

Recibido: 12 de Mayo de 2011/Aceptado: 30 de Junio de 2011

Publicado en línea: 06 de septiembre de 2011

Sistema Poka - Yoke

José Torres Jaime, Jaime Vázquez Colín, Francisco Javier Castillo Subdiaz, Enrique Contreras Calderón , Roberto Martín Urzúa Rangel, Gabriel Beltran Roman

Universidad Tecnológica Emiliano Zapata del Estado de Morelos, División Académica de Mecánica Industrial. Av. Universidad No.1 Col. Palo Escrito, Emiliano Zapata, Morelos, México. C.P. 62790.

{josetorres, jaimevazquez, franciscojavier, enriquecontreras, robertourzua, gabrielbeltran}@utez.edu.mx.

Resumen. Con este proyecto, se pretende dar a conocer una filosofía de calidad, que muchas empresas del ramo de la confección, farmacéutica, automovilística, etc., están adoptando para mejorar los procesos en sus líneas de producción, esta filosofía de calidad es conocida como Poka-Yoke. En este trabajo se presenta el uso de dicha filosofía mediante el uso del PLC y la computadora ambos equipos conectados en red, mediante el protocolo de comunicación IP.

Palabras Clave: calidad, procesos, producción, poka-yoke, comunicación.

Abstract. With this project, the intention is to publicize a philosophy of quality, that many companies in the branch of the clothing, pharmaceutical, automotive, etc., are taken to improve processes in their production lines, this philosophy of quality is known as Poka-yoke. This paper presents the use of this philosophy through the use of the PLC and the computer both equipment connected to a network, through the communication protocol IP.

Key Words. Quality, processes, production, poka-yoke, communication.

1. Introducción

Poka-yoke es una técnica de calidad desarrollada por el ingeniero japonés Shigeo Shingo en los años 1960's, que significa "a prueba de errores". La idea principal es la de crear un proceso donde los errores sean imposibles de realizar. Un dispositivo Poka-yoke es cualquier mecanismo que ayuda 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 [1].

Cuando no se permite que los errores se presenten en la línea de producción, entonces la calidad será alta y el re-trabajo poco. Esto aumenta la satisfacción del cliente y disminuyen los costos al mismo tiempo. Por esta razón los sistemas Poka-yoke implican el llevar a cabo el 100% de inspección, así como, retroalimentación y acción inmediata cuando los defectos o errores ocurren. Un ejemplo de millones de dólares perdidos por un error evitable por el Poka-yoke lo ha ofrecido la NASA. Debido a la colocación al revés de un interruptor, la sonda Génesis no abrió su paracaídas al volver a la tierra y se estrelló. Si el interruptor estuviese diseñado de forma que fuera imposible de encajar al revés, no se hubiera producido este accidente. Noticia de 20 de octubre de 2004. Otro caso real y reciente es el de la administración de papilla a un bebé neonato a través de una vía dirigida al torrente sanguíneo en lugar de mediante la vía al estómago: las conexiones eran iguales. La entrada de alimentos directamente en sangre causó la muerte

por fallo multiorgánico al bebé. Si las conexiones hubieran sido incompatibles, el fallo humano no habría sido posible. En el contexto de los errores humanos, este trabajo tiene el propósito de dar a conocer una forma de implementar un Poka-yoke en el ensamble de piezas en la industria manufacturera de cualquier tipo donde se manejen piezas muy parecidas para la terminación del producto, utilizando un PLC en red junto con una computadora y su respectivo lector de código de barras.

2. Fundamentos

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 ver figura 1.

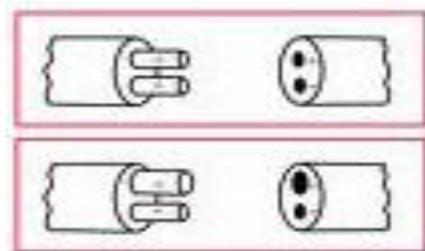


Fig. 1. Conexión polarizada

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. Esto 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. ver figura 2.

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.



Fig. 2. Toma de partes.

La revisión pasiva, como ver o escuchar en silencio, no requiere toda la atención. El Poka-Yoke permite a un operador concentrarse en su trabajo sin la necesidad de poner atención innecesaria en la prevención de errores. Es similar al concepto de automatización basado en procesos automáticos de bajo costo, que suspenden la operación en cuanto esta se ha completado cuando surgen errores [2].

Shingo recomienda los puntos siguientes en la aplicación del Poka-Yoke:

1. Control en el origen, cerca de la fuente del problema; por ejemplo, incorporando dispositivos monitores que adviertan 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 qué 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.
4. No debe retardarse la aplicación de mejoras a causa de un exceso de estudios. Aunque el objetivo principal de 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.

Tipos de errores causados por el factor humano en las operaciones:

1. Olvidar. El olvido del individuo.
2. Mal entendimiento. Un entendimiento incorrecto/inadecuado.
3. Identificación. Falta identificación o es inadecuada la que existe.
4. Principiante/Novatez. Por falta de experiencia del individuo.
5. Errores a propósito por ignorar reglas ó políticas.
6. Desapercibido. Por descuido pasa por desapercibida alguna situación
7. Lentitud. Por lentitud del individuo o algo relacionado con la operación o sistema.

8. Falta de estándares. Falta de documentación en procedimientos o estándares de operación(es) o sistema.
9. Sorpresas. Por falta de análisis de todas las posibles situaciones que pueden suceder.
10. Intencionales. Por falta de conocimiento, capacitación y/o integración del individuo con la operación o sistema.

3. Tipos de Sistemas de Poka-Yoke

Los sistemas Poka-Yoke se encuentran 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 están desarrolladas con el propósito de poder tomar acciones correctivas dependiendo del tipo de error que se cometa.

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 [3].

Métodos de Advertencia

Este tipo de método advierte al trabajador de los errores ocurridos, 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 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.

3.1. Clasificación de los métodos Poka-yoke.

1. Métodos de contacto. Son métodos donde un dispositivo sensitivo detecta los errores 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, los errores son detectados por medio de la inspección de un número específico de movimientos, en casos donde las operaciones deben de repetirse un número predeterminado de veces.

3. Método del paso-movimiento. Estos son métodos en el cual los errores son detectados inspeccionando los movimientos estándares donde las

operaciones son realizadas con movimientos predeterminados.

4. Medidores Utilizados en Sistemas 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

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

- **Relevador 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.
- **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 no 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.** Estos son sensores que utilizan fibras ópticas.
- **Sensores de áreas.** La mayoría de los sensores detectan solo interrupciones 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 si las dimensiones de la pieza o producto son las correctas.
- **Sensores de desplazamiento.** Estos 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.
- **Sensor 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.** Pueden detectar cuando un artículo está pasando, la posición de áreas y cables dañados.
- **Sensor de piezas dobles.** Estos son sensores que pueden detectar dos productos que son enviados al mismo tiempo.
- **Sensores de roscas.** 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, y 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 de la maquinaria, y para todo tipo de medición y control de temperatura en el ambiente industrial.
- **Detectores 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 conteos anormales.** Para este propósito se deben de 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.** Puede usarse luz o sonido, en algunas áreas es mejor un sonido ya que capta más rápidamente la atención del 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 [4].

Ejemplos de dispositivos a prueba de errores:

1. Los discos de 3.5 plg. 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 el 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 la 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, cajuela, 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 18 millas/hora. El seguro no opera cuando la puerta está abierta y el motor encendido.
7. El sistema de frenos antibloqueo (ABS) compensa a los conductores que ponen todo el peso del pie en el freno. Lo que antes era considerado como un 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 ventanas en los sobres previenen que el contenido de una carta sea insertado en un sobre con otra dirección.
13. Las secadoras y lavadoras de ropa se detienen automáticamente al abrir la puerta.
14. 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.
15. La secadora de cabello montada sobre la pared cuenta con dos botones en ambos lados del 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.
16. 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.
17. 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.
18. En la biblioteca de la Universidad Metodista del Sur (SMU) ha sido instalado un sistema de estantes movibles para incrementar la utilización de espacio. Estos estantes cuentan con sensores instalados en el piso para evitar que los estantes se muevan mientras alguien esta parado entre ellos.
19. Un batiscafo es un submarino de aguas profundas utilizado para explorar las partes mas profundas del océano. Esta diseñado para funcionar eléctricamente. Una vez sumergido si la batería o el sistema eléctrico fallara la mejor opción seria 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 [5].

5. Desarrollo

El sistema consiste en la utilización de una computadora personal y un PLC de Festo que pueden ser los modelos, FPC200, FPC400 y los PLC SB202, SF202 y SF3. Los cuales tienen la capacidad de ser conectados en red. Por lo tanto estos dos equipos serán configurados en los protocolos de comunicación IP como sigue:

Primeramente se abre un nuevo proyecto en el software FST4, en donde se seleccionará un tipo de PLC Estándar ver figura 3.

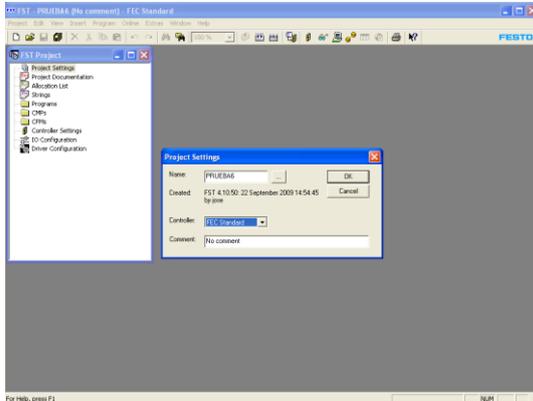


Fig. 3. Definición PLC.

En el menú principal aparece Extras y la opción Preferences, en esta opción aparecerá una ventana como se muestra ver figura 4:

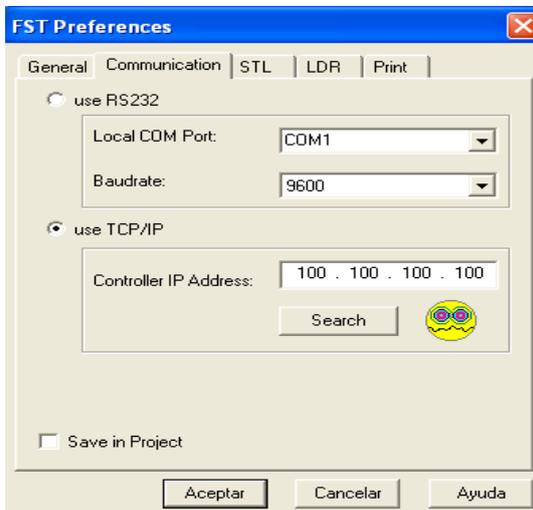


Fig. 4. Configuración IP.

Aquí es donde se aplica el número TCP/IP que se le asignará al PLC, mientras que para la PC se le colocará el consecutivo. Por ningún motivo puede ser cero.

Una vez definidos los protocolos de comunicación, se definen las entradas y salidas a utilizar en el rack de materiales. En este caso se utilizará un rack con cuatro compartimientos y se tendrá para cada compartimiento una lámpara piloto de color verde y un limit switch. En la parte superior del rack, se tendrá una torreta con lámpara piloto verde y roja así como un altavoz ver figura 5.



Fig. 5. Lámpara piloto y limit switch.

Para este rack tenemos cuatro entradas con limit switch definidas como sigue para el PLC de festo:

- I0.0 Limit switch Pieza 1
- I0.1 Limit switch Pieza 2
- I0.2 Limit switch Pieza 3
- I0.3 Limit switch Pieza 4

Estos switches nos van a servir para que el operador al tomar la pieza indicada por la lámpara piloto, se active indicando que se está tomando la pieza correcta, en caso contrario se encenderá el altavoz, y la lámpara roja de la torreta.

Además se definen ocho salidas las cuales corresponden a las lámparas piloto indicativas de la pieza a tomar, las lámparas de la torreta, el altavoz y el paro de línea necesario para corregir la falla. Las

cuales son asignadas las siguientes direcciones:

- 00.0**, Indicación pza 1,
- 00.1**, Indicación pza. 2,
- 00.2**, Indicación pza 3,
- 00.3**, Indicación pza. 4.
- 00.4**, Indicación de sigue ensamble (torreta verde).
- 00.5**, Indicación de error de pieza (torreta roja).
- 00.6**, Indicación de error de pieza (altavoz).
- 00.7**, Paro de línea (se detiene la línea de producción).

Para la identificación de la pieza que se va a tomar en el ensamble, se utilizará un lector de código de barras ver figura 6, donde el operador leerá a través de él, el código que trae la hoja de ensamble, dicha hoja de ensamble contiene la información de las piezas que se deben instalar en el producto.

El lector estará conectado a una PC,



Fig. 6. Lector de código de barras.

desde la entrada minidin conectado desde el teclado. Esta forma de conexión la hace muy factible para proyectos de aplicación muy fáciles de automatizar, ya que se puede utilizar el software de Excel para la lectura por parte del lector de código de barras y utilizar el mismo software para llevar el conteo de las piezas

tomadas o activadas por los switches conectados al PLC ver figura 7. Lo que representa un bajo costo para cualquier aplicación además de poder desarrollarlo tan grande y sofisticada como se quiera.

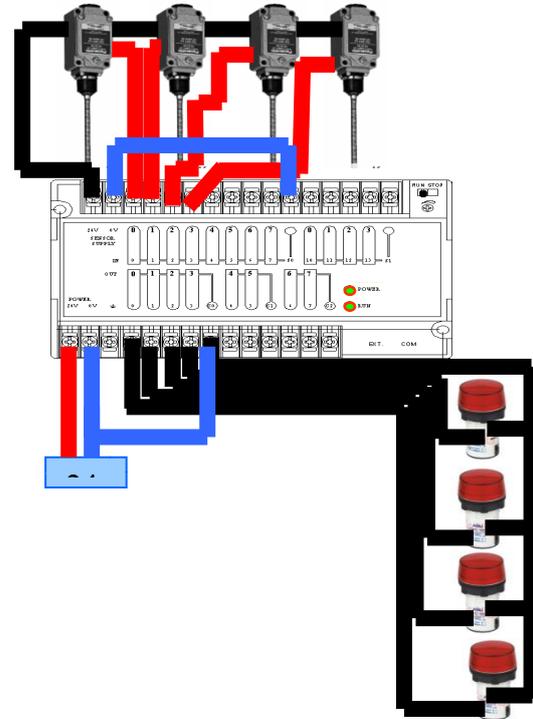


Fig. 7. Conexión PLC.

El sistema en una hoja de Excel quedaría como sigue:

Por lo que el PLC quedará conectado de la siguiente manera: ver figura 8.

Un posible diagrama escalera en el software FST4 de FESTO, quedaría como sigue: ver figura 9.

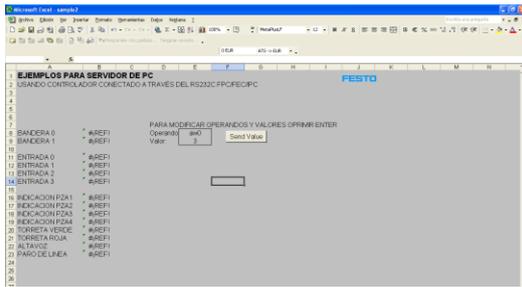


Fig. 8. Hoja de Excel.

6. Conclusiones

En la mayoría de las compañías se han sujeto a una serie de recursos de calidad para mejorar el producto y han aprendido que pueden mejorar dicha calidad de sus productos y servicios más rápidamente cuando se enfocan a mejorar sus procesos.

Un proceso que es flexible, fácil de manejar, y a prueba de errores es un sistema robusto [6]. La clave para llegar a tener cero errores, es identificar la fuente del error, ver que lo ocasiona y buscar una solución. Al tener la solución hay que crear un dispositivo Poka-Yoke que nos permita no volver a cometer el mismo error.

Como se pudo observar en el proyecto, los dispositivos pueden llegar a ser muy simples además de que se puede emplear software existente como el Excel, Visual Basic, C, etc. además se pueden emplear tarjetas de comunicación de tecnología embebida en la que se puede trabajar por puerto USB, Serial, IP e incluso por comunicación XBee, aunque en este trabajo se usa un PLC dicho sistema no necesariamente tiene que ser complicado y costoso. El crear un sistema robusto es anticiparse a las posibles causas y situaciones que puedan generar algún tipo

de problema; lo cual permitirá una fácil adaptación de un dispositivo Poka-Yoke.

Las características principales de un buen sistema Poka-Yoke: Son simples y baratos, son parte del proceso, Son puestos cerca o en el lugar donde ocurre el error [7].

7. Referencias

- [1] Zari M. (1993). *Administración de la Calidad Total para ingenieros*. Editorial Mcgraw Hill.
- [2] Suzaki K. (1987). *The New Manufacturing Challenge*. Editorial The Free Press.
- [3] Omar Al-Araidah, Mohammad Abdel Kareem Jaradat, Wafa Batayneh. *Using a fuzzy poka-yoke based controller to restrain emissions in naturally ventilated environments*. Vol. 37, issue 7, pages 4787-4795.
- [4] Moshe M. Barash. *Improving product quality by preventing defects*. Volume 9, Issue 2, 1990, Pages 178-179.
- [5] Jia-Chi Tsou, Wen-Jinn Chen. *The impact of preventive activities on the economics of production systems: modeling and application*. *Applied Mathematical Modelling*, Volume 32, Issue 6, June 2008, Pages 1056-1065
- [6] Werner A. J. Schippers. *Integrated approach to process control*. *Economics*, Volume 69, Issue 1, 7 January 2001, Pages 93-105
- [7] K. -D. Fröhner, K. Iwata. *Evaluating designing principles of Japanese production system*. *Economics*, Volumes 46-47, December 1996. pp 211-217.



José Torres Jaime.

Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica. Profesor de Tiempo completo de la

UTEZ y miembro del cuerpo académico de mecánica industrial en la línea de automatización y control reconocido por el PROMEP. Participa en asesoría de proyectos de Tesis a nivel ingeniería, a nivel TSU y nivel Técnico bachillerato. Tiene diplomados en competencias docentes y en aplicaciones de automatización y robótica así como en PLC's. 20 años de experiencia profesional en el sector industrial.



Jaime Vázquez Colín,

Ingeniero electro-mecánico con maestría en diseño mecánico. Profesor de tiempo

completo de la UTEZ y miembro del cuerpo académico de mecánica industrial en la línea de gestión y aplicación del conocimiento en ahorro de energía reconocido por el PROMEP. Participa como asesor de proyectos de tesis y de desarrollo tecnológico y capacitación de personal operativo en el sector productivo. Cuenta con dos diplomados relacionados con la consultoría y la educación basada en competencias.



Francisco Javier Castillo Subdiaz.

Ingeniero electro-mecánico, maestría en educación, 10 años de

experiencia profesional en el sector industrial y 11 años de docente.

Actualmente laboro en la universidad tecnológica Emiliano Zapata del estado de Morelos, en la carrera de mantenimiento industrial.



M. C. Enrique Contreras Calderón.

Ingeniero Electromecánico egresado del Instituto Tecnológico de Zacatepec. Estudios de

Maestría en Ciencias en Diseño Mecánico en el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET), actualmente docente de tiempo completo de la Universidad Tecnológica Emiliano Zapata del Estado de Morelos (UTEZ), en la División Académica de Mecánica Industrial.



Roberto Martín Urzúa Rangel.

Ing. Mecánico Industrial, INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AGUASCALIENTES. M.C.

Ciencias de la Ingeniería Mecánica, CENIDET. Estudios Doctorado en Ingeniería de Materiales, CIICAP.

Docente en la UTEZ en Mecánica Industrial, IT Zacatepec en Ciencia Básicas.

Certificación: "Diseño e Impartición de Cursos de capacitación con código en el sistema Normalizado de Competencia Laboral CRCH0542.01 nivel Cuatro"