis hermanos:

Cecilia, Bruno, Gregoria, Agustina, Eusebio, Paula y Justino

Por su gran apoyo incondicional y confianza.

A mis abuelas:

Ines Navarrete Berlanga

Elena Olvera Vázquez

Por mostrarme todo ese amor y fortaleza hacia la vida.

A mis abuelos:

Gregorio Pérez Navarrete

Refugio Montiel Pérez

Que sin ellos no hubiera sido posible estos momentos y que dios los tenga en la gloria.

A mi tío:

Domingo Pérez Bautista

Por sus palabras de aliento y optimismo.

A mi alma mater:

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

Por ofrecerme una formación académica y humana.

Y a todas aquellos amigos y compañeros que de una forma directa e indirecta han sido parte clave para la elaboración de esta tesis.

¡GRACIAS!

INDICE

Prologo	2
Introducción	3
1.- Los Gurus de la calidad	4
Shigeo Shing	4
Juran Y Gryna	5
Nakajo y Kume	5
Kiyoshi Suzaki	5
Mohamed Zari	6
2.- Funciones del sistema Poka Yoke	8
3.- Tipos de inspección	12
Inspección de criterio	12
Inspección informativa	13
Inspección en la fuente	19
4.- Defectos Vs. Errores	20
Los diez errores más comunes (causas de defecto)	21
Tipos de defecto	21
Categorías de defectos comunes	22
Algunos defectos de manufactura comunes ordenados por su error/causa	22
Errores humanos	24
Algunos tipos de errores humanos	24
Condición propensa al error (bandera roja)	26
5.- Tipos de sistema Poka Yoke	31
Funciones reguladoras Poka Yoke	31
Clasificación de los métodos Poka Yoke	32
6.- Medidores utilizados en el sistema Poka Yoke	33
Medidores de contacto	33
Medidores sin contacto	36
7.- Metodología para desarrollar Poka Yoke	39
Ciclo de mejora	39
Método para desarrollar dispositivos Poka Yoke	40
8.- Algunas aplicaciones y ejemplos	43
Aplicaciones de dispositivos Poka Yoke	43
Ejemplos donde sea aplicado el sistema Poka Yoke	48
Conclusiones	50
Bibliografía	51

PROLOGO

Cada vez existen más tratados de libre comercio en el mundo, y los mercados cada vez se vuelven más globalizados y competitivos. Las compañías nacionales e internacionales buscan el liderazgo de su producto, ofreciendo una mayor calidad y un menor costo. Por esto las compañías tienen la necesidad de emplear herramientas, que puedan mejorar sus procesos de manufactura.

México a crecido en los últimos años en el ramo manufacturero y con esto la necesidad de ser competitivo en el mundo.

Las compañías buscan cada vez más a personas que tengan conocimientos de estas herramientas de mejora continua, para que puedan desarrollarlas en ellas; pero esto resulta difícil por la escasa información brindada en su preparación profesional.

Este es el caso del sistema Poka Yoke, el cual trataré con más detalle en el presente trabajo y tengo como finalidad proveer de información concreta, el concepto, la metodología y el desarrollo del sistema para todas aquellas personas que estén interesadas en conocer y aplicar este sistema. Así como dar un panorama breve y sistematizado de esta herramienta de mejora continua que cada vez se esta utilizando más en las compañías de clase mundial y en vías de ser.

Las personas que tengan como objetivo implantar este sistema en sus compañías, deben de tomar en cuenta la importancia de trabajar en equipo, así como llevar a cabo ordenadamente la metodología; de esto dependerá el grado de obtener resultados.

INTRODUCCIÓN

Poka Yoke es una técnica de calidad desarrollada por el ingeniero Shigeo Shingo en los años 1960's, como parte fundamental de Cero Control de Calidad, el cual planteó formalmente en 1977 como parte de una estrategia para conseguir cero defectos; que significa " a prueba de errores". La idea principal es la de crear un proceso donde los errores sean imposibles de realizar.

La finalidad del Poka Yoke es la de eliminar los defectos en un producto ya sea previniendo o corrigiendo los errores que se presenten lo antes posible.

Shigeo Shingo era un especialista en procesos de control estadísticos en los años 1950's pero se desilusionó cuando se dio cuenta de que así nunca podría reducir hasta cero los defectos en su proceso. El muestreo estadístico implica que algunos productos no sean revisados, con lo que un cierto porcentaje de error siempre va a llegar al consumidor final.

Un dispositivo Poka Yoke es cualquier mecanismo que ayude a prevenir los errores antes de que sucedan, o los hace que sean muy obvios para que el trabajador se de cuenta y lo corrija a tiempo.

Donde el marco de la Calidad Total, uno de los objetivos de la misma, es conseguir el cero defectos, para lo cual, se ha dispuesto utilizar unos dispositivos a prueba de errores, llamados Poka Yoke, mediante el cual se realizan "inspecciones automáticas y muy económicas en la fuente" precisamente en el lugar donde se producen los errores, con la finalidad de detectarlos y evitarlos.

El sistema Poka Yoke, o libre de errores, son los métodos para prevenir errores humanos que se convierten en defectos del producto final

El concepto es simple: si los errores no se permite que se presenten en la línea de producción, entonces la calidad será alta, el retrabajo poco y el desperdicio nulo. Esto aumenta la satisfacción del cliente y disminuye los costos al mismo tiempo. El resultado, es de alto valor para el cliente. No solamente es el simple concepto, pero normalmente las herramientas y/o dispositivos son también simples.

Los sistemas Poka Yoke implica el llevar a cabo el 100% de inspección, así como, retroalimentación y acción inmediata cuando los defectos o errores ocurren. Estos enfoques resuelve la creencia que el 100% de la inspección toma mucho tiempo y el trabajo, por lo que tiene un costo muy alto.

La práctica del sistema Poka Yoke se realiza más frecuentemente en la comunidad manufacturera para enriquecer la calidad de sus productos previniendo errores en la línea de producción.

1.- LOS GURUS DE LA CALIDAD Y EL POKA YOKE

SHIGEO SHINGO

La idea básica es frenar el proceso de producción cuando ocurre algún defecto, definir la causa y prevenir que el defecto vuelva a ocurrir. Este es el principio de Justo A Tiempo. No son necesarias las muestras estadísticas. La clave es ir detectando los errores antes de que se conviertan en defectos, e ir corrigiéndolos para que no se repitan. Como error podemos entender lo que hace mal el trabajador y que después hace que un producto salga defectuoso.

En cualquier evento, no hay mucho sentido en inspeccionar productos al final del proceso; ya que los defectos son generados durante el proceso, todo lo que se está haciendo es descubrir esos defectos. Sumar trabajadores a la línea de producción como inspectores no tiene mucho sentido, debido a que no hay manera en que se puedan reducir los defectos sin la utilización de métodos en los procesos que prevengan en primer lugar que ocurran los errores.

Para reducir los defectos dentro de las actividades de producción, el concepto más fundamental es el de reconocer que los defectos son generados por el trabajo y que lo único que las inspecciones hacen es descubrir los defectos.

Desde que las acciones son afectadas por las condiciones de la operaciones, podemos concluir que el concepto fundamental de la inspección en la fuente reside en la absoluta necesidad de funciones de control, de que una vez ocurridos los errores en condiciones de operación y ser descubiertos, es el de resolver estos errores y prevenir que se conviertan en defectos.

Los trabajadores no son infalibles. El reconocer que las personas son humanos y el implementar dispositivos efectivos de Poka Yoke de acuerdo a las necesidades, es uno de los cuatro conceptos básicos para un Sistema de Control de Calidad de Cero Defectos. Los dispositivos Poka Yoke también completan las funciones de control que deben ser efectivas en influenciar las funciones de ejecución.

De cualquier manera en el análisis final, un sistema Poka Yoke es un medio y no un fin. Un sistema Poka Yoke puede ser combinado con las inspecciones sucesivas o con auto-inspecciones, que puedan completar la necesidad de esas técnicas que proveen el 100% de inspección e iniciar la retroalimentación y acción.

Por lo que es imprescindible que la inspección sea en la fuente y las mediciones con Poka Yoke deben combinarse si uno desea eliminar defectos. Es la combinación de inspección en la fuente y los dispositivos Poka Yoke que hace posible el establecimiento del Sistema de Control de Calidad de Cero Defectos.

Shigeo Shingo fue uno de los ingenieros industriales en Toyota, quien creó y formalizó el Control de Calidad Cero Defectos. La habilidad para encontrar los defectos es esencial, como dice Shingo *"la causa de los defectos recae en los errores de los trabajadores, y los defectos son los resultados de continuar con dichos errores"*.

JURAN Y GRYNA

Un proceso a prueba de errores

Un elemento en la prevención, es el concepto de diseñar el proceso para que no tenga errores a través de la técnica "a prueba de errores".

Una forma de hacer cosas a prueba de errores es diseñar (o rediseñar) las máquinas y herramientas (el hardware) de manera que el error humano sea improbable, o incluso, imposible.

La segunda forma más importante de "a prueba de errores" es la redundancia, que requiere que ocurran eventos múltiples e improbables al mismo tiempo, antes de que se pueda crear o pasar un error. La preparación de procesos importantes por lo general, necesita varias operaciones.

Un tercer enfoque ayuda a los seres humanos a reducir sus propias fallas. Este implica amplificar los sentidos y la fuerza muscular humana normal mediante la indexación programada con dispositivos, la amplificación óptica, la observación en un circuito cerrado de televisión, las señales simultáneas de sensores múltiples, etc. Por ejemplo, Las ampollitas de medicamento pueden dejarse en un baño con colorante durante toda la noche para simplificar el descubrimiento de grietas en el vidrio. Aun en la revisión de documentos ha surgido recientemente la idea de que existen dos tipos de revisión: la activa y la pasiva. La primera requiere una participación tan positiva, como leer un número, en el que es indispensable la atención completa. La revisión pasiva, como ver o escuchar en silencio, no requiere de toda atención.

NAKAJO Y KUME

En un estudio clásico, Nakajo y Kume (1985) estudian cinco principios fundamentalmente para "a prueba de errores" desarrollados a partir de un análisis de alrededor de 1000 ejemplos, reunidos principalmente en las líneas de ensamble. Estos principios son: eliminación, reemplazo, facilidad, detección, mitigación.

KIYOSHI SUZAKI

El Poka Yoke permite a un operador concentrarse en su trabajo sin la necesidad de poner atención innecesaria en la prevención de errores.

Uno de los compromisos en las actividades de la manufactura, es la responsabilidad de entregar productos libres de defectos al siguiente proceso (nuestro cliente). Si gastamos tiempo buscando defectos y ocupándonos de ellos, el costo para la compañía es muy alto; y si no controlamos nuestras prácticas bien, la compañía no será capaz de mantener su posición en el mercado.

Algunos pensarán que un departamento con una fuerte inspección es la mejor manera de manejar la situación. Si pensamos en ello con más cuidado, de cualquier manera, nos damos cuenta que la inspección al final de la línea no nos puede asegurar un 100% de calidad. A menos que podamos desarrollar un método de bajo costo que nos asegure el 100% del producto, el 100% de la calidad no podrá ser posible.

Poka Yoke es una palabra japonesa traducida como mecanismo de prueba completa. Poka Yoke ayuda a los operadores a trabajar de manera fácil, y al mismo tiempo elimina problemas asociados con los defectos, seguridad, errores en operaciones, sin el requerimiento de la atención de los operadores.

Aun si el operador comete un error, el Poka Yoke previene los defectos o un paro de línea. La clave para alcanzar el 100% de calidad es, por lo consecuente, prevenir los defectos desde la fuente y no entregar un producto defectuoso al siguiente proceso. Esto debe reducir significativamente los tiempos de inspección debido a que los inspectores no tendrán que gastar tiempo inspeccionando productos ya garantizados.

Con el objetivo de beneficiarse de la aplicación de Poka Yoke, se recomienda que las ideas de Poka Yoke sean compartidos por muchos, especialmente entre aquellos con operaciones similares. Estas ideas deben ser desarrolladas no solo por aquellos en la planta sino también por aquellos en el área de diseño. También las ideas de Poka Yoke deben ser consideradas en la compra de una nueva maquinaria e incorporadas a nuevos diseños de procesos.

MOHAMED ZARI

Shingo es uno de los pioneros del control de calidad con cero defectos, fundamentalmente en principios similares a los de Taguchi. Contrariamente a la creencia generalizada, el estrechamiento de las tolerancias no siempre aumenta los costos de producción de manera significativa.

Shingo ha enseñado sus conceptos de ingeniería de producción a muchos directivos japoneses, y sigue promoviendo el control de calidad con cero defectos argumentando que es necesario eliminar por completo los procesos de inspección o el uso de control estadístico de calidad.

Shingo cree que la calidad debe controlarse en la fuente de los problemas y no después de que estos se han manifestados. Por consiguiente recomienda que los inspectores se incorporen al proceso en el que se ha identificado el proceso, para que se elimine ahí mismo. Considera que el control estadístico de calidad tiende a centrarse en el efecto

(errores relacionados con los operadores) en vez de hacerlo en la causa, que se origina en las imperfecciones y anomalías del proceso.

Shingo ha desarrollado un concepto al que llama Poka Yoke (a prueba de errores). Poka Yoke significa contar con listas detalladas de los puntos críticos de cada operación, de tal manera que se elimine totalmente el error humano. Es similar al concepto de automatización (Jikhoda) basado en procesos automáticos de bajo costo, que suspenden la operación en cuando esta se ha completado cuando surgen errores/ anomalías.

Shingo recomienda los puntos descritos en la aplicación de Poka Yoke.

1.- Control en el origen, cerca de la fuente del problema; por ejemplo, incorporando dispositivos monitores que advierten los defectos de los materiales o las anomalías del proceso.

2.- Establecimiento de mecanismos de control que ataquen diferentes problemas, de tal manera que el operador sepa con certeza que problema debe eliminar y como hacerlo con una perturbación mínima al sistema de operación.

3.- Aplicar un enfoque de paso a paso con avances cortos, simplificando los sistemas de control sin perder de vista la factibilidad económica. Para usar el Poka Yoke de manera efectiva, es necesario estudiar con gran detallé la eficiencia, las complicaciones tecnológicas, las habilidades disponibles y los métodos de trabajo.

4.- No debe retardarse la aplicación de mejoras a causa de un exceso de estudios. Aunque el objetivo principal es casi todos los fabricantes es la coincidencia entre los parámetros de diseño y los de producción, muchas de las ideas del Poka Yoke pueden aplicarse tan pronto como se hayan definido los problemas con poco o ningún costo para la compañía. El Poka Yoke enfatiza la cooperación interdepartamental y es la principal arma para las mejoras continuas, pues las motiva las actividades de resolución continua de problemas.

2.- FUNCIONES DEL SISTEMA POKA YOKE

Las fuentes típicas de defectos en la producción son procedimientos omitidos, errores de procedimientos, errores en la puesta en marcha, componentes faltantes, componentes equivocados y errores de ajuste. Un buen diseño de proceso impide que ocurran los defectos en general.

Shingo propone el sistema Poka Yoke (a prueba de errores) para eliminar los defectos totalmente. El concepto de prueba de errores es una serie de inspecciones al 100%, humanas o basadas en algún mecanismo. Auto-chequcos o chequeos sucesivos para detectar anomalías cuando ocurren o mientras ocurren para corregirlos en la unidad de producción actual así como en todo sistema.

Un sistema Poka Yoke posee dos funciones:

**A través de una técnica de
inspección al
100%**

**Retroalimentación inmediata y
acción tan pronto como el defecto
ocurra.**

El sistema de Control de Cero Defectos de Shingo consiste de cuatro principios fundamentales:

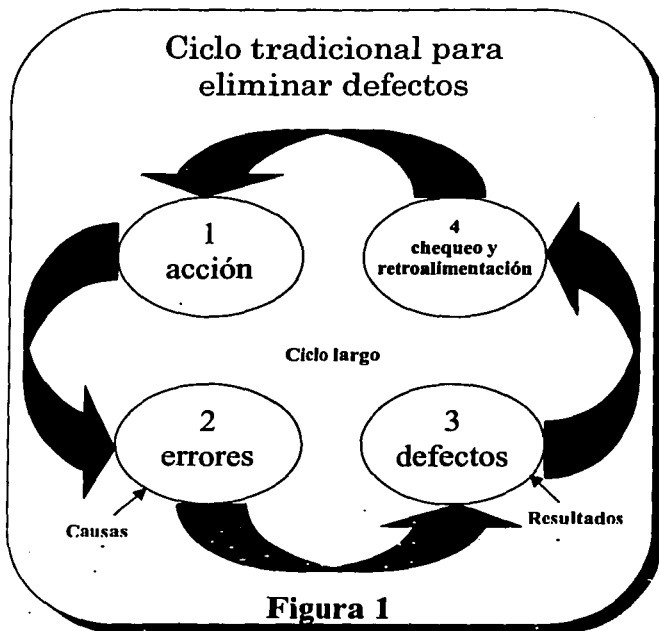
1.- **Inspección en la fuente:** verificando los factores que pueden causar errores, y no el defecto como resultado.

2.- **Inspección al 100%:** el uso de la auto-inspección a 100% en la cual el operador supervisa su propio trabajo, o en los dispositivos Poka Yoke pocos costosos revisan automáticamente buscando errores o situaciones de operación defectuosas.

3.- **Acción inmediata:** Detener las operaciones instantáneamente cuando se comete un error y reiniciar operaciones sólo cuando el error se haya corregido. La retroalimentación se consigue a través de verificaciones sucesivas, en las que la persona que sigue dentro del proceso de inmediato devuelve información al operador suministrador para detener la producción y corregir el error.

4.- **Dispositivos Poka Yoke:** establecer dispositivos mecánicos o electrónicos sencillos o complejos que incluyen en el proceso productivo o trucos ingeniosos, en el diseño de productos o procesos para evitar que se cometan errores.

En la figura 1 se muestra el clásico ciclo tradicional (largo) de detención de defectos.



En la figura 2 se muestra el ciclo Shingo o "ciclo corto" para el sistema Cero Defectos.

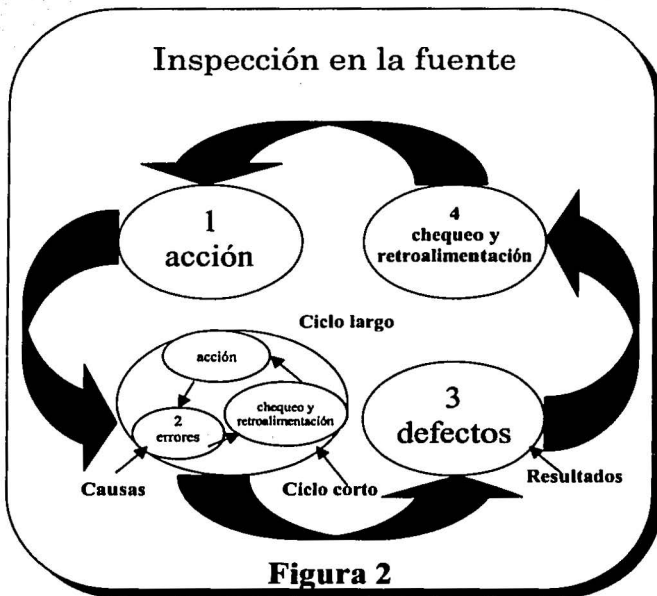
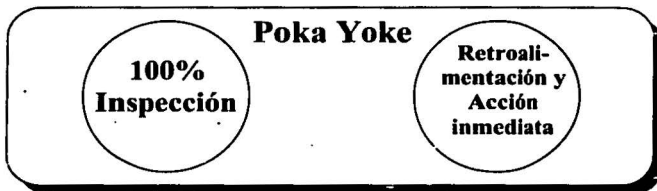


Figura 2

+



=



Se debe distinguir que la inspección en la fuente de Shingo difiere de manera significativa de la manera tradicional inspección final del producto, esta última es un proceso de clasificación del producto en una "ruta larga". La inspección en la fuente es un proceso de "ruta corta" de monitoreo de la producción que ofrece una retroalimentación en tiempo real y envía información hacia delante relativa a una acción correctiva. Idealmente una inspección perfecta en la fuente eliminaría el desecho y el retrabajo.

Poka tiene en cuenta, en primer lugar, que los errores se sitúan en dos estados:

- El estado anterior a la aparición del error.
- El estado posterior, una vez que se ha producido el error.

Y plantea dos cuestiones:

- Predicción del error: reconociendo que un error se encuentra en situación de aparecer.
- Detención del error: reconociendo que se ha producido.

Para luchar contra estos errores y los defectos que provocan, la técnica Poka Yoke emplea una serie de funciones: de parada, de control y de aviso y una serie de detectores y sensores, que tienen la finalidad de encontrar dichos errores y defectos.

3.- TIPOS DE INSPECCION

Para tener éxito en la reducción de defectos dentro de las actividades de producción, deberemos de entender que los defectos son generados por el trabajo, y que toda inspección puede descubrir los defectos.

Ahora trataremos tres tipos de inspección de defectos:

- **Inspección de criterio**
- **Inspección informativa**
- **Inspección en la fuente**

INSPECCIÓN DE CRITERIO:

Inspección que descubre defectos

- *Los productos se comparan contra estándares y los defectuosos son separados del resto.*
- *La inspección por muestreo se utiliza cuando inspeccionar al 100% es complicado.*

En la actualidad, muchas fábricas realizan inspecciones de criterio; inspecciones cuyo propósito es clasificar los productos terminados como defectuosos o aceptables. Desde el punto de vista de este tipo de inspección es evitar que los productos defectuosos lleguen a los clientes o procesos siguientes, y en este sentido es una herramienta efectiva. Sin embargo, puede ser un tipo de inspección "autopsia", porque la fiabilidad y profundidad como se realice, no puede contribuir a reducir el índice de defectos en la fábrica. Este tipo de inspección, consecuentemente no tiene ningún valor alguno si lo que se desea es precisamente reducir el índice de defectos.

Además, la cuestión de seleccionar y realizar las inspecciones de criterio, por técnicas de muestreo o de inspección al 100% no tiene alguna relación con la naturaleza esencial del tipo de inspección de criterio. Aún cuando el verdadero propósito de las inspecciones de criterio es simplemente encontrar artículos defectuosos, muchas fábricas establecen procesos de inspección independiente que también inspeccionan artículos que no son defectuosos, ocasionando un despilfarro.

En muchas fábricas las inspecciones son automatizadas, significando solamente una automatización de las inspecciones de criterio. Esto reduce costos de personal de inspección, pero no tiene efecto alguno en reducir el índice de defectos en la fábrica.

La suposiciones acerca de la inspección de criterio son:

- *Los defectos son inevitables.*
- *La inspección rigurosa "reduce" la cantidad de piezas defectuosas.*

INSPECCIÓN INFORMATIVA:

Una inspección informativa es un inspección en la que, cuando ocurre un defecto, la información sobre el mismo se retrotrae al proceso de trabajo implicado, el cual entonces adopta acción para corregir el método de operación. Esperándose de este sistema de inspecciones el efecto de reducir gradualmente los índices de defectos en la producción.

Las inspecciones informativas que reducen defectos:

- **Sistemas de Control de Calidad Estadístico (SQCS).**
- **Sistemas de Verificación Sucesiva (SuCS).**
- **Sistemas de Auto-Chequeo (SeCS).**

Sistemas de Control de Calidad Estadístico (SQCS):

Las características de los denominados sistemas SQCS incluyen, ante todo, la noción de las inspecciones informativas, que emplean gráficos de control, basados en la estadística, para reducir los defectos futuros, retro trayendo la información sobre los defectos a los procesos afectados; los métodos de trabajo se corrigen entonces en consecuencia. Es también característico de los sistemas SQCS el uso de la estadística para fijar límites de control que distinguen entre las situaciones normales y las anómalas. El número de muestras tomadas para detectar valores anómalos se determina -similarmen- de acuerdo con la teoría estadística. Por lo tanto, el uso de principios estadísticos puede considerarse como la condición esencial que identifica un método de inspección como método SQCS.

Por el lado positivo, en contraste con la vieja idea de las inspecciones que distinguen entre artículos aceptables y defectuosos, un atractivo de la nueva y pionera noción de las inspecciones informativas es haber mostrado la posibilidad de las reducciones del índice de defectos, lo que ha provocado ciertos desarrollos de considerable valor. En la fase de planificación de la dirección, la aplicación de técnicas analíticas tales como el método de planificación de experimentos y la determinación de diferencias significativas ha conducido a mejoras reales en el establecimiento de procesos estándares de trabajo y procedimientos operativos. Reconociendo también que la estadística nos entrega un medio altamente fiable para determinar tamaños apropiados de muestras para establecer límites de control y para encontrar anomalías.

La suposición de que no se puede realizar control de calidad sin dibujar gráficos de control, o que las inspecciones por muestreo son racionales porque se fundamentan en la ciencia estadística, llevan a la gente a olvidar que esos no son más que métodos de inspección modernizados y que no por ello racionalizan garantizar la cantidad. Por lo que no debe haber duda en que la confianza de tales personas en los poderes de la ciencia estadística ha sido un poco excesiva.

Además, el gran avance conceptual representado por las inspecciones informativas se ha oscurecido con la sombra de la estadística inductiva. Como resultado las personas

olvidan las mejoras de la calidad en las inspecciones informativas, esto es, la realización de chequeos al 100% o el incremento en la velocidad en la acción correctiva.

Sistemas de chequeo sucesivo (SuCS):

Una revisión sucesiva ocurre cuando el trabajo de un operador es revisado por el operador siguiente (sucesivo) del flujo productivo.

Un operador que inspecciona algo que ha hecho él mismo, puede ser benevolente en la calidad o, quizá inadvertidamente, ignorar defectos. Una inspección puede realizarse por otro trabajador diferente al que ha hecho el proceso. Si esta tarea se encomienda a la próxima persona, entonces tendremos un sistema de chequeo sucesivo de la siguiente clase:

1. Cuando A termina el proceso de un ítem, lo pasa a B en el proceso siguiente.
2. B primero inspecciona el ítem procesado por A y a continuación realiza el proceso que tiene asignado. Entonces pasa al ítem a C.
3. C primero inspecciona el ítem procesado por B y después realiza el proceso que tiene asignado. Cuando termina su trabajo, pasa el ítem a D.
4. De este modo, cada trabajador sucesivo inspecciona los ítems del proceso anterior.
5. Si se descubre un defecto en un ítem que procede del proceso previo, inmediatamente se retroalimenta a dicho proceso anterior. Allí se verifica el ítem y se corrige el defecto. Se adopta acción para prevenir la ocurrencia de defectos. Mientras se opera esto, la línea se para.

Este tipo de sistema supera ampliamente las deficiencias de los métodos SQCS porque hace posible conducir inspecciones al 100%, se realizan retroalimentaciones y acciones inmediatas, y las inspecciones se realizan por trabajadores distintos a los que han ejecutado el proceso.

Usualmente atrapa cualquier error o defecto desapercibido durante la auto-inspección del primer operario.

Usualmente genera espíritu de cooperación entre operarios y una solución en equipo de los problemas.

Este sistema alcanza el máximo de efectividad cuando se le aplican mecanismo Poka Yoke. Por tanto, estos métodos han conducido a reducciones verdaderamente significativas en los índices de defectos.

Como los sistemas de gráficos de control, este sistema de chequeo sucesivo incluye una variedad de inspecciones informativas. Con todo, seguramente este nuevo método representa un avance conceptual sobre los sistemas de gráficos de control. Otra ventaja de los sistemas de chequeo sucesivo es que pueden aplicarse incluso en casos en los que las inspecciones sensoriales son inevitables.

Sin embargo, a veces, se consiguen pocos éxitos con la aplicación de los sistemas de chequeo sucesivo. Para tratar estos problemas hay que tener presentes los siguientes puntos:

Selección de objetivos de chequeo: Es inapropiado utilizar los chequeos sucesivos para verificar demasiadas cosas. En un análisis final, la verificación de demasiadas cosas disminuirá la efectividad del método y, o bien crecerá el número de cosas que los operadores olvidarían verificar o nada se verificará a fondo.

El hecho de que verificar precisa tiempo significa que, eventualmente, algunos chequeos se descuidarán.

Por lo que es necesario extraer puntos principales de las estadísticas de los defectos descubiertos en el proceso final y limitar el número de puntos a verificar en cada proceso a dos o tres. Consecuentemente se hace un examen de las estadísticas de defectos con el propósito de seleccionar puntos importantes de verificación, teniendo lugar cada dos o cuatro semanas.

Sin embargo, los puntos importantes para la seguridad deben verificarse siempre y deben verificarse los últimos. Esto incluye partes tales como los frenos del automóvil. En los que los defectos pueden ser causa de accidentes.

Retroalimentación y acción correctiva: Dos factores extremadamente importantes en los chequeos sucesivos son la realización de chequeos al 100%, y la rápida ejecución de la retroalimentación y acción correctiva.

Las verificaciones sucesivas significan mucho más que meramente verificar los items en sucesión. Cuando los defectos se descubren, es crítico que los operarios de los procesos previos reciban rápidamente aviso de forma que puedan reconocer los defectos en cuestión y corregir las condiciones operativas en consecuencia. Los defectos nunca se reducirán si los operarios implicados no modifican los métodos operativos cuando ocurren los defectos. Con este fin, las líneas de proceso se paran mientras los mismos operarios hacen las necesarias correcciones. Las líneas no se ponen en movimiento de nuevo hasta que se han completado esas correcciones.

En general, los directores y operarios son reacios a parar las líneas, pero hay tres razones para que tales medidas se adopten:

1. Parar una línea posibilita que los directores identifiquen el proceso afectado rápida y claramente. Pueden entonces ejercitar un liderazgo efectivo de forma que pueden implementarse rápida y efectivamente poderosas mejoras.
2. Cualquier operario estará mucho más atento a su tarea en el futuro por la responsabilidad que siente ante las paradas de la línea.
3. Las pérdidas incurridas por la parada de la línea serán compensadas en exceso por el hecho de que los defectos dejarán de generarse después de una parada temporal.

Fallar en parar la línea y tomar acción correctiva es justamente lo mismo que retrasar los síntomas de una apendicitis poniendo hielo. El hielo actuará, pero el dolor volverá y, eventualmente, se habrá perdido un tiempo considerable. Es mejor cortar el apéndice, porque entonces los síntomas ya que volverán. Por razones como éstas, es extremadamente importante adoptar una acción correctiva básica y profunda cuando aparecen anomalías.

Chequeos basados en inspecciones sensoriales: En casos tales como los defectos de rayado, calidad de pintura, y temas análogos en los que las evaluaciones deben hacerse por medio de inspecciones sensoriales, deben prepararse muestras de límites aceptables y hacerse juicios sobre la base de comparación con esas muestras. Aún entonces, sin embargo, serán difíciles de hacer las evaluaciones en el margen.

Categorías de defectos: Defectos interproceso, que se descubren en la inspección final de un proceso, y los defectos en el proceso final que se descubren en la inspección final de un proceso. En el período inicial, son casi siempre los defectos interproceso los que aumentan. Esto es natural, puesto que los defectos que pasaban inadvertidos en el pasado ahora se descubren. Sin excepción, sin embargo, los defectos en el proceso final se reducen en un 80 o 90 por ciento después del primer mes. Conforme procede la implantación, los defectos interproceso también bajan gradualmente.

En general, la implantación de los chequeos sucesivos procede como sigue:

1. En los primeros 10 días más o menos después de la implantación, los defectos interproceso se incrementan, pero los defectos del proceso final bajan aproximadamente un tercio respecto al nivel anterior.
2. En los 10 días siguientes, los defectos interproceso bajan hasta aproximadamente la mitad de su nivel previo y los defectos del proceso final se reducen aproximadamente a una quinta parte.
3. En los 10 días siguientes (p.e. después de un mes), los defectos interproceso se reducen a una quinta parte y los defectos del proceso final a un décimo de los niveles previos.

Por lo tanto, el incremento inicial de los defectos interproceso debería ser causa de satisfacción porque esto significa que los defectos que pasaban inadvertidos ahora se encuentran.

Consideración a los operarios: Es imperativo conseguir una plena aceptación y comprensión por parte de los operarios en la implantación de los chequeos sucesivos. El fallo de esto profundizará las relaciones interpersonales en el taller creando un atmósfera en la que cada operario siente como si siempre estuviese siendo criticado por el operador del proceso siguiente. Por lo tanto es necesario que cada uno entienda que los errores humanos inadvertidos son más fácilmente detectados por otros y que los operarios se ayuden el uno al otro verificando el trabajo de cada uno.

Sin embargo, muchos operarios prefieren los chequeos realizados por el operador que le sigue en la línea porque tiene la impresión de que es como tener un amigo que les exigen ser cuidadosos, a recibir quejas realizadas por inspectores especializados. Los operadores dicen a menudo que es mejor que se les avise inmediatamente que escuchar quejas mucho tiempo después de haber realizado el trabajo. Apoyan los chequeos sucesivos porque confían en que la identificación de los defectos permite mejoras inmediatas y la reducción de los problemas.

Señales a los directivos: Es importante que los directivos asuman un liderazgo técnico en la capacitación y en la implementación de acciones efectivas para la reducción de defectos.

Una reducción en el número de artículos acumulados para corrección final: Usualmente cuando se utiliza una inspección final y las reparaciones se realizan al final; el acumulamiento hace una mezcla de artículos no terminados. El uso de chequeos sucesivos, por otro lado, significa que los defectos se traten entre procesos. No se mantienen los artículos en el final del proceso y no ocurren problemas de mezcla o desajustes de cantidades. El sistema consigue el resultado adicional de que una caída en el índice de defectos significa un incremento en el número de unidades producidas.

Casos en los que los chequeos no pueden hacerse en el proceso siguiente: Aunque en principio los sistemas de chequeo sucesivo exigen que los chequeos se hagan en el proceso siguiente, puede ser que esto no sea posible en algunas operaciones. En tales casos, no se tiene otra elección que realizar los chequeos en el proceso siguiente más cercano posible.

Sin embargo, cuando los defectos se descubren, es imperativo parar la línea. Los artículos defectuosos se le deben mostrar al operario donde se han originado. Una vez que este operario reconoce el problema, puede mejorar los métodos de proceso.

Adicionalmente, la verificación de las piezas importantes deben realizarse no solamente por el operario del proceso siguiente, sino también por el operario del proceso posterior al siguiente. Este método de la inspección doble es muy efectivo.

Cuando la corrección de los defectos requiere mucho tiempo, un trabajador de reparaciones "fuera de línea" puede hacer el trabajo necesario después de que el operario donde se ha originado el problema ha revisado las circunstancias bajo las que ha ocurrido el defecto.

Puede también ser necesario, realizar chequeos sucesivos seleccionando un artículo cada cinco (o uno cada diez) cuando el ciclo operativo es demasiado rápido.

Principios básicos que fundamentan los métodos de chequeo sucesivo:

1. Conducir siempre inspecciones al 100%.
2. Las evaluaciones sobre defectos se hacen objetivamente por una tercera persona.
3. Cuando ocurre un defecto, la información sobre el mismo se retroalimenta al operador en el que se ha originado el defecto. Este operador toma entonces cuenta de la situación y adopta la acción correctiva.
4. Con esto, el proceso cesa de generar defectos.

Sistema de auto-chequeo (SeCS):

Una auto-chequeo ocurre cuando el operario que efectúa el trabajo lo revisa antes de pasarlo al siguiente proceso.

Aunque son posibles reducciones aceleradas en los índices de defectos con los sistemas de chequeos sucesivos, la naturaleza de la inspección informativa continúa siendo que es deseable una rápida retroalimentación y una acción inmediata. Por esto sería ideal que cada operador implicado realizase inspecciones al 100% para verificar los defectos. Como he dicho anteriormente, sin embargo, durante mucho tiempo se ha sostenido que hay que tomar dos inconvenientes: los operarios pueden ser proclives a hacer juicios sesgados cuando inspeccionan las piezas que ellos mismo han trabajado y, ocasionalmente, tiene alguna tendencia a obviar u olvidar hacerse chequeos a si mismos.

Si fuese posible guardarse contra estos inconvenientes, entonces un sistema de auto-chequeo sería superior a un sistema de chequeo sucesivo. En los casos en los que son posibles las inspecciones físicas, con preferencias a las sensoriales, pueden instalarse mecanismo Poka Yoke en los extremos del proceso, de forma que, cuando ocurran anomalías, la información se ha retroalimentada inmediatamente al operador implicado. Esto posibilita la acción correctiva inmediata, puesto que permite descubrir las anomalías dentro de los procesos en los que ocurren, más bien que en los procesos siguientes. Esta clase de sistemas de auto-chequeo representa un enfoque de más alto nivel que el sistema de chequeo sucesivo, y su utilización puede reducir el índice de defectos aún más.

Esto ha sido probado por los resultados en muchas compañías, quizá en parte porque las personas tienen una resistencia psicológica menor a descubrir las situaciones anómalas por si mismas que a ser señalados por otro. Adicionalmente, teniendo la posibilidad de ver la realidad de una situación anómala por los propios ojos, se permite que uno mismo entienda las verdaderas causas, y pueden determinarse e implementarse contramedidas más efectivas y apropiadas.

Con los chequeos sucesivos puede haber casos en los que las circunstancias asociadas a la generación de defectos se hayan desvanecido ya si la retroalimentación de la información por el operador del proceso siguiente se retrasa algo de tiempo. Entonces las contramedidas pueden ser inadecuadas si los hechos tienen que confirmarse por el operador afectado mediante conjeturas.

En cualquier caso, el uso de métodos de auto-chequeo hace posible conseguir, de una forma extremadamente rápida índices de defectos más bajos que con los métodos de gráfico de control.

Sin embargo los métodos de auto-chequeo tienen el defecto de que son difíciles de utilizar cuando la detección de anomalías depende de métodos sensoriales. Aún así, los métodos de auto-chequeo pueden emplearse en un sorprendente número de casos si hacemos esfuerzos para o bien (1) adoptar técnicas de detección de alto nivel para ítems que precisan absolutamente inspecciones sensoriales, o bien (2) seleccionar condiciones operativas básicas que pueden medirse físicamente. Esto significa que, más bien que permanecer cogidos en las circunstancias presentes, es preferible, con mucho, considerar los problemas desde mucho ángulos y estudiar activamente modos de adopción de sistemas de auto-chequeo.

INSPECCIÓN EN LA FUENTE:

Inspecciones que eliminan los defectos

Las inspecciones en la fuente están basadas en el descubrimiento de errores que originan defectos.

Las inspecciones en la fuente pueden ser descritas como métodos de inspección que, más bien que estimular la retroalimentación y la acción inmediata a los defectos, se basa en la idea de descubrir errores en las condiciones que originan los defectos y realizar el "feedback" y la acción en la fase errónea de forma que se evite que esos errores se tornen en defectos.

Los sistemas de Cero Control de Calidad pueden establecerse combinando estas inspecciones al 100% y retroalimentación y acciones inmediatas. En términos de las medidas prácticas para alcanzar este fin, el uso de mecanismos Poka Yoke es extremadamente efectivo. En consecuencia, son los métodos Poka Yoke los que hacen posible realizar el cero defectos.

Inspecciones en la fuente verticales y horizontales

Las inspecciones en la fuente caen en dos categorías: verticales y horizontales:

Inspecciones verticales: La idea fundamental es llevar el control a los procesos "aguas arriba" en los casos en los que estos contienen las causas de los defectos.

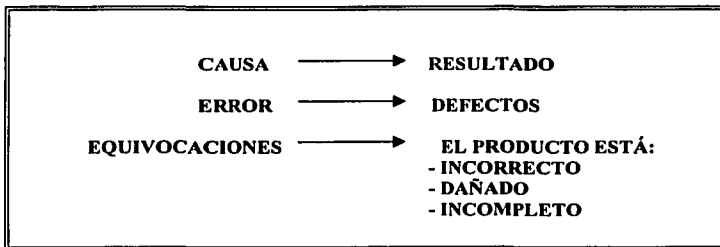
Inspecciones horizontales: Se refieren a un método de inspección basado en la idea de detectar las fuentes de los defectos dentro de los procesos y entonces conducir inspecciones para evitar que los errores se conviertan en defectos.

4.- DEFECTOS VS. ERRORES

El primer paso para lograr "Cero Defectos" es distinguir entre errores y defectos.

"ERRORES Y DEFECTOS NO SON LA MISMO"

- DEFECTOS: son resultados.
- ERRORES: Son las causas de los resultados.



La filosofía de Cero Defectos empieza con esta crucial distinción entre errores y defectos.

ERROR: Acto mediante el cual, debido a la falta de conocimiento, deficiencia o accidente, nos desviamos o fracasamos en alcanzar lo que se debería de hacer.

A continuación se muestra tres ejemplos de distinción:

El Error es:	El Defecto es:
1.- No seleccionar el tiempo apropiado del tostador	1.- Pan quemado
2.- Colocar "al revés" el original en la copiadora	2.- Muchas páginas en blanco
3.- Usar el impresor de un código de fecha sin tinta	3.- Falta de código de flecha en el producto

Un Error es cuando cualquiera de las condiciones necesarias para el proceso correcto, está equivocada o ausente.

Los Diez Errores más comunes (Causas de Defectos):

1. Omisiones de proceso.
2. Errores al procesar.
3. Error al colocar las piezas a procesar (en la máquina).
4. Omisiones del ensamble (partes faltantes).
5. Inclusión de partes equivocadas.
6. Pieza para trabajar equivocadas.
7. Errores de operaciones.
8. Errores de ajuste, medida y/o dimensionales.
9. Error en el mantenimiento del equipo.
10. Error en la preparación de aditamentos y herramientas.

Tipos de defectos

Existen dos tipos principales de defectos:

- *Defectos de procesamiento:* son todos aquellos defectos resultado del proceso.
- *Defectos en materiales:* son todos aquellos defectos resultado de la materia prima.

Dentro de estos tipos puede haber:

- Defectos aislados o defectos que sólo se presenten por condición de error única.
- Defectos seriados o defectos que se presentan con condición de error recurrente.

Categorías de Defectos Comunes

1. Partes/ producto dañado.
2. Partes/ producto Invertido.
3. Materia extraña presente.
4. Partes mal empataadas.
5. Partes desalineadas.
6. Dimensiones equivocadas.
7. Imposible de ensamblar.
8. Resultados inconsistentes de pruebas.
9. Materia prima defectuosa.
10. Materiales o partes equivocadas.
11. Otros...

Algunos Defectos de Manufactura Comunes Ordenados por su Error/Causa

1. Errores de procesamiento

Defectos:

- Placa deforme
- Flecha insertada del lado incorrecto
- Agujeros en posición equivocada
- Partes dobladas al revés
- Cable de calibre irregular
- Material extraño en el cable
- Partes si terminar
- Espaciamiento de botones irregular

2. Errores de ensamble

Defectos:

- Orden de artículos incorrecto
- Cubiertas montadas al revés
- Agujeros de montaje faltantes
- Materiales procesados de distinto tamaño
- Brackets montados al revés
- Tarjetas de circuitos integrados montadas al revés

3.- Errores de montaje

Defectos:

- Partes al revés
- Rayaduras
- Desalineamiento de partes
- Partes mal empataadas
- Partes flojas

4.- Inclusión de partes equivocadas

Defectos:

- Soldadura mal aplicada
- Ensamble fuera de dimensiones
- Producto no funcional

5.- Errores de operaciones

Defectos:

- Capa de pintura insuficiente
- Inserciones en agujeros equivocados
- Inserción de tarjeta de circuitos integrado al revés
- Agujero más profundo que especificado

6.- Omisiones de Ensamble (partes faltantes)

Defectos:

- Disco no gira
- Botador no regresa

7.- Omisiones de proceso

Defectos:

- Avellanado omitido
- Cuñero omitido
- Desbaste insuficiente
- Agujero omitido
- Soldadura omitida

8.- Errores dimensionales

Defectos:

- Agujeros mal ubicados
- Cables de arnés cortos
- Contenedores no llenos

9.- Otros...

Defectos:

- Parte pintada equivocada
- Grasa en lugares equivocados
- Cantidad de partes equivocada

Errores humanos

En cualquier fábrica el ingrediente esencial es la gente. La gente comete equivocaciones. Las equivocaciones pueden producir defectos. No importa qué tanto nos empeñemos en evitar las equivocaciones, tarde o temprano cometeremos una.

Existen básicamente dos actitudes ante el error humano:

- *Los errores son inevitables:* la gente siempre comete equivocaciones. Mientras tendemos a aceptar las equivocaciones como algo natural, culpamos a la gente que las hace. Con este tipo de actitud, más bien se nos escapa cómo van ocurriendo los defectos en producción, y sólo son detectados por la inspección final o, peor aún, por el cliente.
- *Los errores pueden ser eliminados:* Cualquier tipo de equivocación de la gente puede reducirse y hasta eliminarse. La gente comete menos errores si son apoyados por un sistema de producción basado en el principio que considera que los errores siempre pueden evitarse.

Algunos tipos de errores humanos

1. Olvidos

A veces olvidamos cosas al no concentrarnos.

Por ejemplo, el jefe de una estación olvida bajar la barra de alerta en un cruce.

2. Errores debido a falta de entendimiento

En ocasiones cometemos equivocaciones al concluir algo erróneamente antes de familiarizarnos con la situación.
Por ejemplo, una persona no acostumbrada a un auto con transmisión automática pisa el freno pensando que es el clutch.

3. Errores en identificación

A veces evaluamos una situación incorrectamente debido a que la vimos muy rápido o desde lejos.
Por ejemplo, una moneda de \$1.⁰⁰ la confundimos con una de \$2.⁰⁰

4. Errores hechos por principiantes

En ocasiones nos equivocamos debido a nuestra falta de experiencia.
Por ejemplo, un nuevo operario no conoce aún la operación o apenas se esta familiarizando.

5. Errores voluntarios

A veces los errores ocurren cuando decimos que podemos ignorar las reglas bajo ciertas circunstancias.
Por ejemplo, cruzar una calle cuando está la señal de "no camine" debido a que no vemos autos en ese momento.

6. Errores inadvertidos

En ocasiones nos equivocamos sin darnos cuenta.
Por ejemplo, alguien que está perdido trata de cruzar la calle sin percatarse que está la señal de "no camine".

7. Errores debido a la lentitud

A veces nos equivocamos debido a que nuestras acciones se hacen lentas por nuestros retrasos en juzgar algo.
Ejemplo: una persona aprendiendo a conducir se tarda en pisar el freno.

8. Errores debido a falta de estándares

Algunos errores ocurren cuando no hay instrucciones adecuadas o estándares para el trabajo.
Ejemplo: una medida se deja al criterio del operario.

9. Errores sorprendidos

En ocasiones los errores ocurren cuando el equipo corre diferente de lo esperado.
Ejemplo: una máquina falla sin ningún aviso.

10. Errores intencionales

Desafortunadamente, algunas personas comenten equivocaciones deliberadamente, en un intento de sabotaje. Estos son los menos comunes y deben tratarse como casos especiales.

Las equivocaciones pasan por muchas razones, pero casi todas pueden evitarse si tomamos el tiempo para identificar cuándo y por qué pasan, y utilizamos métodos Poka Yoke para protegernos de ellas.

Condición propensa al error (Bandera Roja)

Una condición propensa al error es aquella condición en el producto o proceso que contribuye a , o permite la ocurrencia de errores llamada "Bandera Roja". Ejemplos típicos de condiciones propensas al error son:

1.- Ajustes

Definición:

Ajustes significan los movimientos necesarios para colocar las partes, herramientas o dispositivos en la posición relativa correcta. Cuando, por ejemplo, se posiciona un buril en relación a la pieza a maquinar, se alinean las piezas entre ellas y las referencias necesarias. Como resultado, la herramienta máquina la pieza exactamente. Micro-ajustes significa que necesitamos hacer muchas adaptaciones pequeñas o alineamientos.

Bandera Roja:

Muchas veces hacemos ajustes de acuerdo a lo que nos parece o "sentimos" correcto. Con frecuencia, confiamos en la memoria o en nuestra propia opinión subjetiva (intuición) sobre cómo colocar una pieza, herramienta o aditamento. Si tenemos la suficiente habilidad, tiempo y paciencia, el resultado será correcto. De otra forma, pueden resultar errores por ajustes, seguido por defectos. La posibilidad de errores por ajuste aumenta junto con el número de ajustes.

2.- Herramientas/ Cambios de herramental

Definición:

Herramental se refiere a cualquier parte de trabajo de una máquina. El herramental se requiere cambiar con cierta frecuencia debido a fallas y desgaste, o a que se requiere hacer otra función o especificación diferente.

Bandera Roja:

Un herramental roto o desgastado puede producir piezas defectuosas, pero mucho muchas veces no nos percatamos de tal estado del herramental, y los defectos se producen. Otros errores suceden al cambiar herramientas. Podemos, por ejemplo, seleccionar la herramienta equivocada o instalarla de

forma incorrecta. En la mayoría de los casos, tardamos mucho tiempo ajustándola. Cualquier cambio puede conducir a errores, y éstos a defectos.

3.- Dimensiones/ Especificación/ Condición crítica

Definición:

Una dimensión es una medida (o coordenada) usada para determinar una posición espacial precisa, o localizar una parte u operación. Las dimensiones incluyen: 1) altura, 2) ancho, 3) longitud y 4) profundidad.

Además de esto, las especificaciones o condiciones críticas incluyen temperaturas, presión, velocidad, tensión, así como cantidad y volumen.

Bandera Roja:

El trabajo requiere dimensiones o especificaciones exactas deja poca posibilidad de variación, y por lo tanto, poco espacio para el error. Pero los errores suceden relacionados, por ejemplo, con el nivel de habilidad de operario, características de la máquina y del material, así como de las condiciones de operación.

4.- Muchas partes/ Partes mezcladas

Definición:

Muchas operaciones requieren un amplio rango de partes y, con frecuencia, en diferentes cantidades. La necesidad de partes mezcladas y de muchas partes es especialmente frecuente en áreas de ensamble y subensamble.

Bandera Roja:

Cuando trabajamos con muchas partes y partes mezcladas, es crucial la selección de la parte correcta, en la cantidad correcta. Esto puede ser especialmente difícil, cuando, por ejemplo, las partes son muy parecidas entre sí o están ocultas, durante el ensamble, por otras partes. Siempre existe la posibilidad de error (tipo y cantidad de partes), y no nos percatamos si alguno ya sucedió. De esta forma, los errores producen defectos.

5.- Pasos múltiples

Definición:

Pasos múltiples significa que existen muchas operaciones pequeñas en el curso del trabajo que deben realizarse. Frecuentemente, estos pasos deben seguirse estrictamente en un orden preestablecido.

Bandera Roja:

Cuando hay muchas partes de algo, la oportunidad de errores aumenta. Esto es aún más cierto cuando se deben ejecutar muchos pasos. Unas veces, se olvida uno de los pasos, otras, la secuencia se altera, o se repite un paso innecesariamente.

6.- Producción poco frecuente

Definición:

Producción poco frecuente significa que no se fábrica esa pieza o no se realiza esa operación de manera regular. Por ejemplo, las órdenes de temporada en un taller, tales como fabricación de calentadores domésticos de ambiente, que sólo se producen en otoño y principios de invierno, o los muebles de jardín, que se fabrican en primavera y verano. Algunos pedidos pueden requerir procedimientos únicos que quizás no se repitan nuevamente.

Bandera Roja:

El hecho de que cierta parte no se produzca regularmente, aumenta la posibilidad de olvidar las especificaciones, el procedimiento correcto y cómo hacerlo; como resultado, suceden errores.

7.- Falta de estándares (o inefectivos)

Definición:

Los procedimientos estándares son métodos confiables que describen la manera correcta o más efectiva para hacer algo.

Un método confiable se compone sólo de aquellos elementos que, si no se siguen, resultan en un defecto o desperdicio predecible.

En compañías altamente competitivas, estos métodos existen para todos los niveles de operaciones, como resultado de pruebas y desarrollos cuidadosos, usualmente llevados a cabo con el involucramiento activo de los empleados que los usarán. En otras compañías, sin embargo, los procedimientos no se desarrollan, ni documentan o no se comparten ni se hacen efectivos.

Bandera Roja:

En la ausencia de procedimientos estándares establecidos o cuando los establecidos no son efectivos, los operarios tienden a hacerlo al paso, buscando manejar la situación. Como resultado, los errores, variaciones y descuidos son comunes. Cuando no hay estándares, los operarios nunca pueden estar seguros si un error ha ocurrido, y cuál es el resultado de calidad.

8.- Simetría

Definición:

Simetría significa correspondencia en forma, tamaño y posición relativa de partes en lados opuestos, respecto a una línea divisoria, esto es, los lados opuestos son o parecen idénticos (imagen de un espejo).

Bandera Roja:

En algunas operaciones, la simetría puede causar confusión, si por ejemplo, el lado A y B de una pieza son idénticos, pero sólo el lado B se debe maquinar, es fácil que se machine el lado equivocado. En otros casos, dos lados parecerán idénticos sin serlo, siendo difícil notar la diferencia a simple vista, y entonces puede ocurrir un error.

9.- Asimetría

Definición:

Asimetría significa que los lados opuestos de una parte, herramienta o dispositivo pueden parecer idénticos, pero no lo son. Son diferentes y pueden no corresponder exactamente. Estas diferencias pueden percibirse fácil o difícilmente.

Bandera Roja:

Cuando las diferencias son pocas y por tanto difícil de notar en partes o herramientas, las confusiones y equivocaciones pueden ocurrir. El extremo "X" de una flecha, por ejemplo, debe ser maquinado, pero parece idéntico al extremo "Y", provocando que sea éste el maquinado (por error). Después, cuando otro operario intenta ensamblar la flecha por el extremo "X", se peca del error, y la flecha se envía a la chatarra.

10.- Repetición rápida

Definición:

Repetición significa exactamente la misma acción u operación una y otra vez. Cuando añadimos el término RÁPIDA, significa que la operación se

repite con prontitud, independientemente de que sea manual o por una máquina.

Bandera Roja:

La producción ésta llena de ejemplos de operaciones repetitivas. Cuando se maquinan 100 placas de metal por hora, por ejemplo, buscamos que sea rápido y exactamente de la misma manera. Con frecuencia, no notamos un error si la operación es muy rápida. Aún cuando una máquina ejecute la operación. La repetición puede incrementar la posibilidad de error dramáticamente.

11.- Alto volumen/ Muy alto volumen

Definición:

Alto volumen significa que no sólo es la misma operación repetida rápidamente, además, la cantidad es muy grande. Muy alto volumen se aplica, por ejemplo, a la producción de latas, botellas y papel.

Bandera Roja:

En operaciones de alto volumen, la presión por producir (alcanza las cuotas de producción) puede haber difícil el seguir los procedimientos correctos y evitar defectos. Ya sea producido por una persona o por una máquina, la salida de alto volumen incrementa las posibilidades de errores y de que éstos escapen a la detención.

12.- Condiciones Ambiental

Definición:

Las condiciones ambientales son circunstancias físicas dentro del lugar de trabajo y sus alrededores, que pueden influenciar la calidad y a la mano de obra. Incluyen iluminación, ventilación, limpieza, dirección y densidad del tráfico, incluyendo el tráfico relacionado con el manejo de materiales.

Bandera Roja:

Los factores ambientales pueden disparar errores (hábitos de limpieza pobres, pobre iluminación y ventilación o presencia de materiales extraños tales como rebabas, vapores, polvos o aceites dentro o cerca del lugar de trabajo o del equipo). La transportación excesiva puede producir también errores o daños al producto.

5.- TIPOS DE SISTEMAS POKA YOKE

Los sistemas Poka Yoke van a estar en un tipo de categoría reguladora de funciones dependiendo de su propósito, su función o de acuerdo a las técnicas que se utilicen. Estas funciones reguladoras son con el propósito de poder tomar acciones correctivas dependiendo de el tipo de error que se cometa.

Funciones reguladoras Poka Yoke

Existen dos funciones reguladoras para desarrollar sistemas Poka Yoke:

- *Métodos de control*
- *Métodos de advertencia*

Métodos de control

Existen métodos que cuando ocurren anomalías apagan las máquinas o bloquean los sistemas de operación previniendo que siga ocurriendo el mismo defecto. Estos tipos de métodos tienen una función reguladora, mucho más fuerte, que los de tipo preventivo, y por lo tanto este tipo de sistemas de control ayudan a maximizar la eficiencia para alcanzar cero defectos.

No en todos los casos que se utilizan métodos de control es necesario apagar la máquina completamente, por ejemplo cuando son defectos aislados (no en serie) que se pueden corregir después, no es necesario apagar la maquinaria completamente, se puede diseñar un mecanismo que permita marcar la pieza defectuosa, para su fácil localización; y después corregirla, evitando así tener que detener por completo la máquina y continuar con el proceso.

Métodos de advertencia

Este tipo de método advierte al trabajador de las anomalías ocurridas, llamando su atención, mediante la activación de una luz o sonido. Si el trabajador no se da cuenta de la señal de advertencia, los defectos seguirán ocurriendo, por lo que este tipo de método tiene una función reguladora menos poderosa que la de métodos de control.

En los casos donde una luz advierte al trabajador; una luz parpadeante puede atraer con mayor facilidad la atención del trabajador que una luz fija. Este método es efectivo solo si el trabajador se da cuenta, por lo que es necesario colocar la luz en otro sitio, hacerla más intensa, cambiar de color, etc. Por otro lado el sonido puede atraer con mayor facilidad la atención de la gente, pero no es efectivo si existe demasiado ruido en el ambiente que no permita escuchar la señal, por lo que en este caso es necesario regular el volumen, tono y secuencia.

En muchas ocasiones es más efectivo el cambiar las escalas musicales o timbres, que el subir el volumen del mismo. Luces y sonido se pueden combinar uno con el otro para obtener un buen método de advertencia.

En cualquier situación los métodos de control son por mucho más efectivos que los métodos de advertencia, por lo que los de tipo control deben usarse tanto como sean posibles. El uso de métodos de advertencia se debe considerar cuando el impacto de las anomalías sea mínimo, o cuando factores técnicos y/o económicos hagan la implantación de un método de control una tarea extremadamente difícil.

Clasificación de los métodos Poka Yoke

1. **Métodos de contacto:** son métodos donde un dispositivo sensitivo detecta las anomalías en el acabado o las dimensiones de la pieza, donde puede o no haber contacto entre el dispositivo y el producto.
2. **Método de valor fijo:** con este método, las anomalías son detectadas por medio de la inspección de un número predeterminado de veces.
3. **Método del paso-movimiento:** estos son métodos en el cual las anomalías son detectadas inspeccionando los errores en movimientos estándares donde las operaciones son realizadas con movimientos predeterminados. Este extremadamente efectivo método tiene un amplio rango de aplicación, y la posibilidad de su uso debe de considerarse siempre que se este planeando la implementación de un dispositivo Poka Yoke.

6.- MEDIDORES UTILIZADOS EN EL SISTEMA POKA YOKE

Los tipos de medidores pueden dividirse en tres grupos:

- Medidores de contacto
- Medidores sin-contacto
- Medidores de presión, temperatura, corriente eléctrica, vibración, número de ciclos, conteo, y transmisión de información.

Medidores de contacto

A continuación presentamos explicaciones simples de las funciones de varios medidores de contacto:

Interruptor en límites, micro-interruptores: Estos verifican la presencia y posición de objetos y detectan herramientas rotas, etc. Alguno de los interruptores de límites están equipados con luces para su fácil uso.

El micro-interruptor de límite es un instrumento altamente versátil que combina el tamaño compacto y economía con la facilidad de uso, seguridad y fuerza de un interruptor de límite. Ideal para máquinas de proceso de montaje automático, máquinas de proceso de montaje alimentos, máquinas de empaquetar y otras máquinas para la industria, así como para otras aplicaciones en el área del equipo de ahorro de energía que requieran tamaño compacto, peso ligero y facilidad de uso. El tipo de palanca corta, fácil de usar, está especialmente bien ajustada a situaciones en las que el espacio de montaje es limitado. Además, en desarrollo simultáneo hay un conmutador tipo-sin contacto de dimensiones análogas para responder a los cambios hacia equipo electrónico y sus accesorios mecánicos. Estos últimos pueden montarse para un rango de usos más amplio que nunca.

Las lámparas pequeñas pueden ser de gran valor

Considerables tiempos y problemas están implicados donde la vida operacional de un interruptor de límite está conectada con accidentes serios y especialmente, en los casos en los que los interruptores de límite están montados en lugares elevados, o fuera del punto de actuación del trabajador.

En tales casos entra en juego el tamaño compacto, la precisión, el peso ligero la efectividad, la economía y otras características de los micro-interruptores de límite y sus posibilidades de uso se amplían aun más por su habilidad para verificar movimiento y con la adición de una lámpara para un mantenimiento fácil.

Características:

- 1.- Lámpara de neón de 100v/200v alta intensidad, uso dual . La eficiencia reflectora del portalámparas se ha incrementado, de forma que incluso con 100V, la estructura cortada en rombo de la porción de lentes, permite difundir la luz rindiendo una intensidad suficiente. Adicionalmente, las lámparas de neón son de larga vida, con 20,000 horas o más.
- 2.- Los destellos pueden indicar bien la presencia o la ausencia de movimiento. No obstante su construcción compacta, el casquillo portalámparas lanza destellos con un simple movimiento. Meramente cambiando la dirección de montaje del casquillo, la lámpara puede indicar bien el movimiento o su ausencia.
- 3.- Envoltura estanca de la selección de lámpara. Una estanqueidad superior se provee moldeando lente y cubierta simultáneamente y empastando la cabeza.
- 4.- No se precisan conexiones especiales para los circuitos de lámparas. El uso de un método de conexión con resorte helicoidal significa que las conexiones con los circuitos de lámparas no toman tiempo o producen problemas.

Interruptores de tacto: Se activan al detectar una luz en su antena receptora, este tipo de interruptores pueden detectar la presencia de objetos, posición, dimensiones, etc., con una alta sensibilidad.

Esta caja ligera tipo-control es capaz de controlar en tres modos mecanismos externos. Exhibe evaluaciones tipo "paso o fallo" mediante luces rojas, blancas o verdes y al mismo tiempo activa un relé interno para enviar señales si/no.

Por tanto se emplea en una máquina clasificadora, puede activar solenoides para abrir o cerrar compuertas de salida, y en consecuencia clasificar automáticamente objetos de tres modos. Adicionalmente, puede controlar dimensiones haciendo mediciones continuas de materiales laminados y, si los espesores del material exceden los límites, enviar señales a zumbadores o alertar a los trabajadores para parar las máquinas o alterar las distancias entre rodillos. Aparte de esto, puede medir objetos que están sobrepasando las dimensiones especificadas. Es también capaz de controlar el movimiento de tablas y puestos de herramientas en máquinas herramientas.

Transformador diferencial: cuando se pone en contacto con un objeto, un transformador diferencial capta los cambios en los ángulos de contacto, así como las diferentes líneas en fuerzas magnéticas, esto es de gran ayuda para objetos con un alto grado de precisión.

Trimetron: Un calibrador digital es lo que forma el cuerpo de un trimetron, los valores de los límites de una pieza pueden ser fácilmente detectados, así como su posición real. Este es un dispositivo muy conveniente ya que los límites son seleccionados

electrónicamente, permitiendo al dispositivo detectar las medidas que son aceptadas, y las piezas que no cumplen son rechazadas.

En instrumentos de medición que emplean calibres, micrómetros y calibres de dial, la medición no se puede automatizarse o facilitarse al máximo. Para automatizar los mecanismos de medición, hay que emplear un instrumento que pueda proveer un output electrónico de los resultados de las mediciones. Como mecanismo de esta clase, el trimetron es un calibre de aguja sensitivo que incorpora contactos eléctricos (p.e. interruptores). El mecanismo es capaz de un amplio rango de mediciones automáticas y de funciones de control de máquinas. En respuesta a los tamaños de los objetos que se miden, los contactos eléctricos se toman en posición abierto o cerrado y envían señales a accesorios externos. Estas señales pueden hacer destellar lámparas, indicando si las dimensiones de los objetos están o no dentro de las tolerancias permitidas. También pueden abrir o cerrar puertas de salida para separar automáticamente los productos aceptables de los defectuosos. Otras funciones incluyen parar las máquinas automáticamente cuando los objetos procesados superan las dimensiones especificadas y controlar las acciones de las máquinas leyendo el movimiento en tablas de máquinas herramientas o puestos de herramientas.

Por tanto, el trimetrón es un indicador de señales con contactos montados para enviar señales que discriminan en tres clases las condiciones medidas.

Características:

- Construcción impermeable, duración a prueba de polvo
- Conexión con una caja de luces que permite evaluaciones del tipo paso o fallo que se leen por medio de luces de tres colores rojo, blanco, verde sin necesidad de leer una escala
- Aguja a prueba de golpes
- Contactos capaces de alta resolución para medidas de un micróon

Aplicaciones posibles del trimetrón:

- Puede incrementar la rapidez y reducir el esfuerzo en las inspecciones de gran número de piezas
- Selección automática de tres fases
- Mecanismos de auto-parada de alta precisión combinan el mecanismo de medición automática con motor reversible
- Ajustes de velocidad en tres pasos (gran velocidad/baja velocidad/parada) en respuesta a las dimensiones del mecanizado en torno automáticos
- Verificación continua y mecanismos de alarma (zumbadores, lámparas, etc)
- Mecanismo de verificación multipunto chequea simultáneamente en diferentes localizaciones
- Puede incorporarse en máquinas especializadas

Relevadores de niveles líquidos: Este dispositivo puede detectar niveles de líquidos usando flotadores.

Medidores sin-contacto

Sensores de proximidad: Estos sistemas responden al cambio en distancias desde objetos y los cambios en las líneas de fuerza magnética. Por esta razón deben de usarse en objetos que sean susceptibles al magnetismo.

Los sensores de proximidad, actúan por inducción al acercarlos un objeto metálico, generando de esta forma una señal que puede ser utilizada en sistemas de control microprocesados. Son de estado sólido, y no requieren de contacto directo con el material a sensar.

Sus aplicaciones típicas son: control de cintas transportadoras, control de alta velocidad, detención de movimiento, conteo de piezas, etc.

Interruptores fotoeléctricos (transmisores y reflectores): Interruptores fotoeléctricos incluyen el tipo transmisor, en el que un rayo transmitido entre dos interruptores fotoeléctricos es interrumpido, y el tipo reflector, que usa el reflejo de las luces de los rayos. Los interruptores fotoeléctricos son comúnmente usados para piezas ferrosas, y los de tipo reflector son muy convenientes para distinguir diferencias entre colores. Pueden también detectar algunas áreas por la diferencias entre su color.

Sensores de luces (transmisores y reflectores): Este tipo de sistemas detectores hacen uso de un rayo de electrones. Los sensores de luces pueden ser reflectores o de tipo transmisor.

Sensores de fibras: El funcionamiento electrónico es igual a cualquier otro sensor fotoeléctrico, con la diferencia que la luz emitida y recibida es transportada a través de una fibra óptica, que tiene una terminación muy pequeña y de formas variadas y puede ser instalada lejos del circuito electrónico.

Sensores de áreas: La mayoría de los sensores detectan solo interruptores en líneas, pero los sensores de áreas pueden detectar aleatoriamente interrupciones en alguna área.

Sensores de posición: Son un tipo de sensores que detectan la posición de la pieza.

Sensores de dimensión: Son sensores que detectan deformaciones, grosor y niveles de altura.

Sensores de metales: Estos sensores pueden detectar cuando los productos pasan o no pasan por un lugar, también pueden detectar la presencia de metal mezclado con material sobrante.

Sensores de colores: Estos sensores pueden detectar marcas de colores, o diferencias entre colores. A diferencia de los interruptores fotoeléctricos estos no necesariamente tienen que ser utilizados en piezas no ferrosas.

Sensores de vibración: Estos sensores están diseñados para detectar los pequeños incrementos de desplazamiento lineal que tienen lugar cuando las estructuras o los materiales vibran; pueden detectar cuando un artículo está pasando, la posición de áreas y cables dañados. Estos sensores son útiles en una amplia variedad de aplicaciones, como ensamblajes de discos duros, equipos de inspección y procesos de microelectrónica, análisis de componentes y materiales y diseño de máquinas.

Sensores de piezas dobles: Estos son sensores que pueden detectar dos productos que son pasados al mismo tiempo.

Sensores de rosca: Son sensores que pueden detectar maquinados de roscas incompletas.

Fluido de elementos: Estos dispositivos detectan cambios en corrientes de aire ocasionados por la colocación o desplazamiento de objetos, también pueden detectar brocas rotas o dañadas.

Medidores de presión, temperatura, corriente eléctrica, vibración, número de ciclos, conteo, transmisión de información.

Detector de cambios de presión: El uso de calibradores de presión o interruptores sensitivos de presión, permite detectar la fuga de aceite de alguna manguera.

Detector de cambios de temperatura: Los cambios de temperatura pueden ser detectados por medio de termómetros, termostatos, coples térmicos, etc. Estos sistemas pueden ser utilizados para detectar la temperatura de una superficie, partes electrónicas y motores, para lograr un mantenimiento adecuado a la maquinaria, y para todo tipo de medición y control de temperatura en el ambiente industrial.

Detector de fluctuaciones en la corriente eléctrica: Relevadores métricos son muy convenientes por ser capaces de controlar las causas de los defectos por medio de la detección de corrientes eléctricas.

Detectores de vibraciones anormales: Miden las vibraciones anormales de una maquinaria que pueden ocasionar defectos, es muy conveniente el uso de este tipo de detectores de vibración.

Detectores de conteo anormal: Para este propósito se deben usar contadores, ya sean con relevadores o con fibras como sensores.

Detectores de tiempo y cronometrajes: Cronómetros, relevadores de tiempo, unidades cronometradas, e interruptores de tiempo pueden usarse para este propósito.

Medidores de anomalías en la transmisión de información: Pueden usarse luz o sonido, en algunas áreas es mejor un sonido ya que capta más rápidamente la atención de trabajador ya que si este no ve la luz de advertencia, los errores van a seguir ocurriendo. El uso de colores mejora de alguna manera la capacidad de llamar la atención que la luz simple, pero una luz parpadeante es mucho mejor.

Es importante observar que conforme a la aplicación se toma más tecnológica, el costo también se incrementa, por lo que es necesario hacer es encontrar la solución al problema, no justificar la compra de un dispositivo muy costoso.

7.- METODOLOGÍA PARA DESARROLLAR POKA YOKE

El ciclo de Mejora

Para llevar a cabo un ciclo de Mejora, es importante seguir los pasos ordenadamente, y la participación de cada uno de los integrantes del equipo de trabajo. Se debe de contar con el apoyo de los directivos, y siempre mantenerse los enfoques de la mejora.

A continuación se describen los 4 pasos para el ciclo de mejora:

Paso 1.- Adherencia

Empezamos por apearnos a los procedimientos actuales o a la forma de hacerse las cosas en ese momento.

Paso 2.- Análisis

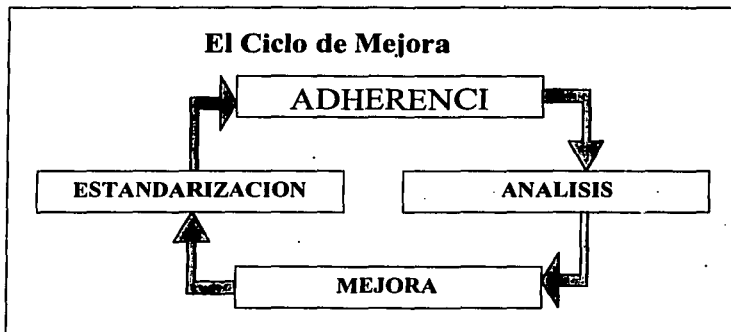
Analizamos qué estamos haciendo y los resultados que estamos obteniendo. Aquí se identifica las causas y consecuencias de los defectos.

Paso 3.- Mejora

Basados en nuestro análisis, tomamos acción de mejora.

Paso 4.- Estandarización

Implantamos y estandarizamos las mejoras exitosas y continuamos el ciclo



Método para desarrollar Dispositivos Poka Yoke

Paso 1: Describe el defecto

Muestre el índice de defectos

Forme un equipo para la prevención de defectos

Paso 2: Identifique los lugares donde:

-Se descubren los defectos

-Se producen los defectos

-Identifique piezas por sus características:

- **Por peso:**

Establezca estándares de peso. Use básculas para identificar piezas defectuosas.

- **Por dimensiones:**

Establezca estándares para longitud, ancho diámetro, etc.

Identifique diferencias del estándar usando topes, switch límites, etc.

- **Por dimensión o forma:**

Establezca estándares por características dimensionales tales como ángulos, depresiones, curvaturas o posición de agujeros. Identifique variaciones del estándar con switch límites, pernos de localización, escantillones.

Paso 3: Detalle los procedimientos/ elementos estándar de la operación donde se producen los defectos.

- **Método de secuencia de procesos:**

El siguiente trabajo no puede ser realizado si la mano de obra o las operaciones de la maquinaria durante un proceso no sigue los procedimientos estándar de trabajo.

- **Método de secuencia proceso-proceso:**

Las operaciones no pueden ser realizadas si uno de los procesos de la línea se ha omitido y/o los procedimientos normales se han seguido.

Paso 4: Identifique los errores o desviaciones de los estándares en la operación donde se producen los defectos.

- **Usando un contador:**

Un número fijo, como el número de operaciones o partes es usado como referencia. Si el número actual difiere del número de referencia, se enciende una alarma.

- **Método de sobrantes:**
Cuando un número de partes ensamblan un lote, se prepara el número exacto de partes necesarias; cuando el lote se completa, las partes sobrantes son señal de errores.
- **Detección de condición crítica:**
Una condición crítica de manufactura como presión, corriente eléctrica, temperatura o tiempo es medida. El trabajo no puede continuar, si el valor no está dentro de un rango predeterminado.

Paso 5: Identifique las condiciones de Bandera Roja donde ocurren los defectos.

Investigue (analice) las causas de cada error/ desviación.
Pregunte por qué sucede el error hasta identificar la fuente del error o la causa raíz.

Paso 6: Identifique el tipo de dispositivo Poka Yoke que se requiere para prevenir el error o defecto.

Enliste alternativas, métodos/ ideas, para eliminar o detener el error.

Paso 7: Elabore un dispositivo Poka Yoke.

Uso de tarjetas en la gráfica Poka Yoke

Se usan tres tipo de tarjetas en la gráfica de Poka Yoke.

1. Tarjeta de Elementos (rosa)--- Paso 3:
Para anotar cada elemento de la operación donde se producen los defectos.
2. Tarjetas Error/ Causa (amarillo)---Paso 4-5:
Para anotar los errores específicos, desviaciones de los elementos estándar u otras posibles causas del defecto.
3. Tarjetas de Ideas (azul)--- Paso 6:
Para anotar ideas para prevenir defectos y que pueden conducir a crear dispositivos Poka Yoke.

Guía para escribir las tarjetas de errores e ideas

- 1.- Escribir sólo el elemento, causa o idea por tarjeta.
- 2.- Sea específico y concreto
- 3.- Utilice ideas completas, una o dos palabras no son suficientes.
- 4.- Anote su nombre y la fecha en la tarjeta.
- 5.- Utilice letra legible.

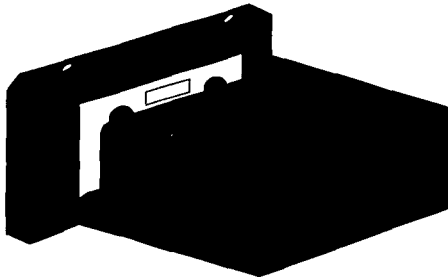
8.- ALGUNAS APLICACIONES Y EJEMPLOS.

Aplicaciones de dispositivos Poka Yoke:

Aplicación 1:

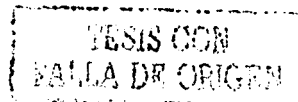
Descripción del proceso: Cuando una reproductora de cassettes se inspecciona, el inspector utiliza una serie de cintas para verificar la ejecución de la unidad. Es importante realizar la inspección en la secuencia adecuada, y que todas las pruebas se realicen.

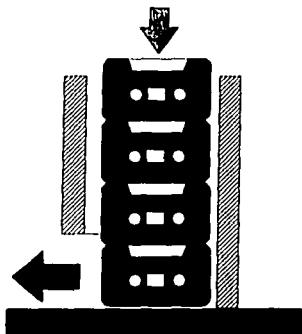
Antes de la mejora: Un contenedor ranurado se usaba para guardar las cintas. Si una de las cintas se colocaba accidentalmente en la mesa de trabajo o era sacada, el inspector podía confundir el avance de la inspección. Los errores ocurrían cuando el inspector asumía que algunas inspecciones esenciales ya se habían realizado, y las pasada por alto.



Restricción de secuencia: Una secuencia es el seguimiento de una cosa después de otra en un orden pre-determinado. Cuando el orden es importante, cualquier cambio u omisión del orden puede resultar en errores costosos. Por lo tanto, encontramos maneras concretas para restringir la secuencia tal que sólo pueda seguir el orden pre-determinado. El orden es con frecuencia un factor clave para doblar, empaçar, ensamblar e inspeccionar. Los dispositivos para restricción de secuencia garantizan que las operaciones se sucederán sólo en el orden pre-determinado.

Después de la mejora: Se desarrolló un despachador de "primeras entradas, primeras salidas", que alimenta las cintas sólo en el orden apropiado para las pruebas. Cuando una cinta se saca para su uso, la siguiente cinta cae, lista para usarse. Cuando una cinta ha sido usada, el inspector la coloca en la parte superior del despachador, manteniendo así, el orden correcto. Los errores en la secuencia de prueba se eliminan completamente.

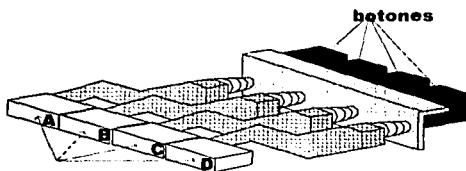




Aplicación 2:

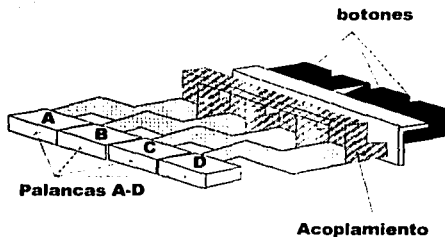
Descripción del proceso: Las palancas de control de una reproductora de cassettes son ensamblados.

Antes de la mejora: Las palancas A, B, C y D se ensamblan por separado. Es difícil diferenciarlas sin una atención considerable, y los defectos ocurren cuando las partes se confunden.



Palancas A-D

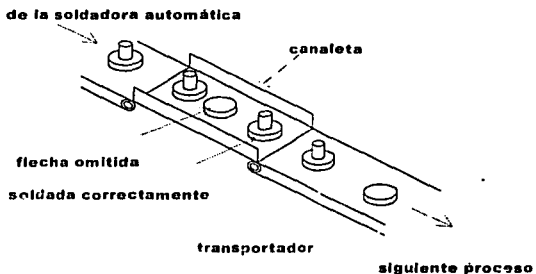
Después de la mejora: las cuatro palancas que eran confundidas cuando se manejaban por separadas. Las palancas se combinan en una unidad por medio de un acoplamiento. Después de ensamblar las palancas en la reproductora, el acoplamiento se retira, eliminando todos los errores de ensamble. Ahora sólo se requiere un número de parte en vez de cuatro, y se ha reducido el tiempo de manejo.



Aplicación 3:

Descripción del proceso: Unas flechas se soldan a bujes en una soldadora automática. A veces, la soldadora no solda las partes por una razón. Los bujes sin soldar deben ser separados de las partes soldadas antes de ensamblar.

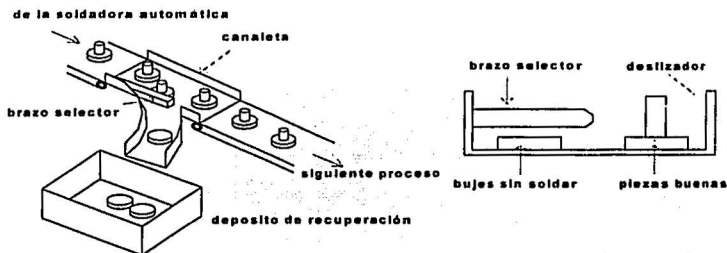
Un trabajador fue asignado especialmente para quitar los bujes no soldados. Aún así, en ocasiones no se detectaron, produciendo ensambles defectuosos. Se han recibido quejas de los usuarios.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Deslizador de detección y entrega: Un deslizador de entrega sirve para enviar piezas a un lugar pre-determinado por gravedad. Debido a que todas las piezas pasan por el deslizador, éste puede utilizarse como medio de inspección de todas las piezas. Haciendo pequeñas modificaciones al deslizador. Éste puede seleccionar y separar las piezas defectuosas antes que lleguen a la siguiente operación. Estos deslizadores de detección pueden utilizarse solos o combinarse con instrumentación especial (sensores, switch límite, etc.).

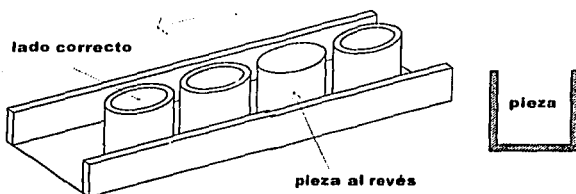
Después de la mejora: Usando el hecho de que un buje sin soldar no tiene flecha, se desarrolló un selector mecánico que saca las piezas defectuosas del deslizador.



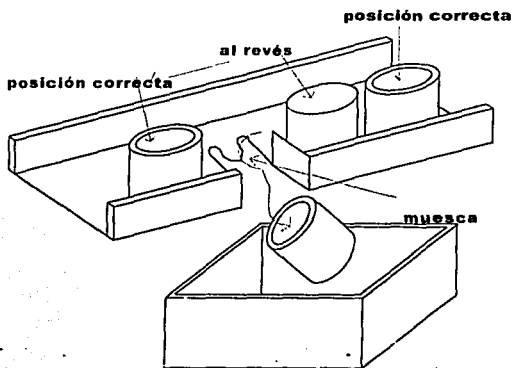
Aplicación 4:

Descripción del proceso: Los procesos anteriores y posteriores a un prensado están eslabonados por un transportador por gravedad. En el proceso siguiente, las piezas se montan en la misma posición en que llegan. Por tanto, las piezas que llegan invertidas a la prensa, la dañarán al tratar de ser procesadas.

Antes de la mejora: Los trabajadores deben observar las piezas alimentadas cuidadosamente y sacar de la línea las piezas incorrectas, algunas piezas siempre se escapan.



Después de la mejora: Se instaló un punto de inspección en un deslizador de entrega que automáticamente saca las piezas que vienen en posición invertida. El punto de inspección tiene una muesca que hace que las piezas invertidas caigan en una caja. Las piezas correcta pasan libremente.



Ejemplos donde sea aplicado el sistema Poka Yoke:

- 1.- Los discos de 3.5 plg. Para computadora no pueden ser insertados al revés gracias a que no son cuadrados y esto no permite su entrada. Al ser insertados al revés, la esquina empuja un dispositivo en la computadora que no permite que el disco entre, lo que evita que este sea colocado incorrectamente.
- 2.- Algunos archiveros podían caerse cuando se abrían 2 o más cajones al mismo tiempo, esto se corrigió colocando un candado que solamente permite abrir un cajón a la vez.
- 3.- A el área de llenado de gasolina se le adaptaron algunos dispositivos a prueba de errores como lo son el tamaño menor del tubo para evitar que se introduzca la pistola de gasolina con plomo; se le puso un tope al tapón para evitar que se cierre demasiado apretado y un dispositivo que hace que el carro no se pueda poner en marcha si el tapón de gasolina no esta puesto.
- 4.- A los automóviles con transmisión automática se les colocó un dispositivo para que no se pueda retirar la llave a menos que el carro esté en posición de Parking. Además no permite que el conductor cambie de posición la palanca de velocidades, si la llave no esta en encendido.
- 5.- Las luces de advertencia como puerta abierta, fluido de parabrisas, cajucla, etc. Se colocaron para advertir al conductor de posibles problemas.
- 6.- Los seguros eléctricos de las puertas tienen 3 dispositivos: Asegurar que ninguna puerta se quede sin seguro; Asegurar las puertas automáticamente cuando el carro excede de 10 km/hm. El seguro no opera cuando la puerta está abierta y el motor encendido.
- 7.- El sistema de frenos antibloqueo (ABS) compensa con los conductores que ponen todo el peso del pie en el freno. Lo que antes era considerado error de manejo ahora es el procedimiento adecuado de frenado.
- 8.- Las nuevas podadoras requieren de una barra de seguridad en la manivela que debe de ser jalada para encender el motor, si se suelta la barra la navaja de la podadora se detiene en 3 segundos o menos. Esta es una adaptación del "dead man switch" de las locomotoras.
- 9.- Los interruptores de los circuitos eléctricos que previenen incendios al cortar la corriente eléctrica cuando existe una sobrecarga.
- 10.- Los lavamanos cuentan con un orificio cerca del borde superior que previene el derramamiento del agua fuera del lavamanos.

11.- Algunas planchas se apagan automáticamente cuando no son utilizadas por unos minutos, o cuando son colocadas en su base sin haber sido apagadas antes.

12.- Las secadoras y las lavadoras de ropa se detienen automáticamente al abrir la puerta.

13.- Los apagadores de luz en los baños de los niños se encienden automáticamente. Cuando el baño ha sido desocupado por algunos minutos la luz se apaga automáticamente. Esto elimina el error de olvidar apagar la luz.

14.- La secadora de cabello montada sobre la pared cuenta con dos botones en ambos lados de switch. La montura en la pared cuenta con dos extensiones que al ser montada en su base la secadora se apaga automáticamente si el usuario no lo hace.

15.- Los estacionamientos techados presentan advertencias de la altura al entrar, para asegurar que el carro que entra al estacionamiento sea de la altura apropiada estos señalamientos cuentan con una lamina que al ser golpeada por el carro se mueve para evitar que este se dañe lo que ocurriría al pegar con el carro la orilla de concreto.

16.- Algunos lavamanos y mingitorios cuentan con un sensor de luz. Estos sensores de luz aseguran que el correr del agua se detenga cuando no están en uso.

17.- Un batíscafo es un submarino de aguas profundas utilizado para explorar las partes más profundas del océano. Esta diseñado para funcionar eléctricamente. Una vez sumergido si la batería o el sistema eléctrico fallara la mejor opción sería regresar a la superficie. Los diseñadores lograron que esto ocurriera deteniendo el contrapeso con fuerza electromagnética. Cuando la energía se pierde, el contrapeso se suelta automáticamente y el submarino empieza su ascenso.

ESTA TESIS NO SALE

CONCLUSIONES

Para las compañías los errores se convierten en defectos y los defectos en reclamaciones del cliente; teniendo la necesidad de emplear herramientas de mejora continua como es el caso del sistema Poka Yoke.

El sistema Poka Yoke es una herramienta para la mejora continua de los procesos, cuya finalidad es la de eliminar los defectos en un producto o servicio ya sea previniendo o corrigiendo los errores que se presenten lo antes posibles.

Las compañías cada vez se enfrentan al reto de ofrecer productos y servicios de mayor calidad y un menor costo. Teniendo un mercado globalizado y competitivo; debido a estas circunstancias se enfocan a mejorar los procesos manufactureros y no manufactureros.

Los procesos que buscan las compañías son robustos; esto quiere decir que sean flexibles, sencillos y confiables. Procesos "a prueba de errores", en donde se lleva a cabo una metodología para la identificación de errores en la fuente, ver que lo ocasiona y buscar una solución. Al tener la solución hay que crear un dispositivo Poka Yoke que no nos permita volver a cometer el mismo error. Estos dispositivos o mecanismos deben ser sencillos, baratos, flexibles y en el lugar donde ocurre el error.

El sistema Poka Yoke posee dos funciones principalmente; una es a través de una técnica de inspección al 100%, y la retroalimentación y la acción tan pronto como el defecto ocurra.

La inspección no debe llevarse a cabo por muestreo, porque los defectos se presentan en cualquier momento del proceso e incrementa el riesgo de tener reclamaciones de los clientes.

Errores y defectos no son lo mismo; los errores son las causas de los resultados y los defectos son resultados.

Es importante fomentar y apoyar a la gente para que las equivocaciones y errores puedan ser evitados y eliminados, empleando métodos de control y advertencia. La gente se siente motivada y los procesos de producción son más efectivos y eficientes; basado en el principio "los errores siempre pueden evitarse".

Para el desarrollo de Poka Yoke es importante la participación de los integrantes del equipo de trabajo y seguir los pasos ordenadamente, y siempre mantener enfoques de mejora.

Poka Yoke debe ser implantado como una filosofía de mejora continua, en donde se vuelva una forma de vida para todo el personal de la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

SHIGEO SHINGO. Poka Yoke "Tecnologías para el cero defecto: Inspecciones en la fuente y el sistema Poka Yoke". Tecnologías de gerencia y producción, Madrid, 1991.

NIKKAN KUGYO. Poka Yoke "Mejorando calidad del producto previniendo defectos". Productivity Press, Massachusetts, U.S.A., 1988.

SHIGEO SHINGO. The Poka Yoke System I Theory .Productivity Press, Portland, Oregon.1990.

SHIGEO SHINGO. Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka Yoke System Productivity Press, Portland, Oregon.1990.

SHIGEO SHINGO. The Poka yoke System II Practical Applications Productivity Press, Portland, Oregon.1990.

ZARI MOHAMED. Administración de la Calidad Total para ingenieros. Panorama editorial, 1993.

SHIGEO SHINGO. El sistema de producción Toyota desde el punto de vista de la ingeniería. 2da. Edición, Productivity Press.

JURAN, J.M. y GRZYNA, GARY S. Análisis y planeación de la calidad. Editorial Mc Graw Hill, México, 1995.

DUNCAN, ACHESON . Control de Calidad y Estadística Industrial. México, Alfaomega, 1989.

JOSEPH C. QUINLAN. Applying Poka Yoke in your Shop. From Quality in Manufacturing.

DEMING CIRCLE. Management Functions, Control functions and Sources Inspection. Development of a new TQC.

GUTIÉRREZ PULIDO, HUMBERTO. Calidad Total y Productividad. México. McGraw-Hill, 1997

*<http://garcial.larc.nasa.gov/dfca/dfc/Pokyok.html>

*<http://www.mfnet.com/poka-yoke.html>

*<http://www.cox.smv.eduligrout/Poka-Yoke.html>