# BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**COLEGIO DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**TESIS**

# ANÁLISIS DE LOS PROBLEMAS DE LLENADO DE BOTELLAS PARA BEBIDAS, CON AYUDA DE LA HERRAMIENTA POKA-YOKE.

**ASESOR: Dra. MARÍA EMELIA ZAMORA LÓPEZ**

**COASESOR: Dra. MARÍA CATALINA RIVERA MORALES**

**PRESENTA: ALMA ELIA SAN JUAN AGUILAR**

**FECHA DE LA TESIS: MARZO 2015**

# BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**COLEGIO DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**TESIS**

# ANÁLISIS DE LOS PROBLEMAS DE LLENADO DE BOTELLAS PARA BEBIDAS, CON AYUDA DE LA HERRAMIENTA POKA-YOKE.


**ASESOR: Dra. MARÍA EMELIA ZAMORA LÓPEZ**

**COASESOR: Dra. MARÍA CATALINA RIVERA MORALES**

**PRESENTA: ALMA ELIA SAN JUAN AGUILAR**


**FECHA DE LA TESIS: MARZO 2015**

BUAP

Oficio No. FIQ/AC/950/2014
Asunto: Registro de Tema de Tesis

**C. ALMA ELIA SAN JUAN AGUILAR**
**PASANTE**
**DE LA LICENCIATURA EN**
**INGENIERÍA QUÍMICA**
**P R E S E N T E:**

Por medio del presente me permito informarle, de la aprobación del Registro de Tema de Tesis de la Licenciatura en Ingeniería Química cuyo título es el siguiente:

"ANÁLISIS DE LOS PROBLEMAS DE LLENADO DE BOTELLAS PARA BEBIDAS, CON AYUDA DE LA HERRAMIENTA POKA-YOKE"

Con el siguiente contenido:

**INTRODUCCIÓN**

| | |
|---|---|
| **CAPÍTULO 1** | **ANTECEDENTES** |
| **CAPÍTULO 2** | **METODOLOGÍA** |
| **CAPÍTULO 3** | **RESULTADOS Y DISCUSIÓN** |

**CONCLUSIONES**
**BIBLIOGRAFÍA**

Directora de Tesis: Dra. María Emelia Zamora López
Subdirectora de Tesis: M.I. María Catalina Rivera Morales

Lo cual me permito comunicarle para su conocimiento y fines consiguientes aclarando que la vigencia de este tema será **ÚNICAMENTE POR UN AÑO.**

**A T E N T A M E N T E**
**"Pensar Bien, Para Vivir Mejor"**
**H. Puebla de Z., 25 de septiembre del 2014**

**M.I.C. MA. GPE. TITA VÁZQUEZ E. DE LOS MONTEROS**
**SECRETARIA ACADÉMICA**

C.c.p. Directora de Tesis: Dra. María Emelia Zamora López
Archivo.

Facultad de Ingeniería Química
Av. San Claudio s/N, Col. San Manuel, Ciudad Universitaria, Puebla, Pue. C.P. 72570
01 (222) 229 55 00
Ext. 7250 y 7251

# Benemérita
# Universidad Autónoma de Puebla

## FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

### CIUDAD UNIVERSITARIA

ASUNTO:
**AUTORIZACIÓN**
**IMPRESIÓN DE TESIS**

**LIC. Ma. Cristina Laura Gómez Aguirre.**
**Directora de la Administración Escolar**
**De la BUAP.**
**Presente**

Por este conducto me permito presentar a Ud. al C. pasante de la carrera de Ingeniería Química.

**ALMA ELIA SAN JUAN AGUILAR**

Quién presenta como tema de tesis:

ANÁLISIS DE LOS PROBLEMAS DE LLENADO DE BOTELLAS PARA BEBIDAS, CON AYUDA DE LA HERRAMIENTA POKA-YOKE.

La cual ha sido debidamente revisada y se autoriza para su impresión correspondiente.

Sin otro particular y para los fines que se estimen conducentes reitero mi distinción.

ATENTAMENTE
**"Pensar Bien, para Vivir Mejor"**
H. Puebla de Z., a 25 de Marzo de 2015

EZamora

Director de Tesis
Dra.María Emelia Zamora López.

# AGRADECIMIENTOS

## *A DIOS*

*Por permitirme venir a este mundo y ser parte de la familia San Juan Aguilar.*

*Por estar conmigo en cada paso que he dado, por otorgarme las mejores oportunidades en esta vida.*

*Por dejarme despertar cada día con un nuevo amanecer, para poder cumplir con mis objetivos.*

## *A MIS PADRES*

***Crescencio San Juan Flores***

***Elia Aguilar Trujillo***

*A quienes me han heredado el tesoro más valioso que pudiera dársele a un hijo, Amor.*

*A quienes sin escatimar esfuerzo alguno han sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme.*

*A quienes la ilusión de su vida ha sido convertirme en una persona de provecho.*

*A quienes nunca podré pagar todos sus desvelos ni aún con las riquezas más grandes del mundo.*

***POR ESTO, Y MÁS... GRACIAS.***

## *A MI HERMANO Y CUÑADA*

***Isidro  Sanjuan Aguilar***

***María Luisa Barrios Cruz***

*A ellos por ser como mis segundos padres, por sus sabios consejos, sus largas pláticas.*

*Por estar siempre atrás de mi respaldándome, por apoyarme en las decisiones que he tomado, por nunca haberme dejado sola pese a las circunstancias.*

*Pero sobre todo* ***GRACIAS*** *por siempre tratarme como su hija mayor.*

## *A MIS HERMANAS*

***Matilde San Juan Aguilar***

***Gabriela San Juan Aguilar***

*A ellas por ser dos de mis más grandes ejemplos a seguir.*

*Por ser mi inspiración, mi fuerza para salir adelante.*

*Por cuidarme, quererme, apoyarme y estar conmigo en los momentos importantes.*

## *A MIS HERMANOS*

***Isidro, Donato, Paz, Teo, Gonzalo, Crescencio, Adolfo.***

*A ellos por ser mi fuerza, mi impulso mi motivación.*

*Por ser un gran ejemplo de vida, por enseñarme que luchando es una forma de superar las cosas.*

*Por siempre ser tan unidos, y estar siempre fuertes ante las adversidades.*

## *A MIS HERMANOS PEQUEÑOS*

***Isidro Jesús  Sanjuan Barrios***

***Dulce Yared  Sanjuan Barrios***

*Por ser mi alegría, por tener la dicha de compartir con ellos su crecimiento, verlos poco a poco cumplir sus metas.*

*Por ser una más de mis motivaciones y porque a lo largo de más de siete años me han  dejado ser parte de sus vidas y experiencias.*

## *A MIS AMIGAS*

***Angeles Lizet Tlaseca Ibarra***

***Abigail Mora Casimiro***

*A ellas dos por ser las personas más sinceras, las más confiables, las más cercanas, mis mejores amigas.*

*A ellas por estar conmigo, por dejarme ser parte de su vida, por compartir tantas experiencias juntas y nunca dejarme sola.*

*Por escucharme, darme los mejores consejos, que sólo las mejores amigas pueden dar.*

*A ellas por compartir mis locuras, mis tristezas, que desde que las conocí hasta el día de hoy, pese a la distancia siempre nos unirá la complicidad y el cariño.*

## *A MI MEJOR AMIGO Y NOVIO*

### ***César Martínez Olaya***

*A ti, porque desde más de cuatro años que te conozco, te has convertido en la persona más especial de mi vida.*

*Porque no solo eres mi novio, eres mi mejor amigo, porque cada vez que estuve a punto de de abandonar este sueño tú te encargabas de hacerme ver, que tenía que seguir aquí.*

*Porque haz sido la persona con quien más lágrimas y sonrisas he compartido a lo largo de estos últimos años.*

*Por ser mi confidente, por motivarme a seguir, por no dejarme sola, por escucharme, aconsejarme y estar conmigo en los momentos más difíciles, por ser la gran persona que eres conmigo y porque sé que siempre estarás para mí.*

## *A MI ASESORA*

### ***Dra. María Emelia Zamora López***

*Por haber confiado en mí, por estar conmigo desde que iniciamos con este proyecto, hace más de ocho meses.*

*Por haberme dedicado su tiempo, y por estar conmigo hasta el día de hoy.*

*Por no sólo ser una excelente Maestra, también por ser una excelente amiga y persona.*

## ÍNDICE Pág.

**Introducción…….……...1**

## CAPÍTULO 1

**1.- Descripción de materiales para la elaboración de envase……...2**

**1.1.- Desarrollo de nuevos materiales……..2**

**1.2.- Sustitución de otros materiales…….....4**

**1.3.- Evolución del envase de PET……5**

**1.4.- Nuevos diseños…….....6**

**1.5.- Capacidad de embotellado……7**

**1.6.-Tecnologías de llenado……8**

**1.6.1.- A nivel. ……..……..……9**

**1.6.2.- Volumétricas. ……..……10**

**1.6.3.- Ponderales. …….....10**

**1.7.- Proceso de llenado…….....11**

**1.7.1.-Pasos para el sistema de llenado……...…….....12**

**1.7.2.-Etiquetado de las botellas…….....14**

**1.8.- Diagrama de flujo del Proceso……16**

## CAPÍTULO 2

**2.- Diferentes Herramientas de Calidad…….....17**

**2.1.- Surgimiento de la Calidad……17**

**2.2.- Gurús de la Calidad…….……..17**

**2.2.1.-Edward Deming (1922)……18**

**2.2.2.- Philip Crosby (1926)……...20**

**2.2.3. - Kaouru Ishikawa (1915)…….....21**

**2.2.4.- Shigeo Shingo (1909)……23**

**2.3 Herramientas de Calidad……23**

**2.3.1.- Diagrama de Ishikawa……**……24

**2.3.2.- Hoja de Verificación……25**

**2.3.3.- Diagrama de Pareto…….…….……..26**

**2.3.4.- Histograma……26**

**2.3.5.- Diagrama de Dispersión…….....27**

**2.3.6.- 5s…….……28**

**2.3.7.- Poka-Yoke…….….....29**

**2.3.7.1.- Funciones básicas de un Poka-Yoke…….…….....32**

**2.3.7.2.- Mecanismos de detección usados en Poka-Yoke……..…...……33**

**2.3.7.3.- Tipos de Inspección……36**

**2.3.7.4.- Relación entre de un POKA-YOKE e inspección…….....38**

**2.3.7.5.- Métodos de control……38**

## CAPÍTULO 3

**3.-Metodología de Desarrollo y Aplicación de Poka-Yoke……...41**

**3.1.-Problemas comunes dentro del proceso de envasado……..…...…….41**

**3.2.-Identificación de los problemas de llenado en el DFP…….……42**

**3.3.-Elaboración de gráficas con los problemas más representativos…….....43**

**3.3.1.- Bebidas Gaseosas……..44**

**3.3.2.-Agua Embotellada……45**

**3.3.4.-Bebidas con Sabores Frutales…….46**

**3.3.5.-Causas de los problemas en la Línea de Producción……..……...47**

**3.4.- Pasos para la Implementación de un Poka-Yoke……..48**

**3.4.1.- Diseño de un Poka-Yoke….……49**

**3.5.-Conclusiones……51**

**3.6.-Recomendaciones……...…51**

**3.7.-Bibliografía…….……..54**

**3.8.-Anexos……56**

# INTRODUCCIÓN

Con la evolución del ser humano a lo largo de la historia, hemos sido testigos de que todo lo que lo rodea evoluciona junto con él, una de esas grandes evoluciones fue en la forma de vivir que tenía el ser humano prehistórico al actual, al ir cambiando su forma de vida, también fueron cambiando y aumentando las necesidades que este iba adquiriendo.

La evolución más grande de la cual los libros de historia tienen un registro muy claro en sus páginas y por la cual tenemos la vida que actualmente conocemos, fue la Revolución Industrial, que en definición se entiende como el proceso de transformación económico, social y tecnológico, iniciado en la segunda mitad del siglo XVIII en Europa y que se extendió unas décadas después por Estados Unidos y el resto del mundo.

Con este gran cambio surgieron grandes modificaciones en las industrias que en ese tiempo existían, una de esas modificaciones fue la sustitución de la mano de obra humana por máquinas, facilitando las tareas de los obreros, beneficiando económicamente a los dueños de las empresas.

Con la implementación de las máquinas controladas por operarios cambiaría totalmente la forma de producción de las industrias, pasando de ser una producción escasa a ser una producción a gran escala.

Para poder distribuir todo lo que se producia en los diferentes países se tuvo que hacer una expansión del mercado dando origen a la importación y exportación de productos.Pero esta nueva forma de comercio sólo se pudo consolidar con el desarrolló de las nuevas formas de comunicación que ayudarían al transporte de los bienes elaborados de un país a otro, los medios de comunicación o transporte más representativas de esa época fueron el ferrocarril y el barco de vapor *(Escudero, 1997).*

# CAPÍTULO 1

## 1.- DESCRIPCIÓN DE MATERIALES PARA LA ELABORACIÓN DE ENVASE.

### 1.1.- Desarrollo de nuevos materiales.

Al pasar de producción escasa a producción a gran escala, también surgió un gran cambio en los materiales que se usaban para fabricar las envolturas de los artículos que se producian, ya que anterior a la Revolución Industrial algunas envolturas y envases se elaboraban con márfil o piel de animales, esto además de provocar la pérdida de muchas vidas, era costoso y las reservas se iban agotando poco a poco. Dedido a esto en 1860 en Estados Unidos se convoca a un concurso entre los científicos de la época, para que se desarrollara un nuevo material sustituto del márfil, el premio era de 10,000 dólares y el ganador fue John Hyatt que fue el que desarrollo un material llamado celuloide.

La técnica para desarrollar el celuloide no era muy complicada, esta consistía en disolver celulosa, un hidrato de carbono obtenido de las plantas, en una solución que contenía alcanfor y etanol, con este innovador material se comenzaron a elaborar mangos de los cuchillos, las películas cinematográficas (acetatos) armazones de lentes entre algunos otros objetos, este nuevo material era el primero de esa época que se podía ablandar repetidamente siendo moldeado mediante calor, por lo que le dieron el nombre de termoplástico *Instituto Mexicano del Plástico (IMP) (IMP, 1985).*

A partir de la invención, existencia del celuloide los científicos de esa época enfocados a esa área ya no se quedaron satisfechos e iniciaron una serie de nuevos experimentos para tratar de mejorar o desarrollar un nuevo plástico, tal fue el caso Leo Baekeland que en 1907 inventa la baquelita, el cual fue el primer material plástico calificado como termo fijo o termoestable ya que podía ser fundido y moldeado mientras se encontraba caliente, pero su desventaja era que no podía ser ablandado por el calor y moldeado otra vez después de que hubiese fraguado. La baquelita era aislante, resistente al agua a los ácidos y al calor moderado, debido a que contaba con estas características se extendió

rápidamente a nivel industrial para la elaboración de diversos objetos de uso doméstico, también para la elaboración de componentes eléctricos de uso general (*Harold, Bryan, 1987).*

Esta nueva molécula fue la base para que en 1930 químicos ingleses descubrieran que el gas etileno polimerizaba si se le aplicaba cierta acción del calor y presión, formando así un termoplástico totalmente nuevo al que llamaron polietileno (PE). Las investigaciones no podían quedarse ahí, fue 20 años después que descubren el Polipropileno (PP), continuaron con los experimentos para tratar de desarrollar un mejor material del que ya tenían, con estos experimentos de prueba y error se dieron cuenta que al sustituir en el etileno un átomo de hidrogeno por uno de cloruro se produjo el Cloruro de polivinilo (PVC), esta nueva invención colocaría al PVC como el plástico del momento ya que era duro, resistente al fuego y estaba adecuado para cañerías de todo tipo.

Las ventajas del PVC no sólo eran esas, ya que al agregarle diversos aditivos se lograba que su consistencia fuera de un material más blando, con lo que sustituyo al caucho, y comenzó a usarse para la elaboración de ropa impermeable, manteles, cortinas y juguetes (*IMP, 1985).*

Pero no solo en Estados Unidos se estaban desarrollando nuevos materiales, también en otras partes del mundo como en Alemania, que se desarrolló un material muy similar al PVC el poli tetrafluoretileno (PTFE) conocido como teflón, usado para elaborar sartenes antiadherentes, rodillos y artículos variados.

El Poliestireno (PS) también fue desarrollado en esa época este material transparente fue usado para elaborar vasos, botes, hueveras entre otros objetos de uso doméstico. Pero el surgimiento de materiales ya era muy variado, ya existían muchos tipos de plásticos que estaban compitiendo en el mercado y seguían desarrollando nuevo como el nylon que era una fibra artificial, el poliestireno expandido (EPS) que es una espuma blanca rígida usada para embalajes así como para aislamiento térmico.

Con todos estos materiales ya existentes en el mercado, las industrias encargadas de elaborar los envases de los productos que las personas consumían, comenzaron a hacer estudios de que material era el más viable para que lo integraran en sus procesos de fabricación.

Con la implementación de un nuevo material ellos optimizarían el proceso, reducirían su inversión y aumentarían sus ganancias pero el material que eligieron fue el PVC ya que era el más óptimo para elaborar envases, si funciono como ellos esperaban pero estaba teniendo un gran problema que afectaba no solo a los consumidores sino también al medio ambiente, esto provoco que se buscaran otros materiales que sustituyeran al PVC, los cuales fueron el vidrio y el aluminio. Pero la utilización de estos nuevos materiales provocaba una mayor inversión para las industrias encargadas de elaborar envases *(Harold, Bryan, 1987).*

## 1.2.- Sustitución de otros materiales.

Los estudios en el desarrollo de nuevos materiales no se habían quedado en pausa, estos estudios continuaron por décadas, y su mayor desarrollo fue el PET que era el material del primer mundo y que llegaría a sustituir rápidamente al vidrio, aluminio, PVC, Nylon entre muchos otros materiales que las industrias habían implementado en sus procesos.

Esto origino en los procesos una mejora muy notable en la industria del envasado que se ha traducido en una mejora en el impacto del medio ambiente, ya que los materiales usados anteriormente y algunos plásticos dañaban notablemente la atmosfera además significaban costos muy elevados.

La evolución tecnológica los estudios de nuevos materiales y con el desarrollo del tereftalato de polietileno (PET), siendo actualmente uno de los más usados por sus características de resistencia, peso, flexibilidad en su manejo, bajo costo y la mejora sustancial en el impacto medio ambiental del mismo ya que es reciclable *(Williams, James 2012).*

## 1.3.- Evolución del envase de PET.

La primera aparición del PET en el mercado fue entre 1980 y 1981 en España. Desde su aparición hasta nuestros días el envase ha sido una revolución en el mercado y se ha convertido en el envase ideal para la distribución moderna.

Conforme han pasado los años el PET ha sabido ganar mercado en la industria de llenado de cualquier tipo de bebidas refrescantes, en las aguas minerales, en el aceite comestible y en el mundo de los detergentes. Igualmente hoy está desarrollando otros mercados tales como alimentación (láminas para barquetas, envases de salsas,), farmacia, cosmética, licores, etc.

Distintos estudios han demostrado que el envase elaborado de PET es muy competitivo en el consumo de energía y en la disminución de generación de residuos en comparación con otros materiales.

Igualmente el PET tiene una gran versatilidad tecnológica y dependiente del producto a envasar, de las condiciones del mercado (climatología, temperatura, humedad, nivel de automatización y de la calidad del envasado, condiciones de almacenamiento) y de su diseño, permite optimizar el peso del envase y adecuarlo a las necesidades requeridas.

La tecnología de producción de envases ha permitido esta optimización en el peso de los envases sin detrimento de poner en el mercado una amplia colección de diseños atractivamente comerciales.

La botella PET de (400 ml, 600 ml, 1 L, 1.5 L y 2 L) se han convertido rápidamente en una de las áreas de negocio más populares y rentables de la industria de tratamiento de agua e industrias embotelladoras de latino América.

El bajo costo, la versatilidad del material y la amplia gama de bebidas que existen han disparado a la industria de embotellado en el top de la lista de las más prosperas. Las botellas elaboradas de PET se combinan en un excelente rendimiento y las cualidades estéticas que ofrecen grandes ventajas para las plantas embotelladoras. Estas botellas son prácticamente irrompibles, son fáciles

de manejar, transportar y tienen una excelente claridad, diseños únicos, y sobre todo la gran ventaja de que es reciclable (*Clarke 2010).*

**1.4.- Nuevos diseños.**

Durante el siglo XX las plantas embotelladoras de bebidas y agua tuvieron un gran desarrollo ya que anteriormente el formato de las industrias de embotellado era muy pequeño y totalmente nuevo, pero durante este siglo se materializaron muchas tecnologías.

Esto originó un giro dramático para los consumidores, ya que se dió el fácil acceso y portabilidad de las bebidas carbonatadas, las bebidas saludables como "jugos" y las bebidas "naturales", también para las bebidas alternativas, para el agua potable etc. Esto significó un gran ingreso económico en las plantas embotelladoras del nuevo siglo.

Embotelladores progresistas han empezado a mirar más profundamente en la demografía del mercado para identificar los llamados "nichos" de mercado de productos, productos que atraigan a la juventud conscientes de la salud, que pueden exigir un precio superior con los beneficios de ganancias mayores, utilizando los equipos existentes de las plantas embotelladoras de agua y bebidas,

Actualmente la industria de las embotelladoras se ha convertido en altamente rentable, poniendo un sabor limpio, buena calidad en el agua y bebida refrescante a la mano de una persona ya sea en el trabajo, en la escuela, en el gimnasio o en la discoteca.

Una amplia variedad de productos de agua pueden ser procesados por las pequeñas operaciones de formato de embotellado, que van desde agua mineral simple a agua purificada, como producida por ósmosis inversa o destilación al vapor de una gran variedad de productos de agua funcional que se pagan precios excepcionalmente alto en este mercado competitivo y están captando una mayor cuota de mercado (*Mora, 2008).*

## 1.5.- Capacidad de embotellado.

Existen grandes variedades y tamaños de plantas embotelladoras tanto en México como a nivel mundial. La capacidad de una planta embotelladora la define la demanda en el mercado del producto que tenga que embotellar, existe un registro de la capacidad de las plantas embotelladoras más comunes:

a) Plantas *embotelladoras* de botella PET de 1500-2000 botellas/hora
b) Plantas *embotelladoras* de botella PET de 3000-5000 botellas/hora
c) Plantas *embotelladoras* de botella PET de 8000 botellas/hora
d) Plantas *embotelladora*s de botella PET de 18000 botellas/hora
e) Plantas *embotelladora*s de botella PET de 30000 botellas/hora
f) Plantas *embotelladora*s de botella PET de 50000 botellas/hora
g) Plantas embotelladoras de Bidón de 5 galones (19-20 litros)

Estudios realizados demuestran que el mercado de agua embotellada ha crecido a tasas considerables consistentemente durante los últimos 30 años. Los aumentos anuales son de alrededor del 25%.

Desastres naturales como inundaciones, deslaves, sequias han contribuido a que las personas no quieran consumir agua potable por miedo a contraer enfermedades como el Cólera, Salmonelosis, entre otras. Esta inseguridad ha ocasionado que en este tipo de situaciones aumente el consumo de agua envasada.

Es debido a este incremento de consumo y demanda que la empresa Global Water que es considerada como líder en la fabricación y montaje de plantas embotelladoras pequeña capacidad como las que se mencionan en el apartado anterior, hasta las plantas industriales embotelladoras totalmente automatizadas que existen en los países desarrollados, se ha preocupado en conocer el proceso de embotellado más a fondo, haciendo investigaciones acerca de los diversos materiales para elaborar la botella , las diferentes formas en las que se puede

elaborar, los tipos de líquidos con los que se trabaja, ya que se crean productos de múltiples características con aspectos vinculados a la productividad, la precisión, la innovación al proceso tomando en cuenta el costo de la tecnología del mismo proceso, sin olvidar el impacto ambiental que este pueda generar.

Con el desarrollo de nuevos procesos, con equipos más completos y detallados el mercado de las bebidas ofrece hoy oportunidades que pueden aprovecharse por las empresas para posicionarse en un punto privilegiado respecto de la competencia (*Folli, Bolzoni, 2013).*

El desarrollo de nuevos tipos de productos, el crecimiento del mercado de marcas paralelas y la necesidad de distinguirse constantemente tanto en términos de empaque como de formato demuestran tener una gran flexibilidad es un factor absolutamente prioritario.

La condición esencial para que la flexibilidad pueda traducirse en una ventaja real es la eficiencia y la disponibilidad total de la línea de embotellado. Los operarios dentro de una planta embotelladora caen en el error de considerar las maquinas llenadoras como el único centro de la planta. Pero también se deben de considerar todas las propiedades del agua antes y después de entrar al proceso. Tampoco se debe de olvidar las problemáticas de logística interna del establecimiento, para determinar una capacidad real de producción apta para responder a las exigencias de los consumidores (*Williams, James, 2012).*

**1.6.-Tecnologías de llenado.**

El llenado de una botella es muy simple ya que consiste en la transferencia del líquido desde el tanque que lo contiene hacia la misma. Existen tres categorías de llenado de acuerdo a la forma en que se determina el volumen del envase:

1) Llenadoras a nivel.
2) Llenadoras volumétricas.
3) Llenadoras ponderales.

Los sistemas de llenado a nivel están principalmente vinculados a dispositivos de tipo mecánico. Las maquinas Ocme para el sector bebidas utilizan la tecnología de llenado a nivel, además de la volumétrica y ponderal.
En estos dos últimos casos, un sensor (balanza con celda de carga o sensor de caudal másico o magnético, dependiendo de la tecnología aplicada) permite el paso del fluido hacia la botella y lo interrumpe en función de los parámetros de producción programados. Existe en la literatura un tipo de llenadoras volumétricas conocido como "piston-filler": se trata de máquinas principalmente mecánicas en las que se transfiere un cierto volumen de producto mediante la acción de un pistón.

### 1.6.1.- A nivel.

Tradicionales y de aplicación común, en este tipo de llenadoras, el nivel queda determinado por la longitud de la cánula que se introduce en la botella durante la fase de llenado. Modificar el nivel en la botella implica, cambiar la cánula un ejemplo de llenadora de nivel es el que se muestra en la figura 1.

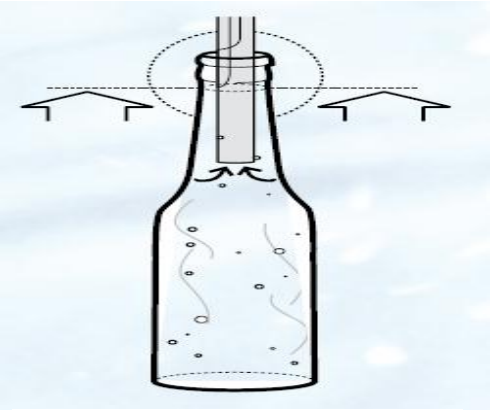

Fig. 1: Llenadora de Nivel

(*Folli, Bolzoni, 2013)*

### 1.6.2.- Volumétricas.

En la figura 2 se muestra un ejemplo de la llenadora volumétrica la cual mide el volumen del producto que entra en la botella mediante un medidor de caudal (sensor magnético o de caudal másico) instalado en cada boca de llenado. Se conocen como “Llenadoras electrónicas”.

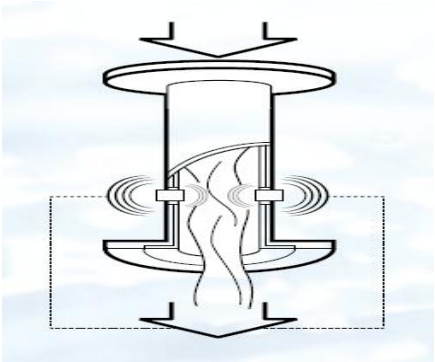

Fig. 2: Llenadora Volumétrica

(*Folli, Bolzoni, 2013)*

### 1.6.3.- Ponderales.

En este tipo de llenadoras se pesa el producto que entra en la botella tras haber calibrado el sensor con la tara correspondiente. Una celda de carga por cada válvula de llenado cumple la función programada. Son las llenadoras electrónicas por excelencia, en la figura número 3 se da el ejemplo de este tipo de llenadora (*Folli, Bolzoni, 2013).*

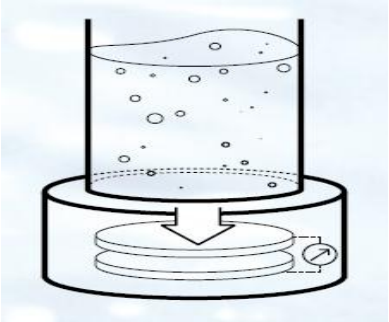

Fig. 3: Llenadoras Ponderales

(*Folli, Bolzoni, 2013)*

## 1.7.- Proceso de llenado.

El proceso de embotellado a nivel industrial puede tener algunas variaciones, estas se dan debido a los equipos que se usen, el modelo de los equipos o inclusive para los tipos de botellas y el material con las que estén elaboradas como por ejemplo con el PET, nylon PVC etc.

Sin tomar en cuenta las anteriores variaciones los procesos de llenado tienen que seguir la misma metodología y orden. Para iniciar el proceso de llenado se debe contar con la botella previamente elaborada en una máquina Inyectora-Sopladora a través del proceso de **inyección-soplado** lo primero que se realiza es la inyección del material en un molde como preforma, esta preforma la determina la embotelladora de acuerdo a la capacidad con la que requiera la botella. Posteriormente, se transfiere ésta al molde final y se procede al soplado con aire comprimido, ya que se ha enfriado, se retira el envase (*Mora, 2008).*

Al tener la botella ya elaborada se inicia el proceso de llenado, donde a través de una banda transportadora se envían las botellas a las maquinas lavadoras, hay varias unidades se someten a un proceso de lavado y esterilización, que garantiza la higiene en el envase que se usará.

Las botellas que provenientes de la máquina de lavado son conducidas por una cinta transportadora al equipo en el cual se llevará a cabo el llenado del producto, durante este recorrido a través de un proceso de secado con aire a presión son secadas por dentro.

Las botellas ingresan a la máquina llenadora donde dan un recorrido de forma circular, yendo secas totalmente por dentro pero aun húmedas por fuera.

La operación de llenado se realiza mediante un sistema el cual contiene válvulas que llenan la botella con el líquido como se muestra en la figura 4 y 5, el producto ha sido llevado previamente a un tanque alimentador. Los pasos para llenar la botella son muy sencillos.

### 1.7.1.-Pasos para el sistema de llenado.

**Paso 1. Elevación de la botella**. Por medio de una fuerza mecánica que hace que suban los gatos neumáticos y empuja las botellas hacia la campana de centrado. El empuje que se realiza por el gato permite que la botella permanezca retenida en la boquilla para evitar su desprendimiento.

**Paso 2: Presurización de la botella y/o llenado.** Se adiciona a la botella $CO_2$ mediante el mando electrónico del grupo de válvulas superior que contiene la maquina envasadora para comunicar la cámara de contra presión con el volumen interno de la botella.

**Paso 3: Llenado**. El producto comienza a descender hacia la botella cuando la presión en su interior iguala la presión de la cámara de contrapresión. El aire desplazado desde el interior de la botella sale a través de la boca inferior de la válvula, esta contiene un deflector instalado en la parte exterior de la boca la cual controla el flujo del producto para impedir que la fuerza con que fluye el producto provoque la formación de torbellinos y de espuma indeseables durante el llenado. El llenado termina cuando el nivel del producto alcanza la cánula en la parte inferior de la boca, obstruyendo el retorno del aire.

**Paso 4: Cierre**. Ya que se termina el llenado, una señal electrónica origina que se desactive la presurización o llenado en la botella como se muestra en las figuras 4 y 5.

**Paso 5: Bajada del gato neumático**. Ya que se alcanzó la presión requerida en este caso la atmosférica, el mecanismo de la maquina llenadora posiciona la botella a la altura de descarga en la banda transportadora para que esta la conduzca a hacia la tapadora.

Fig. 4: Llenadora de bebidas con sabores frutales

(*Folli, Bolzoni, 2013)*

Fig. 5: Llenadora de bebidas gaseosas o carbonatadas

(*Folli, Bolzoni, 2013)*

Las anteriores son llenadoras de nivel las cuales fueron elaboradas por la empresa OCME, esta empresa maneja el modelo HYDRA-N la figura 4 la cual se usa para envasar bebidas frutales o agua, y la llenadora HYDRA-I figura 5 la cual se usa para envasar bebidas carbonatadas o gaseosas (refrescos) (*Folli, Bolzoni, 2013).*

El proceso de envasado para ambas es el mismo, la única diferencia es que si son bebidas frutales (Jugos, te) o agua no aplicamos la FASE 2 del proceso que es donde se ingresa el $CO_2$ (*Folli, Bolzoni, 2013).*

Una vez que la botella ha sido llenada, sale a través de una banda transportadora a un sistema mecánico en el cual se le colocara la tapa, mediante presión para que la botella quede perfectamente sellada.

Después de que ya se tiene la botella sellada, y llenada se transporta a una nueva máquina donde se etiquetará.

Durante el transcurso a través de las cámaras de iluminación, existe un control de calidad donde los trabajadores son los encargados de retirar de la línea de producción las botellas con problemas, esto se aplica cuando el sistema infrarrojo que contienen las cámaras esta averiado, en reparación o simplemente no pueda ser usado.

Este es un sistema muy común dentro de las industrias de envasado de bebidas, fue desarrollado en España en 1990 debido a los diferentes problemas que se estaban presentando al trabajar con el PET, y tuvieron que solucionar estas pérdidas y contratiempos debido a que su consumo aumento *(Turpín, 2011).*

### 1.7.2. Etiquetado de las botellas.

Las etiquetas que se usan son fabricadas por diversos métodos, o herramientas de impresión, algunos de ellos son flexo grafía, serigrafía, offset, impresión digital etc. Esta técnica varía de acuerdo al presupuesto que se tenga para invertir en la elaboración de las etiquetas,

La forma para etiquetar una botella de PET, puede ser muy variada de acuerdo a la forma de la botella, su capacidad o los requerimientos que la empresa tenga, para el etiquetado se necesita una maquina especial que realice el trabajo, las formas más comunes de etiquetar son etiquetado envolvente, etiquetado en frente y dorso, superior e inferior, múltiple, sistema de etiquetado de tres caras y envolvente etc.

El etiquetado que se utiliza para las botellas de bebidas con sabores frutales, bebidas gaseosas y agua, debe tener ciertas características como resistencia al agua, a los productos químicos, a la luz del sol para evitar su decoloración instantánea, y durabilidad hasta que el producto sea consumido y desechado.

Las tres técnicas más comunes que se utilizan en la industria del envasado para el etiquetado de las botellas de PET son la transferencia térmica y la térmica directa.

**Transferencia térmica**: Esta técnica de etiquetado consiste en aplicar en una cinta el calor del cabezal de la impresora, posteriormente el material de dicha cinta impresa es transferido a la etiqueta.

**Transferencia térmica directa**: En esta técnica no se utiliza una cinta ya que se aplica el calor del cabezal directamente sobre la etiqueta, ocasionando que la etiqueta se vuelva negra conforme el proceso de etiquetado avanza.

De las anteriores la que más se usa a nivel industrial es la técnica de transferencia térmica directa, ya que al prescindir de una cinta que cubra la etiqueta los costos son menores y el tiempo de etiquetado también.

Por norma oficial es obligatorio que todas las industrias encargadas del envasado de botellas, tengan su propia etiqueta ya que esta representa seguridad en el producto, al proporcionar los datos de las substancias con las que fue fabricado, la tabla de nutrición, las porciones, en circunstancias especiales si este tiene sustancias dañinas a la salud, además de que cumple la función de identificarlo.

Posteriormente al etiquetado se procede a la máquina donde se le colocará la fecha de caducidad, para bebidas con sabores frutales y bebidas carbonatadas es más necesario que para el agua de consumo cotidiano.

Al tener la botella, llena, tapada, etiquetada, y con la fecha de caducidad si la empresa lo requiere pasa al proceso de empacado o embalaje, donde se hacen los packs de 24 piezas de 12 piezas o de seis, dependiendo de la presentación

que se lance al mercado, además de que así es más fácil su distribución en el país o inclusive si se quiere exportar *(Tarí Guilló, 2000).*

**1.8.- Diagrama de flujo del Proceso.**

La figura 6 que corresponde al diagrama de flujo del proceso de embotellado podemos analizar los pasos que se siguen, desde la elaboración de la botella hasta el almacenamiento del producto terminado.

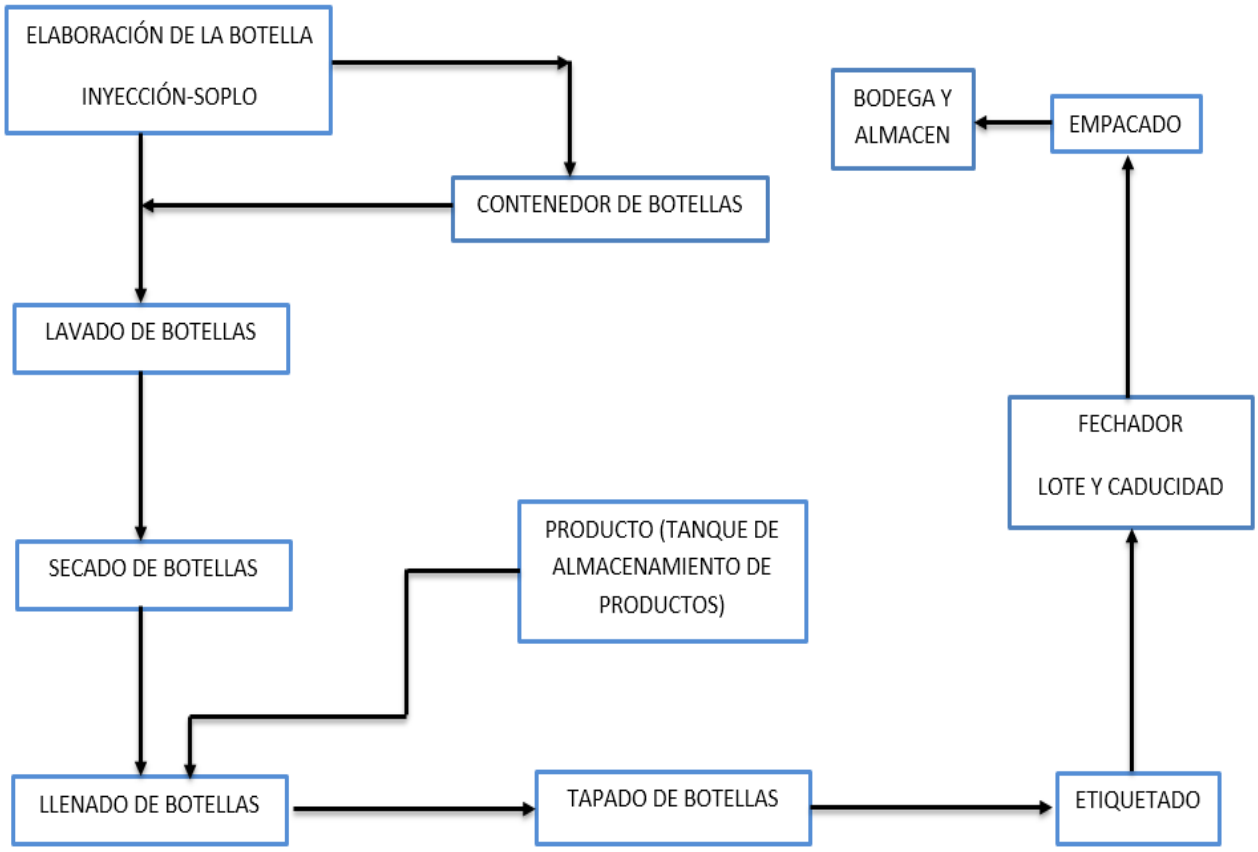


Fig. 6: Diagrama de Flujo del Proceso

*(Elaboración propia)*

# CAPÍTULO 2

## 2.- DIFERENTES HERRAMIENTAS DE CALIDAD.

### 2.1.- Surgimiento de la Calidad.

Calidad es un concepto del cual se tiene conocimiento desde hace muchos años dentro de la industria, pese a que se tiene mucho tiempo usándola para mejorar los estándares de los productos, las herramientas que se utilizan no han cambiado sustancialmente.

Un gran precursor de la calidad a nivel industrial fue Henry Ford, quien pese a que no tenía gran conocimiento de lo que era calidad, su desarrollo personal fue en un ambiente donde ya se exigía la excelencia en la elaboración de bienes y servicios, esto llevo a Henry a darse cuenta que existía una gran gama de trabajo y que podría obtener gran competitividad si se enfocaba en esta área.

Pero es durante el siglo XX que se comienzan a establecer los estándares formales de lo que es calidad. Pero ha sido en las dos últimas dos décadas cuando el desarrollo y el conocimiento que se le ha otorgado a la sociedad de esta misma, ha generado un mercado de consumidores enfocados a la Calidad.

Donde el cliente exige la calidad de un producto, sin conocer a que se refiere la misma, inclusive tienen la idea errónea de que si un producto es costoso tiene alta calidad, o que los estándares con los que fue realizado fueron los mejores *(Ruiz-Falco, 2009).*

#### 2.2.- Gurús de la Calidad.

El desarrollo de la Calidad dentro del marco industrial, y de la vida de las personas ocasiono grandes confusiones, lo cual llevo a un grupo de personas a tratar de explicar cuál era el enfoque principal de esta nueva rama que se estaba desarrollando, hubo muchos filósofos que contribuyeron para una definición más entendible, pero dentro de los importantes son:

- W. Edwards Deming
- Philip Crosby
- Kaoru Ishikawa
- Shingeo  Shingo

Cada uno de estos Filósofos  tenía su propia definición de  Calidad pero en general son dos puntos en cuales todos concuerdan.

a) La primera etapa de Calidad es generar bienes y servicios cuyas características tangibles satisfagan un determinado conjunto de especificaciones previamente establecidas.
b) La segunda etapa de Calidad se enfoca a productos y servicios que satisfacen las necesidades de los clientes para su consumo o su uso.

**2.2.1.-Edward Deming (1922).**

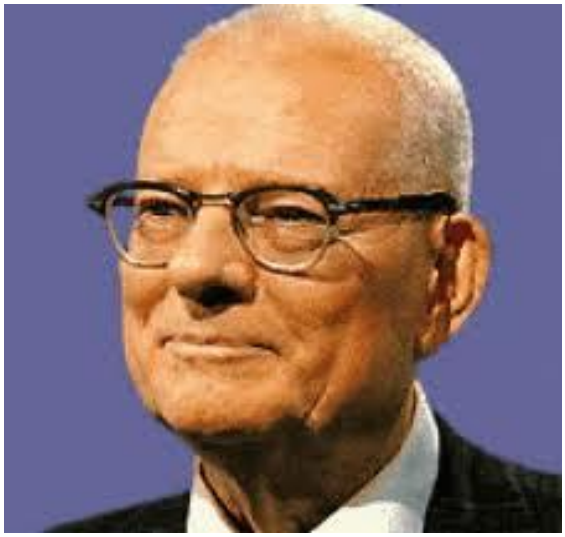

Fig. 7: Edward Deming

(*Deming, 2000).*

En la figura 7 podemos ver una foto de Deming  quien fue unos de los filósofos más importantes de Calidad y quien aportar una definición en la cual establece que “Un producto o un servicio tienen calidad si sirven de ayuda a alguien y disfrutan de un mercado bueno y sostenido” (*Deming, 2000).*

La definición anterior fue retomada por el mismo para desarrollar lo que él llamo "el ciclo de calidad", también se le conoció como el "Espiral de mejora continua" pero debido a que fue desarrollado por Deming en 1980 los japoneses le cambiaron el nombre a **CICLO DE DEMING.**

Este ciclo consta de cuatro pasos que son: Planear, Hacer, Verificar y Actuar, en cada uno de ellos se tiene que hacer lo siguiente.

**"PLANEAR**: Se desarrolla de manera objetiva y profunda un plan con las siguientes preguntas. ¿Qué hacer? ¿Cómo hacerlo?

**HACER**: Se comprueba en pequeña escala o sobre la base de ensayo tal como ha sido planeado. Hacer lo planificado.

**VERIFICAR**: Se supervisa si se obtuvieron los efectos esperados y la magnitud de los mismos y que las cosas pasaron según se planificaron.

**ACTUAR:** De acuerdo al paso anterior, se actúa en consecuencia, ya sea generalizando el plan si dio resultados y tomando medidas preventivas para que la mejora no sea reversible, o reestructurando el plan debido a que los resultados no fueron satisfactorios, con lo que se vuelve a iniciar el ciclo" (*Deming, 2000).*

En la siguiente imagen se muestra cual es la estructura del ciclo de Deming y la simbología que utiliza en cada parte.

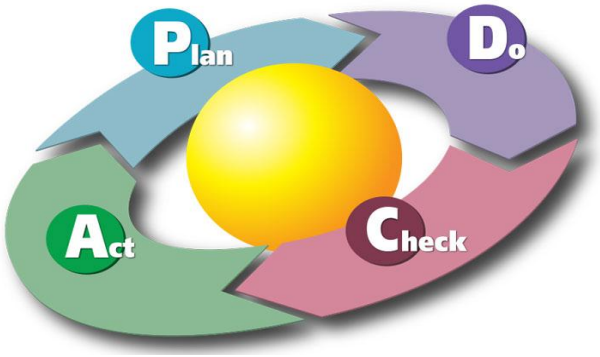


Fig. 8: Ciclo de Deming

(*Deming, 2000)*

### 2.2.2.- Philip Crosby (1926).

Fig. 9: Philip Crosby

*(Crosby, 1997)*

La figura 9 corresponde a una foto del filósofo Crosby, fue uno de los precursores de la estructura de “CEROS DEFECTOS” dentro de la Calidad.

La mayor de sus aportaciones fueron los 14 pasos de Crosby, en los que explica paso a paso la manera en que una organización podía iniciar y continuar su movimiento por la calidad *(Crosby, 1997).*

Estos catorce pasos ayudaron a que no solo el dueño de la empresa comenzara a introducir la calidad, también ayudo a que los trabajadores la comenzaran a adoptar y hacerla parte de sus hábitos de trabajo, los pasos son:

1. “Compromiso de la gerencia.
2. Equipo de mejora de la calidad.
3. Medición de la calidad.
4. Costo de la evaluación de la calidad.
5. Concientización de la calidad.
6. Acciones correctivas.
7. Establecer un comité específico ad hoc para el programa de cero defectos.

8. Capacitación a los supervisores.
9. Día de cero defectos.
10. Fijar metas.
11. Estableciendo de la causa de errores.
12. Reconocimiento.
13. Consejos de calidad.
14. Hacerlo todo de nuevo” *(Crosby, 1997).*

### 2.2.3.- Kaouru Ishikawa (1915).

Fig. 10: Kaouru Ishikawa

(Ishikawa, 1997)

El filósofo Kaouru Ishikawa el de la figura 10, desarrollo una herramienta de calidad que cambiaría la forma de desarrollar los diagramas que en ese tiempo se tenía, este diagrama fue llamado **diagrama de Ishikawa** también diagrama causa y efecto o inclusive espina de pescado.

Es un método grafico que refleja la relación entre una característica de calidad y los factores que posiblemente contribuyan a que exista. Relaciona el efecto con sus causas potenciales (Ishikawa, 1997).

**Ventajas del diagrama de Ishikawa.**

• Hacer diagrama contribuye al aprendizaje en sí también ayuda a que se logre conocer más el proceso o la situación problemática.

• Las causas del problema se buscan activamente y los resultados quedan plasmados en el diagrama.

• Muestra el nivel de conocimiento técnico que se ha logrado sobre el proceso.

• Sirve para señalar todas las posibles causas de un problema y cómo se relacionan entre sí, con lo cual la solución de un problema se vuelve un reto y se motiva así el trabajo por la calidad.

**Pasos para la construcción de un diagrama de Ishikawa**

1. “Definir y delimitar claramente el problema o tema a analizar.

2. Decidir qué tipo de diagrama de Ishikawa se usará.

3. Buscar todas las causas probables, lo más concretas posibles, con apoyo del diagrama elegido y por medio de una sesión de lluvia de ideas.

4. Representar en el diagrama de Ishikawa las ideas obtenidas y analizar el diagrama.

5. Decidir cuáles son las causas más importantes mediante el diálogo.

6. Decidir por qué causas actuar.

7. Preparar un plan de acción para cada una de las causas a investigarse o corregirse” (Ishikawa, 1997).

### 2.2.4.- Shingeo Shingo (1909).

Fig. 11: Shingeo Shingo

*(Shingo, 1986)*

El de la figura 11 es Shingeo Shingo quien fue uno de los contribuyentes importantes a el área de calidad sin ser filoso pero su técnica desarrollada fue bastante aceptable, la técnica se llama Poka-Yoke y consiste en la creación de elementos que detecten los defectos de producción y lo informen de inmediato para establecer la causa del problema y evitar que vuelva a ocurrir, esto se debe inspeccionar en la fuente para detectar a tiempo los errores.

Inspección en la fuente dice que debemos reconocer que los empleados son seres humanos y, como tales, en ciertas ocasiones incurren en olvidos, de modo que es necesario incluir un Poka-Yoke que lo señale, y así se logre prevenir la ocurrencia de errores. Mediante este procedimiento se detiene y corrige el proceso de forma automática para evitar que el error derive en un producto defectuoso *(Shingo 1986).*

### 2.3.-Herramientas de Calidad.

Una herramienta es aquella que fue diseñada o desarrollada con el fin de facilitar el trabajo, de manera tal que ayude a las personas a llevar un mejor control. Si hablamos de herramientas de calidad son aquellas que ayudan a una empresa

para tener un mejor control de sus procesos o inclusive para mejorarlos, dentro de las herramientas más comunes son las siguientes.

**2.3.1.- Diagrama de Ishikawa:** Como vemos se observa en la figura 12 es un diagrama que tiene una estructura parecida a la espina de un pez, consiste en una representación gráfica sencilla en la que puede verse una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar.

Es una de las diversas herramientas surgidas a lo largo del siglo XX en ámbitos de la industria y posteriormente en el de los servicios, para facilitar el análisis de problemas y sus soluciones en esferas como lo son; calidad de los procesos, los productos y servicios (Ishikawa, 1997).

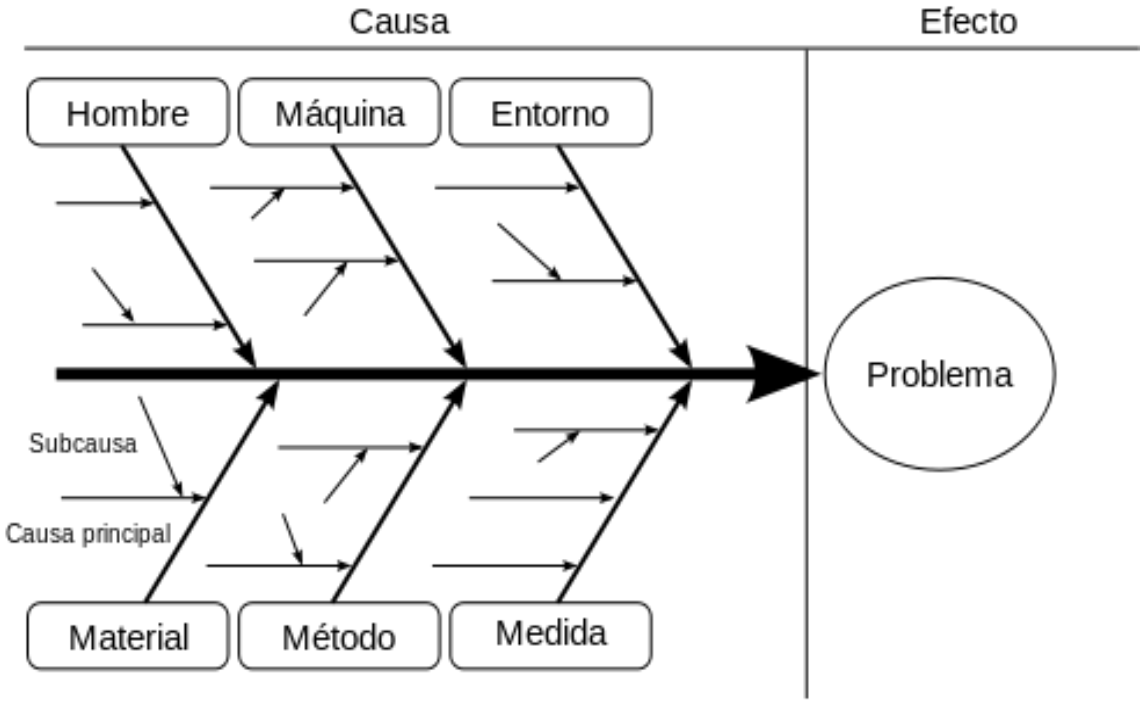


Fig. 12: Ejemplo de Diagrama de Ishikawa

(Ishikawa, 1997)

**2.3.2.- Hoja de Verificación:** También llamada hoja de control o de chequeo, un ejemplo es la Figura 13, la cual es un impreso con formato de tabla o diagrama, destinado a registrar y compilar datos mediante un método sencillo y sistemático, como la anotación de marcas asociadas a la ocurrencia de determinados sucesos.

HOJA DE VERIFICACIÓN No._____

NOMBRE DEL SERVICIO:_____ FECHA:_____

AREA:_____ DELEGACIÓN:_____

ESPECIFICACIÓN:_____ UNIDAD DE ADSCRIPCIÓN:_____

No. DE INSPECCIONES:_____ NOMBRE DEL EMPELADO:_____

OBSERVACIONES:_____ NOMBRE DEL GRUPO:_____

_____ _____

DIMENCIONES

| | 1.5 | 1.6 | 1.7 | 1.8 | 2 | 2.0 | 2.1 | 2.2 | 2.3 | 2.4 | 2.5 | 2.6 | 2.7 | 2.8 | 3 | 3.0 | 3.1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | / | | | | / / | | | | | | |
| 10 | | | | / | | / | / / | / / | | | / / | / / | | | | | |
| 15 | | | | / / | / | / / | / / | / / | / | / / | / / | / / | / | | | | |
| 5 | | / | / / | / / | / / | / / | / / | / / | / / | / / | / / | / / | / / | / / | / | / / | |
| 0 | / | / / | / / | / / | / / | / / | / / | / / | / / | / / | / / | / / | / / | / / | / / | / / | / / |
| | 1 | 2 | 6 | 13 | 10 | 16 | 19 | 17 | 12 | 16 | 20 | 17 | 13 | 8 | 5 | 6 | 2 |

FRECUENCIA O TOTAL

Fig. 13: Ejemplo de Hoja de Verificación

*(Ruiz-Falco, 2009).*

**2.3.3.- Diagrama de Pareto:** Un ejemplo de este diagrama es el de la figura 14, otra forma de llamarlo es como curva 80-20 o distribución C-A-B, es una gráfica para organizar datos de forma que estos queden en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras. Permite asignar un orden de prioridades. El diagrama permite mostrar gráficamente el principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales), es decir, que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos graves. Mediante la gráfica colocamos los "pocos vitales" a la izquierda y los "muchos triviales" a la derecha *(Estuardo, 2012).*

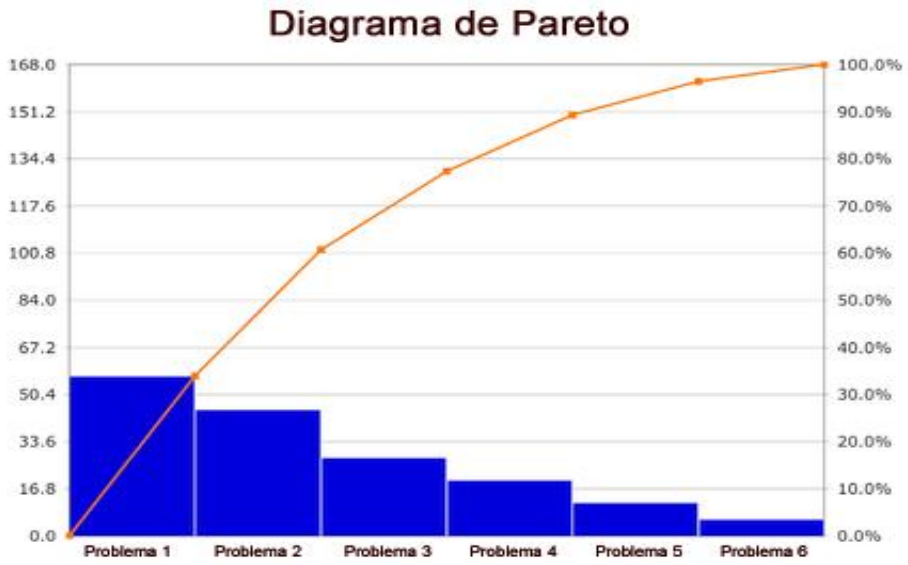


Fig. 14: Ejemplo de Diagrama de Pareto

*(Estuardo, 2012)*

**2.3.4.- Histograma:** En la figura 15 se da un ejemplo donde se observa que un Histograma es una representación gráfica forma de barras, donde la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores representados. En el eje vertical se representan las frecuencias, y en el eje horizontal los valores de las variables, normalmente señalando las marcas de clase, es decir, la mitad del intervalo en el que están agrupados los datos. Los histogramas permiten la comparación de los resultados de un proceso *(Maronna, 2006).*

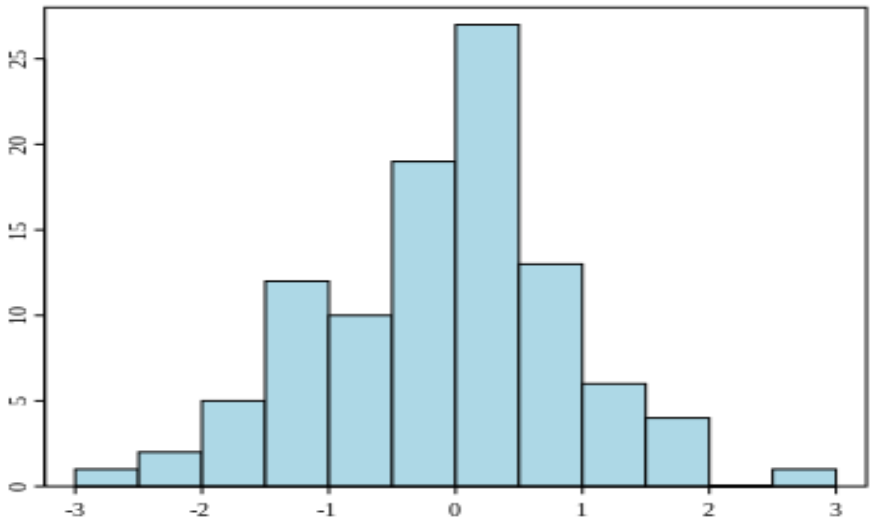


Fig. 15: Ejemplo de Histograma

*(Maronna, 2006).*

**2.3.5.- Diagrama de Dispersión:** En la figura 16 se muestra un ejemplo del cual también es llamado gráfico de dispersión, es un tipo de diagrama matemático que utiliza las coordenadas cartesianas para mostrar los valores de dos variables para un conjunto de datos. Los datos se muestran como un conjunto de puntos, cada uno con el valor de una variable que determina la posición en el eje horizontal y el valor de la otra variable determinado por la posición en el eje vertical *(Estuardo, 2012).*

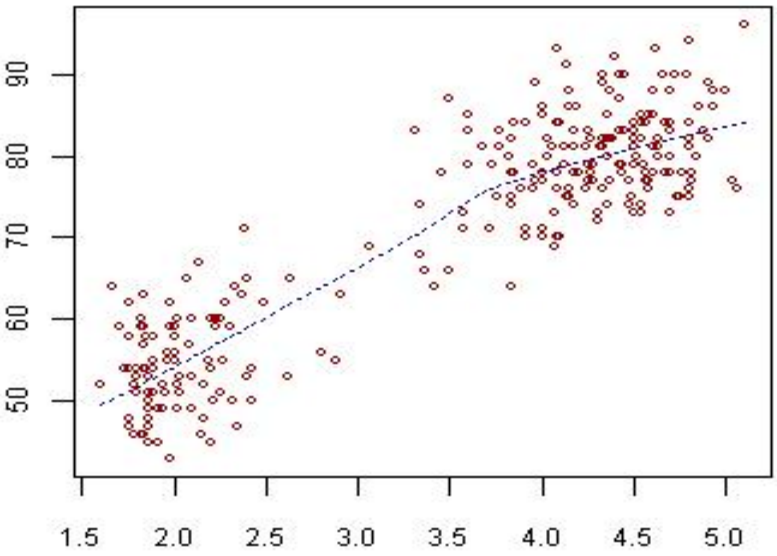


Fig. 16: Ejemplo de Diagrama de Dispersión

*(Estuardo, 2012)*

**2.3.6.- 5s:** Las 5s son otra herramienta de calidad importante, que es aplicada comúnmente en la industria, esta herramienta fue desarrollada en Japón para ser implementada por primera vez en la empresa Toyota, con la cual se buscaba conseguir mejoras duraderas en el nivel de organización, orden y limpieza; además de aumentar la motivación del personal.

Las 5s están escritas en Japonés lo cual su traducción al español es la siguiente:

**Seiri (Eliminar)**. La primera “S” se refiere a eliminar de la sección de trabajo todo aquello que no sea necesario. Este paso de orden es una manera excelente de liberar espacios de piso desechando cosas, además también ayuda a eliminar la mentalidad de "Por Si Acaso".

**Seiton (Orden)**. Es la segunda "S" y se enfoca a sistemas de almacenamiento eficiente y efectivo. "Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar."

- ¿Qué necesito para hacer mi trabajo?
- ¿Dónde lo necesito tener?
- ¿Cuántas piezas de ello necesito?

**Seiso (Limpiar).** Una vez que ya hemos eliminado la cantidad de estorbos y hasta basura, y localizado lo que sí necesitamos, estamos en condiciones de realizar una super-limpieza de la sección. Cuando se logre por primera vez, habrá que hacer una limpieza diaria con el objetivo de conservar el buen aspecto y de la comodidad alcanzada con esta mejora.

**Seiketso (Estandarizar)**. Al implementar las 5S's, nos debemos concentrar en estandarizar las mejores prácticas en cada sección de trabajo. Dejemos que los trabajadores participen en el desarrollo de estos estándares o normas. Ellos son muy valiosas fuentes de información en lo que se refiere a su trabajo, pero con frecuencia no se les toma en cuenta.

**Sitsuke (Disciplina)**. Esta será, la "S" más difícil de alcanzar e implementar, la naturaleza humana es resistir el cambio. La Disciplina consiste en establecer una serie de normas o estándares en la organización de la sección de trabajo. La implantación de la metodología de las 5S's eleva la moral, crea impresiones positivas en los clientes y aumenta la eficiencia de la organización *(Ruiz-Falco, 2009).*

**2.3.7.- Poka-Yoke:** La técnica Poka-Yoke es una técnica de calidad desarrollada por el ingeniero Japonés Shingeo Shingo en los años de 1960´s, significa “a prueba de errores”. La idea principal es crear un proceso donde los errores sean imposibles de realizarse. La finalidad del Poka-Yoke es eliminar los defectos en un producto, ya sea previniendo o corrigiendo los errores que se presenten durante el proceso lo antes posible.

Un Poka-Yoke es un dispositivo diseñado cuidadosamente con el fin de evitar errores en la operación de un sistema. Algunos autores manejan el Poka-Yoke como un sistema anti-tonto, el cual garantiza la seguridad de la maquinaria ante los usuarios y procesos. De esta manera, se previenen accidentes de cualquier tipo. Estos dispositivos fueron introducidos para la empresa Toyota en la década de 1960, por el ingeniero Shigeo Shingo dentro de lo que se conoce como Sistema de Producción Toyota. Aunque con anterioridad ya existían Poka-Yokes, fue hasta su introducción cuando se convirtieron en una técnica importante y reconocida, comúnmente en los controles de Calidad.

Para poder desarrollar la técnica Shingeo realizo muchos estudios con lo cual concluyo que al desarrollar un proceso de producción la causa de los errores estaba en los trabajadores y los defectos en las piezas fabricadas se producían por no corregir aquellos *(Shingo,1986).*

Consecuente con esta información había dos posibilidades u objetivos a lograr con el Poka-Yoke: La primera era imposibilitar de algún modo el error humano; por ejemplo, los cables para la recarga de baterías de teléfonos móviles y dispositivos

de corriente continua sólo pueden conectarse con la polaridad correcta, siendo imposible invertirla, ya que los pines de conexión son de distinto tamaño o forma.

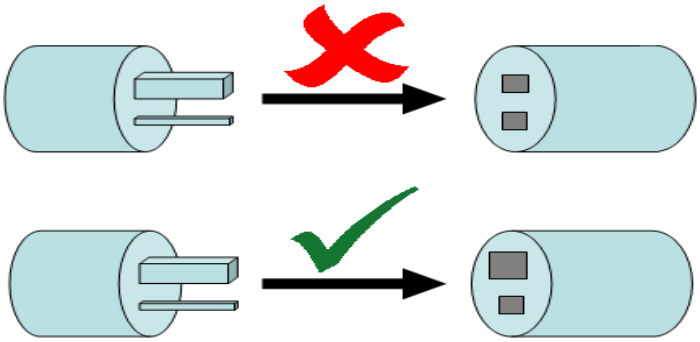

Fig. 17: Ejemplo de error en baterías

*(Shingo,1986)*

En la Figura 17 se observa la forma correcta de elaborar los cables para las baterías de los móviles, así como también la incorrecta la cual fue provocada por un error humano causando pérdidas a la empresa.

Actualmente los Poka-Yoke suelen consistir en:

a) Un sistema de detección, cuyo tipo dependerá de las características a controlar y en función del cual se suelen clasificar.

b) Un sistema de alarma (visual y sonora comúnmente) que avisa al trabajador cuando se produce un error para que lo corrija.

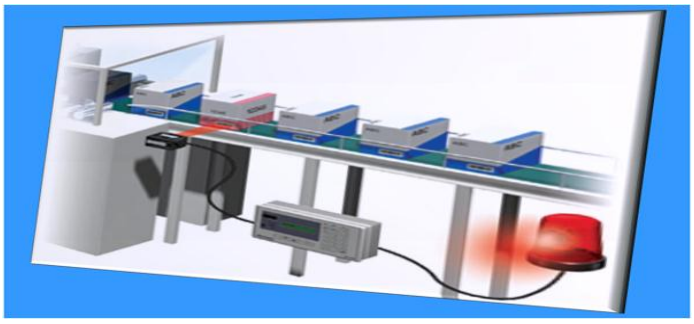

Fig. 18: Ejemplo de Poka-Yoke visual y sonoro

*(Shingo,1986)*

La Figura 18 muestra un dispositivo Poka-Yoke instalado en una banda transportadora, este dispositivo es visual ya que es un semáforo.

La técnica Poka-Yoke está enfocada en eliminar los errores humanos, ya que según su creador son la causa de todos los problemas en los procesos, dentro de los errores humanos más comunes son:

- Olvidos: A veces olvidamos las cosas.
- Falta de entendimiento: Concluimos cosas erróneas sin conocer la situación.
- Errores en identificación: Nos confundimos cuando vemos algo muy rápido.
- Falta de experiencia: Nos equivocamos porno conocer bien la situación.
- Errores voluntarios: Ocurren errores cuando ignoramos las reglas.
- Errores inadvertidos: Nos equivocamos sin darnos cuenta.
- Errores por lentitud: Acciones lentas por retrasos en juzgar algo.
- Falta de estándares: Algunos errores ocurren cuando no hay instrucciones o estándares adecuados.
- Errores por sorpresa: El equipo opera en forma diferente a lo esperado.
- Errores intencionales: Intentos de sabotaje.

Las equivocaciones humanas pueden evitarse si nos tomamos el tiempo de analizar cuándo y porqué pasan y se usan métodos Poka-Yoke para prevenirlos.

Causas de los errores:

- “Procedimientos incorrectos.
- Variación excesiva en el proceso.
- Variación excesiva en materia prima.
- Dispositivos de medición inexactos.
- Procesos no claros o no documentados.
- Especificaciones no claras o incompletas.
- Errores humanos mal intencionados.

- Cansancio, distracción, etc.
- Falla de memoria o confianza." *(Shingo, 1986).*

Los errores pueden ser identificados dentro de un proceso, si se cuenta con los dispositivos Poka-Yoke correctamente Instalados, los podemos encontrar:

- Antes de que ocurran: Predicción o Prevención
- Después de que ocurran: Detección

La tabla 1 muestra las medidas que se deben tomar cuando ya se ha identificado un error dentro del proceso.

Tabla 1. Medidas a tomar después de haber identificado un error en el proceso.

| TÉCNICA | PREDICCIÓN | DETECCIÓN |
|---|---|---|
| Cese de actividades | Cuando un error está por ocurrir. | Cuando un error o defecto ya ha ocurrido. |
| Control | Los errores son imposibles. | Los artículos defectuosos no pueden moverse a la Siguiente operación. |
| Advertencia | Cuando algo está a punto de fallar. | Inmediatamente cuando algo está fallando. |

**2.3.7.1.- Funciones básicas de un Poka-Yoke.**

Un sistema Poka-Yoke posee dos funciones, una es la de hacer la inspección del 100% de las partes producidas, y la segunda es si ocurren anormalidades puede dar retroalimentación y acción correctiva.

Los efectos del método Poka-Yoke en reducir defectos va a depender en el tipo de inspección que se esté llevando a cabo, ya sea en el inicio de la línea, auto-chequeo, o chequeo continúo.

Los efectos de un sistema Poka-Yoke en la reducción de defectos varían dependiendo del tipo de inspección.

a) Paro (Tipo A):

Cuando ocurren anormalidades mayores, evitan cierre de la máquina, interrumpen la operación. En algunos casos el operador tiene disponibles interruptores que paran el proceso total, si detecta errores mayores.

b) Advertencia (Tipo B):

Cuando ocurren anormalidades menores. Indican con luces o alarmas para llamar la atención del personal. Es necesario regular intensidad, tono y volumen. Los defectos continúan ocurriendo hasta que se atienden, algunos separan el producto defectuoso *(Shingo, 1986).*

**2.3.7.2**.- **Mecanismos de detección usados en Poka-Yoke**.

**2.3.7.2.1.- Métodos de contacto**: Estos métodos incluyen dispositivos sensores para detecta anormalidades en forma o dimensión del producto. El contacto puede ser físico (microswitches) o no físico (sensores).

a) **Switches limitadores.** Confirman la presencia y posición de los objetos para detectar herramienta rota, etc. Muchos incluyen luces indicadoras para facilidad de mantenimiento.

b) **Switches de toque**. Son activados por luz o su antena para detectar presencia de objetos, posición, dimensión, etc. Tienen alta sensibilidad.

c) **Transformadores diferenciales.** Cuando se posiciona un producto frente a estos, detectan cambios en las líneas de fuerza magnética, para detectar objetos con gran precisión.

d) **Indicadores de carátula.** Se ajustan a cero y sus dos límites inferior y superior de aceptación.

e) **Detectores de nivel.** Detectan niveles de líquidos sin flotador, un ejemplo es el de la figura 19 que se encuentra instalado en un tanque.

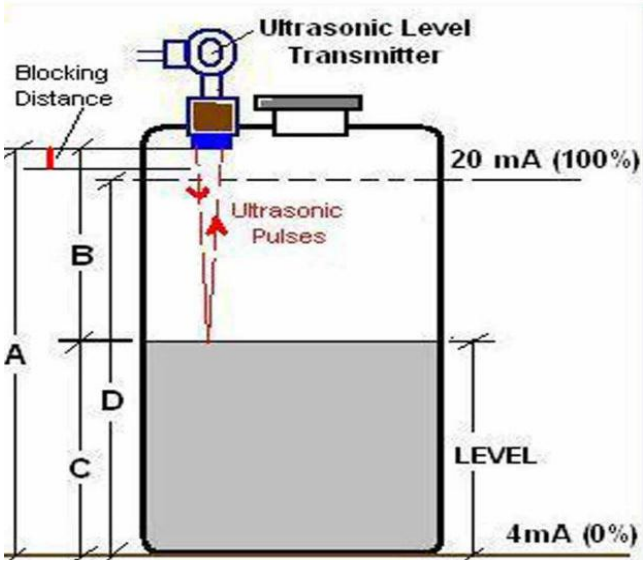


Fig. 19: Ejemplo de detector de nivel, instalado en un tanque

*(García, 2014)*

**2.3.7.2.2.- Métodos de detección sin contacto.**

a) **Switches de proximidad.** Son activados por cambios en distancia de objetos a cambios en fuerza magnética o capacitiva.

b) **Switches fotoeléctricos.** Se aplican para artículos no ferrosos, pudiendo calificar diferencias de color en soldaduras. Incluyen los de transmisión en los cuales un haz de luz entre dos switches fotoeléctricos se interrumpe, un ejemplo de este tipo de switches es el que se muestra en la figura 20.

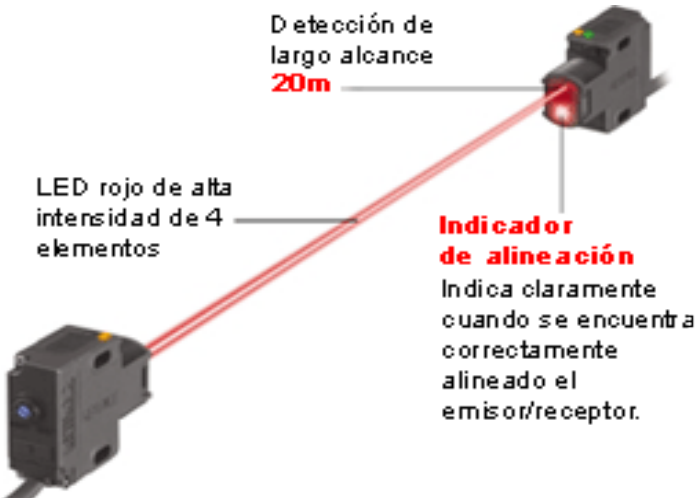


Fig. 20: Ejemplo de  switche fotoeléctrico

*(García, 2014)*

c) **Sensores de desplazamiento**. Son sensores que detectan giro, espesor y nivel de alturas.

d) **Sensores de paso de metal**. Verifican paso de metales o contaminaciones metálicas Sensores de marcas de color. Detectan marcas de diferente color.

e) **Sensores de vibración**. Detectan el paso de artículos, posición de soldaduras, un ejemplo de estos sensores es el de la figura 21.

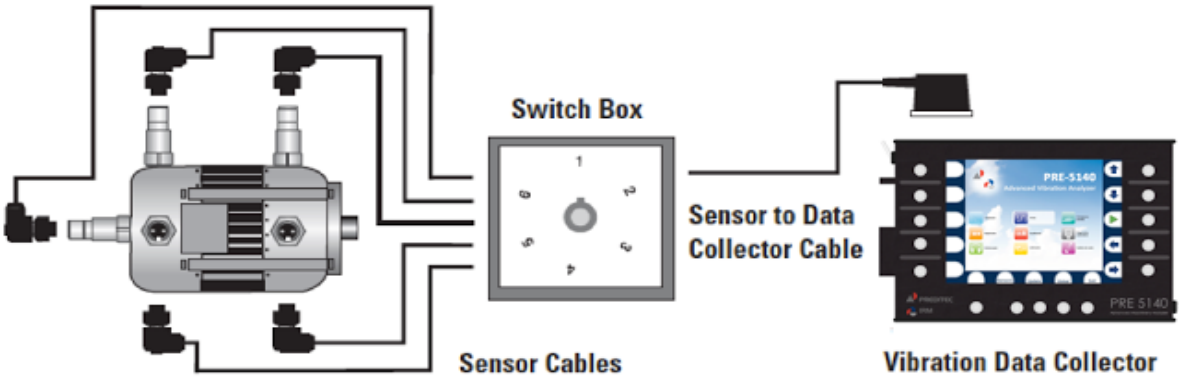


Fig. 21: Ejemplo de sensores de vibración

*(García, 2014)*

f) **Sensores de paso de fluido.** Verifican paso de aire a través de perforaciones, para detectar las tapadas *(Shingo, 1986).*

**2.3.7.2.3.- Métodos de valor fijo**: un determinado número de movimientos para el caso de que las operaciones sean repetidas un número determinado de veces.

**2.3.7.2.4.- Métodos de movimientos predeterminados**: Estos métodos incluyen dispositivos sensores para detectar anormalidades en los movimientos estándar en casos donde las operaciones deban realizarse de acuerdo a movimientos predeterminados.

**2.3.7.3.- Tipos de Inspección**

Para tener éxito en la reducción de defectos dentro de las actividades de producción, debemos entender que los defectos son generados por el trabajo, y que toda inspección puede descubrir los defectos, hay tres tipos más comunes de inspección y estos son:

a) Inspección de criterio
b) Inspección informativa
c) Inspección en la fuente

**2.3.7.3.1.- Inspección de criterio:** Este tipo de inspección lo que hace es encontrar el error, determinar el defecto que produce el error en el producto y corregir el defecto detectado. Esta Inspección también ayuda a separar lo bueno de lo malo esto se logra comparando con el estándar establecido o haciendo un muestreo al 100%.

La inspección de criterio o juicio es usada principalmente para descubrir defectos. Los productos son comparados normalmente contra un estándar y los artículos defectuosos son descartados. El muestreo también puede ser usado, usualmente cuando una inspección de 100% es muy costosa *(Shingo, 1986).*

La principal suposición acerca de la inspección de criterio es que los defectos son inevitables y que inspecciones rigurosas son requeridas para reducir los defectos. Este enfoque, sin embargo, no elimina la causa o defecto.

**2.3.7.3.2.- Inspección Informativa:** Este tipo de Inspección se usa para obtener datos y posteriormente tomar acciones correctivas, la inspección informativa tiene dos etapas las cuales se deben realizar correctamente estas etapas son auto-inspección o inspección subsecuente.

**Auto-Inspección:** La persona que realiza el trabajo verifica la salida y toma una acción correctiva inmediata, las ventajas de hacer auto-inspección es que se obtiene una rápida retroalimentación, se tiene que realizar una inspección al 100%.

La desventaja es que la auto-inspección es más subjetiva que la inspección del operador subsecuente.

**Inspección subsecuente**: Esta Inspección se da de arriba hacia abajo y obtenemos resultados de retroalimentación. Algunas ventajas de este tipo de inspección son que es mejor que la auto-inspección para encontrar defectos a simple vista, promueve el trabajo en equipo.

Algunos de las consideraciones para la Inspección subsecuente son:

a) Error Dispositivo a prueba de errores Cero Defectos
b) Utilizada en la etapa del error
c) Se enfoca en prevenir que el error se convierta en defecto

**2.3.7.3.3.- La inspección en la fuente**: Este tipo de inspección es utilizada para prevenir defectos, para su posterior eliminación, esta basada en el descubrimiento de errores y condiciones que aumentan los defectos.

Se toma acción en la etapa de error para prevenir que los errores se conviertan en defectos, no como resultado de la retroalimentación en la etapa de defecto, s i no es posible prevenir el error, entonces al menos se debe querer detéctarlo para poder implementar el sistema a prueba de errores, un sistema a prueba de errores involucra retroalimentación inmediata y toma de acción tan pronta como el error o defecto ocurre, involucra inspección al 100% e incorpora las funciones de una lista de verificación e integra la inspección al proceso.

El objetivo es recortar el ciclo enfocándose en la causa del error y desarrollando dispositivos que prevengan errores o al menos que detenga la ocurrencia de un error. Normalmente el ciclo grande es en semanas, meses o incluso años. El ciclo a prueba de error es comúnmente encontrado en segundos o fracciones de segundo. La diferencia en el tiempo ilustra el poder del sistema a prueba de error *(Shingo, 1986).*

**2.3.7.4.- Relación entre de un POKA-YOKE e inspección.**

**Dispositivos Poka Yoke:** Tienen capacidad de inspección 100% a bajo costo.

**Sistemas Poka Yoke:** En los sistemas de control las operaciones son detenidas y deben tomarse acciones antes de continuar el proceso. En los sistemas de aviso preventivo. La necesidad de acción es indicada por timbres, alarmas y luces.
Combinados con inspecciones en la fuente, hacen posible lograr cero defectos

Combinados con inspecciones informativas, reducen los defectos a un mínimo. Ya sea con auto verificación o verificación sucesiva *(Shingo, 1986).*

**2.3.7.5.- Métodos de control.**

Existen métodos que cuando ocurren anormalidades 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.

**2.3.7.5.1.- Métodos de advertencia.**

Este tipo de método advierte al trabajador de las anormalidades 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 en ocasiones es necesario colocar la luz en otro sitio, hacerla más intensa, cambiar el 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 anormalidades sea mínimo, o cuando factores técnicos y/o económicos hagan la implantación de un método de control una tarea extremadamente difícil.

### 2.3.7.5.2.- Clasificación de los métodos POKA-YOKE.

**a) Métodos de contacto.** Son métodos donde un dispositivo sensitivo detecta las anormalidades en el acabado o las dimensiones de la pieza, donde puede o no haber contacto entre el dispositivo y el producto.

**b) Método de valor fijo.** Con este método, las anormalidades son detectadas por medio de la inspección de un número específico de movimientos, en casos donde las operaciones deben de repetirse un número predeterminado de veces.

**c) Método del paso-movimiento.** Estos son métodos en el cual las anormalidades son detectadas inspeccionando los errores en movimientos estándares donde las operaciones son realizados 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 esté planeando la implementación de un dispositivo Poka-Yoke.

### 2.3.7.5.3.- Servicio libre de errores.

Los sistemas Poka-Yoke, también se pueden aplicar a los servicios. Acciones del sistema, el servidor y el cliente pueden estar libres de errores.

De acuerdo a la teoría del control total de calidad, que se practica en la manufactura, los dispositivos a prueba de errores se localizan en el transcurso de las diferentes actividades. Pero en los servicios, los dispositivos a prueba de errores son una decisión sobre el diseño del producto. Esto es que deben de ser incluidos al frente, al principio de cualquier actividad de calidad.

Los administradores necesitan pensar en acciones específicas para llevar a cabo el primer principio de calidad: hacerlo bien a la primera vez. Diseñar un Poka-Yoke es parte de arte y parte ciencia.

# CAPÍTULO 3

## 3.-METODOLOGÍA DE DESARROLLO Y APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE CALIDAD.

### 3.1.- Problemas comunes dentro del proceso de envasado.

Los problemas que se presentan durante el proceso de llenado en una botella son muy cotidianos dentro de las industrias, además de muy variados. Estos problemas significan grandes pérdidas para los dueños de las empresas, debido a que si no cumplen con ciertas normas de calidad, la empresa no puede sacar a la venta su producto, o si lo saca los consumidores no lo compran, quedando el producto varado en un supermercado o en alguna tienda de abarrotes, esto ocasiona una mala percepción de ese producto y de la empresa que lo lanzo al mercado, ocasionando que en futuros lanzamientos de nuevos productos estos tengan las mismas consecuencias, dentro de los problemas mas comunes tenemos los siguientes.

#### 3.1.1.- Problema en el lavado de la botella.

Este problema se presenta cuando inicia el proceso de embotellado, ya que en muchas ocasiones se quedan rebabas del material con la que fue elaborada la botella dentro de ella, y al no ser lavada correctamente estas rebabas pueden terminar en el producto final, este problema se detecta con una previa instalación de una cámara de infrarrojo en la banda transportadora que va de la máquina de lavado a la de secado.

#### 3.1.2.- Problema de secado en la botella.

Este problema consiste en no secar bien la botella con el aire comprimido, ocasionando que queden residuos de agua, y si esto no se corrige contaminara el producto que se coloque dentro de ella, al igual que el problema de lavado, este se detecta con una cámara de infrarrojo previamente instalada.

### 3.1.3.- Problema de nivel en el llenado.

El problema de nivel en el llenado de botellas, es la variación de producto que tiene una botella con respecto a otra, este problema es ocasionado cuando la cánula que determina el nivel está mal configurada y no manda la señal electrónica a tiempo para que deje de fluir el líquido al interior de la botella, este problema se puede presentar solo para un lote de producto embotellado o puede ser cotidiano en la empresa, este problema se soluciona con una verificación constante, donde el personal encargado tiene que tener una supervisión muy firme y observar lote por lote que el nivel sea el adecuado y el mismo.

### 3.1.4.- Problema de etiquetado en la botella.

Este problema consiste en colocar la etiqueta de la botella mal, ocasionando que durante el transporte del producto, se caiga o se raye, este problema se soluciona implementando una cámara de luz donde el personal debe verificar botella por botella que las etiquetas estén en perfectas condiciones.

### 3.1.5. Problema de fecha de caducidad en la botella.

Este problema suele ser muy común, y representar muchas pérdidas a las industrias, ya que en ocasiones al no re configurar la maquina encargada de poner las fechas de caducidad ocasionando que los lapsos entre la fecha de emisión del producto y las fechas de caducidad que se colocan sean muy cortos, y los productos ya no sean comprados por el consumidor, este problema se corrige con la previa verificación de dos o más miembros del personal que corroboren que la fecha de caducidad que se les va a colocar al producto sea la adecuada.

## 3.2.- Identificación de los problemas de llenado en el DFP.

En la figura 22 se observa un diagrama de flujo de proceso similar al de la figura 6, pero en este ya se identificaron con puntos de diferente color los problemas de llenado de botellas anteriormente descritos.

Tabla 2. Simbología para la identificación del problema en el diagrama de flujo.

| SIMBOLOGÍA | |
|---|---|
| Color | **Problema** |
| | Lavado |
| | Secado |
| | Llenado |
| | Etiquetado |
| | Caducidad |

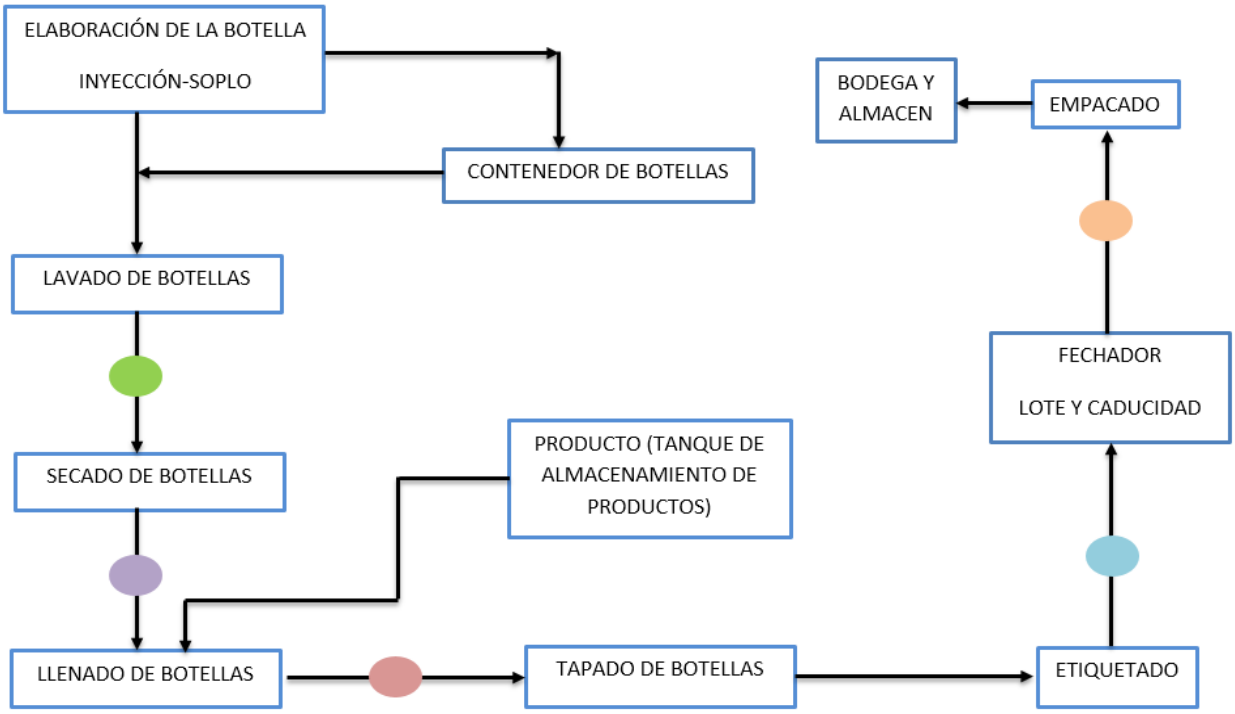


Fig. 22: Diagrama de flujo con la identificación de las regiones donde ocurren los problemas de llenado.

*(Elaboración propia)*

### 3.3.- Elaboración de gráficas con los problemas más representativos.

Para tener un panorama más especifico de los problemas más comunes de llenado de botellas que ya se mencionaron, se elabararon tres diferentes gráficas con sus repectivas tablas de datos. Las gráficas elaboradas son para las

bebidas gaseosas, el agua embotellada y para las bebidas con sabores frutales, las tablas de datos contienen el tipo de problema, el número de problema y el porcentaje que representa este problema, en una muestra de 1000 botellas *(Diario Oficial de la Federación) (DOF,2014).*

**3.3.1.-Bebidas Gaseosas:** Para las bebidas gaseosas se realizo un histograma figura 23, con los datos de la tabla 3. Con esta tabla y la gráfica se observa a simple vista que el problema que causa mayor perdidas y es el más representativo en este tipo de proceso de llenado, es el problema de caducidad *(DOF,2014).*

Tabla 3. Porcentaje de problemas en bebidas con gaseosas

| Tipo de problema | Número del problema | % del problema |
|---|---|---|
| | 0 | 0 |
| Etiquetado | 1 | 16 |
| Caducidad | 2 | 38 |
| Llenado | 3 | 10 |
| Secado | 4 | 15 |
| Lavado | 5 | 21 |
| | 0 | 0 |

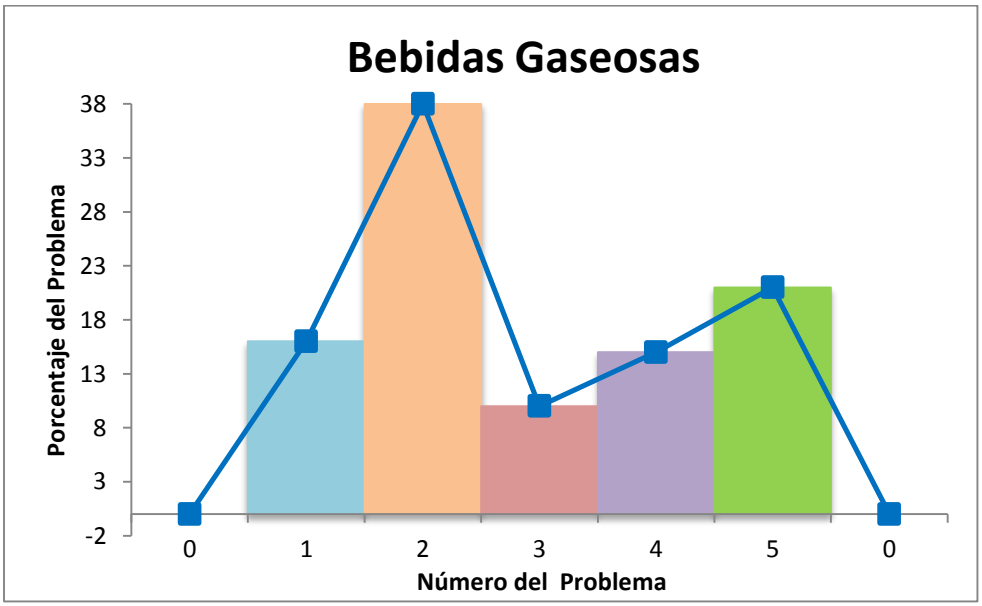


Fig. 23:Histograma, para bebidas gaseosas

(Elaboración propia)

**3.3.2.-Agua Embotellada:** Este tipo de bebida a logrado aumentar su demanda de consumo, existen gran variedad de marcas que la manejan, algunas muy conocidas pero otras no tanto. Debido a la gran cantidad de embotelladoras de agua que existen, las que no tienen la tecnología necesaria en su proceso llevan al mercado producto defectuoso, siendo el problema de llenado o de nivel el más representativo *(DOF, 2014).*

Tabla 4. Tipo de problema y porcentaje para agua embotellada.

| Tipo de problema | Numero de problema | % de problema |
|---|---|---|
| | 0 | 0 |
| **Etiquetado** | 1 | 21 |
| **Caducidad** | 2 | 12 |
| **Llenado** | 3 | 34 |
| **Secado** | 4 | 15 |
| **Lavado** | 5 | 18 |
| | 0 | 0 |

La figura 24 es un histograma el cual fue utilizado para representar gráficamente los datos de la tabla 4, la cual contiene el porcentaje de cada problema que se presentan durante un proceso de embotellado de agua.

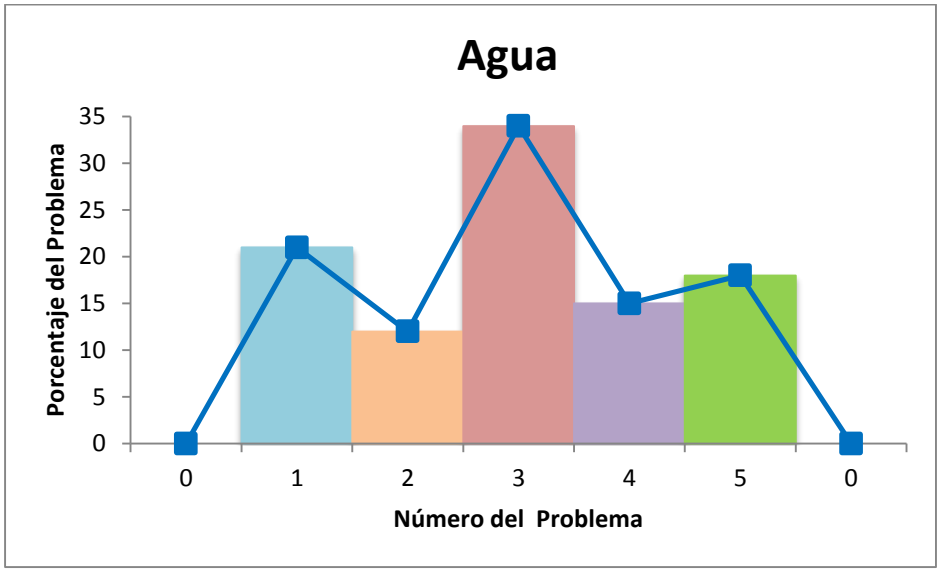


Fig. 24:Histograma, para agua embotellada.

*(Elaboración propia)*

**3.3.4.- Bebidas con Sabores Frutales:** Durante el proceso de llenado para estas bebidas, los problemas que se presentan son los mismos que para las bebidas gaseosas o para el agua, en la tabla 5 se describe los diferentes porcentajes de cada problema siendo el de llenado el más significativo *(DOF,2014).*

Tabla 5. Tipo de problema y porcentaje para las bebidas con sabores frutales

| Número de problema | Tipo de problema | Cantidad de botellas | % Acumulado del problema | Cantidad acumulada de botellas | Línea 80-20 |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Llenado | 280 | 28% | 280 | 0.8 |
| **2** | Etiquetado | 220 | 50% | 500 | 0.8 |
| **3** | Caducidad | 200 | 70% | 700 | 0.8 |
| **4** | Lavado | 160 | 86% | 860 | 0.8 |
| **5** | Secado | 140 | 100% | 1000 | 0.8 |

La figura 25 es un diagrama de Pareto, en el se representan los porcentajes acumulados y los tipos de problemas que existen en el llenado de bebidas frutales.

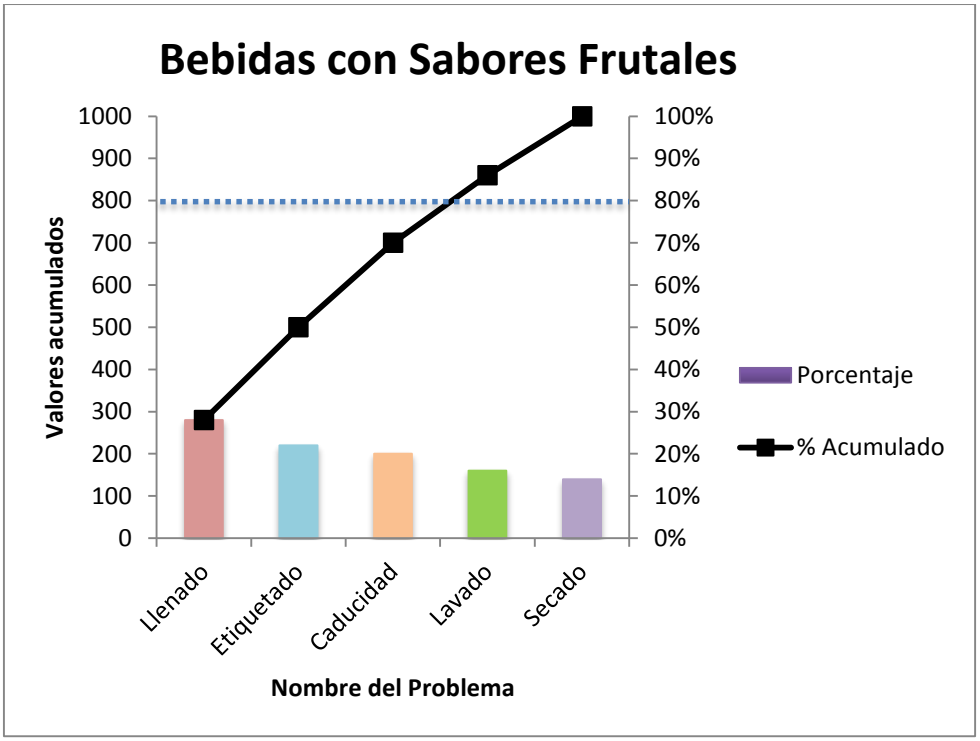


Fig. 25: Diagrama de Pareto, para bebidas con sabores Frutales

*(Elaboración propia)*

**3.3.5.- Causas de los problemas en la Línea de Producción.** Para hacer la representación de estos problemas se utilizo un digarama de Ishikawa en el cual describe las diferentes causas que llevan a que durante un proceso de llenado exista problemas, lo que da como resultado productos defectusos esto se muestra en laa figura 26.

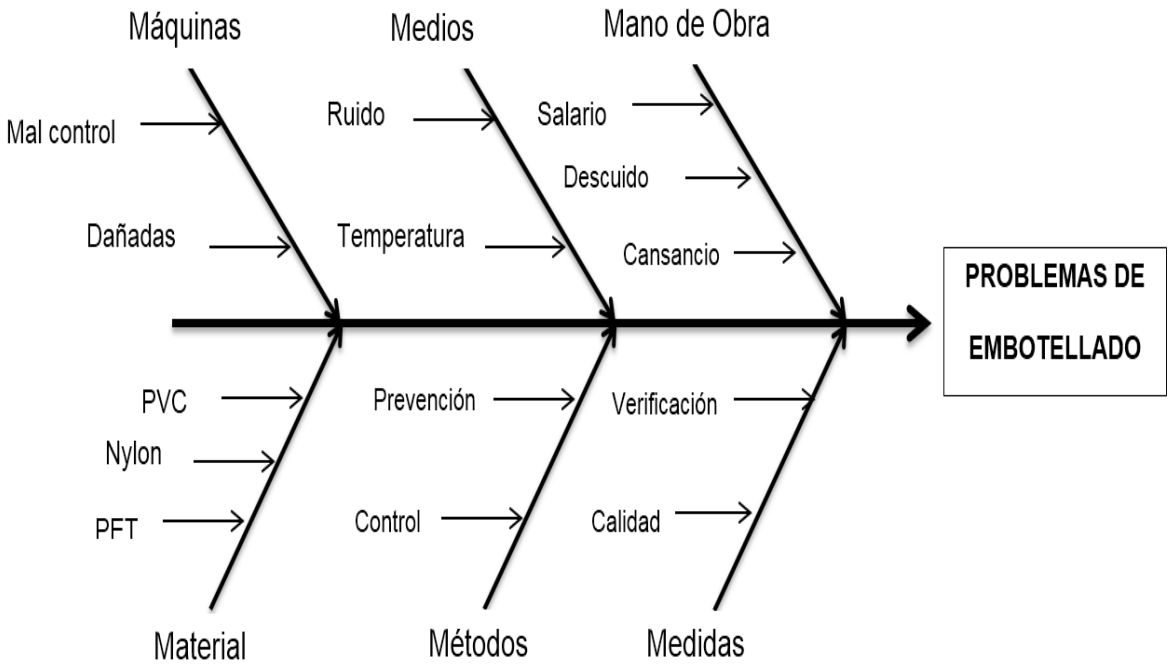


Fig. 26: Diagrama de Ishikawa, problemas en la línea de producción

*(Elaboración Propia)*

Como se puede observar en las figuras 23, 24 y 25 correspondientes a gráficas, los diversos problemas de llenado de botellas si son muy representativos y las medidas que se usan para corregir estos errores, tales como las cámaras infrarrojas, cámaras de luz y verificación constante basada en personal no solucionan el problema, esto ocasiona que siga habiendo perdidas y el error se repetitivo.

Por esta razón se busca otras formas de solucionar estos problemas desde la base, para erradicarlos totalmente de la línea de proceso. Y gracias a la

investigación realizada podemos decir que los dispositivos Poka-Yoke son la mejor opción, a continuación de describe las características de un Poka-Yoke.

### 3.4.- Pasos para la Implementación de un Poka-Yoke.

Para implementar la técnica Poka-Yoke dentro de una empresa, el creador de la misma sugiere lo siguiente.

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

- Establecimiento del mecanismo de control que ataquen diferentes problemas, de tal manera que el operador conozca con certeza que problema debe eliminar y cómo hacerlo con una perturbación mínima al sistema de operación.

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

- No debe retardarse la aplicación de mejoras a causa de un exceso de estudios, aunque el objetivo principal de 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 inter-departamental y es la principal arma para las mejores continuas, que motiva las actividades de resolución continua de problemas" *(Shingo, 1986).*

### 3.4.1.- Diseño de un Poka-Yoke.

Para poder implementar un Poka-Yoke es necesario saberlo desarrollar o diseñar y los pasos para hacerlo se resumen en la siguiente metodología.

1. "Describir el defecto: mostrar la tasa de defectos, formar un equipo de trabajo.
2. Identificar el lugar donde: Se descubren los defectos, en que parte se producen los defectos.
3. Detalle de los procedimientos y estándares de la operación donde se producen los defectos.
4. Identificar los errores o desviaciones de los estándares en la operación donde se producen los defectos.
5. Identificar las condiciones donde ocurren los defectos.
6. Identificar el tipo de dispositivo Poka-Yoke requerido para prevenir el error o defecto.
7. Desarrollar un dispositivo Poka-Yoke." *(Shingo, 1986).*

En la figura 27 se muestra un diagrama con el proceso que se tiene que seguir para el Desarrollo efectivo de un Poka-Yoke.

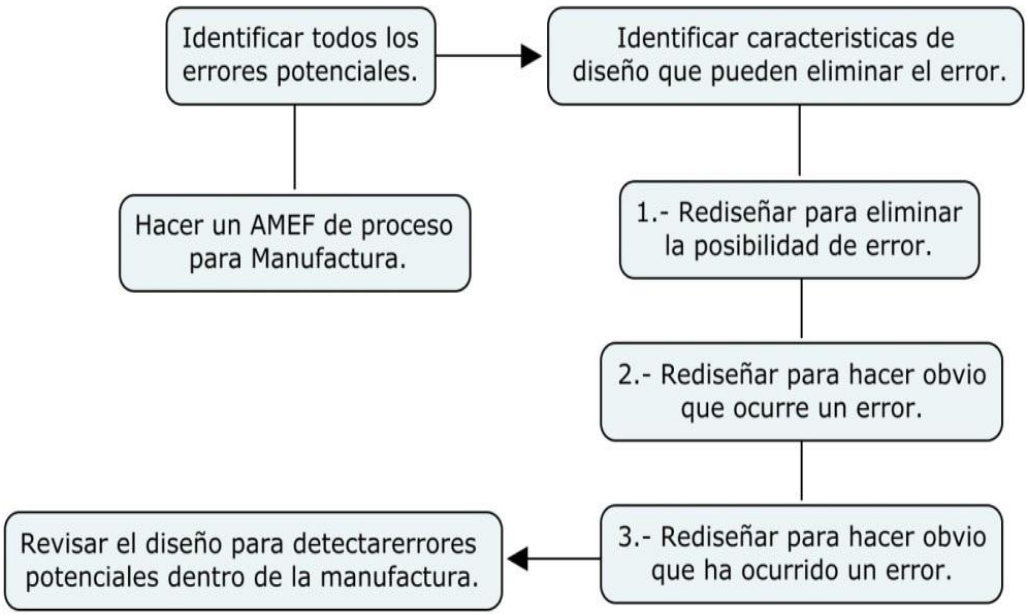


Fig. 27: Desarrollo de un Poka-Yoke

*(Shingo, 1986).*

En la figura 28 se muestra que el proceso de implementación de Poka-Yoke se realiza en dos niveles de confiabilidad que se resumen en el siguiente cuadro.

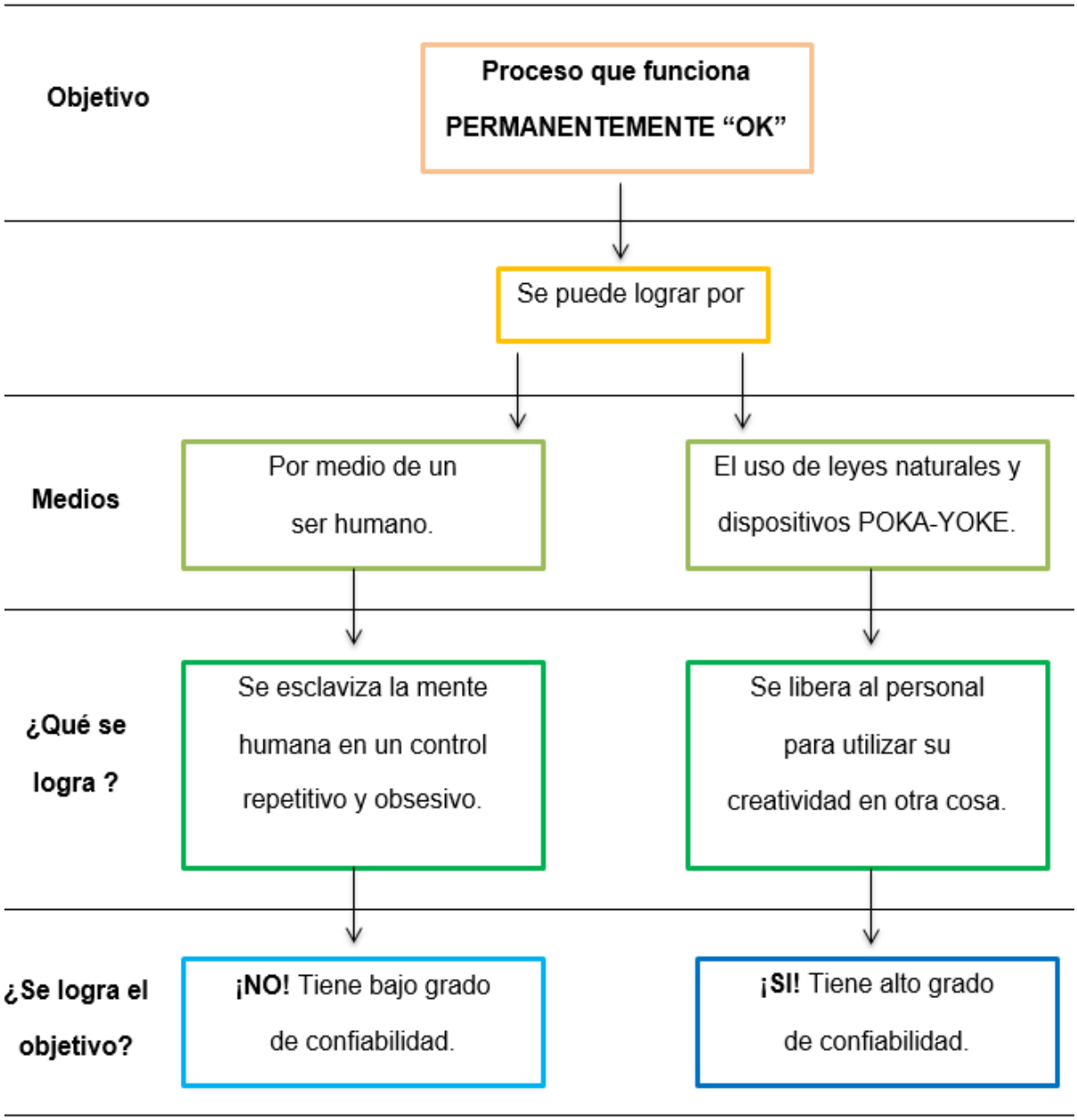


Fig. 28: Implementación de un Poka-Yoke

*(Shingo, 1986)*

Tal como se describe en el diagrama de la figura 28 un dispositivo Poka-Yoke no puede ser una persona, tiene que ser un dispositivo electrónico ya que tiene una mayor confiabilidad, y son menos propensos a errores.

### 3.5.-Conclusiones.

En la actualidad la mayoría de las industrias trabaja baja la nueva era de calidad basada en Cero de Defectos, en cual se establece que se puede mejorar la calidad de los productos y servicios más rápidamente cuando se optimizan los procesos que se usan.

Al comparar con otras herramientas de calidad existentes se puede decir que una de las ventajas de la técnica Poka-Yoke, es que los dispositivos que se usan al implementar esta técnica son muy eficaces, cuando el personal es capacitado debidamente para el manejo de cada dispositivo.

Otra de las ventajas es que al implementar dispositivos Poka-Yoke en un proceso lo vuelve más automatizado, y esto ayuda a que los errores sean menos, también reduce el presupuesto en salarios, ya que los operarios que se necesitan son menos. Al reducir los problemas en casi el 100% dentro del proceso, reduce las pérdidas de materia prima, aumenta la cantidad de producto terminado sin defectos y de buena calidad, y con esto se tendrá un mayor ingreso, por lo tanto mayores ganancias para los empresarios.

### 3.6.- Recomendaciones.

Retomando la figura 22 del DFP, donde se encuentran localizados con puntos de color los lugares donde suelen ocurren los errores en el proceso de llenado y conociendo como se diseñan e implementan los diferentes dispositivos Poka-Yoke se recomienda lo siguiente, para corregir los errores a través de estos dispositivos de forma eficaz, a bajo costo y con resultados óptimos.

En el punto verde se presenta el problema de lavado en la botella, para solucionar El punto verde señala el lugar donde suele presentarse el problema de lavado en la botella, para solucionarlo se debe implementar un dispositivo Poka-Yoke basado en sensores de vibración, el cual detectará el paso de materia y contaminantes, este dispositivo estará unido a una alarma visual que alertará o dará paro al proceso de lavado cuando se detecte alguna botella sucia.

El punto morado indica el lugar donde ocurre el problema de secado de botellas, para solucionar este problema se debe instalar un dispositivo Poka-Yoke en la banda transportadora, este dispositivo estará basado en sensores de paso de fluidos para detectar las botellas mojadas.

En el punto rosa se presenta el problema de nivel de flujo en las botellas, para solucionar este problema se instalará un dispositivo Poka-Yoke basado en un sistema de sensores de desplazamiento y detectores de nivel, cuya función principal será detectar los niveles fuera de especificación, este sistema estará conectado a un swich, el cual será utilizado para hacer un para total, cuando el de llenado de las botellas presenten anomalías.



El punto azul indica el lugar donde ocurre el problema de etiquetado y el naranja el problema de fechado, en ambos puntos se instalará un dispositivo Poka-Yoke basado en sensores, que estarán confingurados con movimientos predeterminados que detectarán anormalidades tanto en el etiquetado con el fechado de las botellas, estos sensores estarán controlados por una alarma visual la cual consiste en un semáforo el cual indicará si el etiquetado o el fechado está saliendo mal o todo esta funcionando correctamente, si la luz es roja, significa la presencia de fallas mayores, si la falla es mínima pasará a ser color ámbar y si el proceso se está llevando en total perfección el color será verde, este semáforo estará unido a un swich que será usado por los trabajadores para hacer un paro de emergencia, cuando la luz del semafaro se presente en rojo.

Para verificar que los dispositivos instalados en el proceso estén funcionando correctamente, y cumplan con la función para la cual fueron diseñados, se desarrolla un proceso de inspección. La inspección más completa y recomendada es la subsecuente, ya que ayuda al personal a trabajar más equipo, en dado caso que el dispositivo no esté funcionando ayuda a detectar la falla, evita que el error se convierta en defectos.

Un proceso que es flexible, fácil de manejar, y a prueba de errores es un sistema completo, por consiguiente será efectivo, eficiente y así de esta forma será considerado de gran calidad.

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. Com[52] pudo observar los dispositivos que se usan en la técnica Poka-Yoke pueden llegar a ser muy simples, no necesariamente tienen que ser complicados y costosos. El crear un proceso completo, 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:

- Son simples y baratos.
- Son parte del proceso.
- Son puestos cerca o en el lugar donde ocurre el error.

## 3.7.- BIBLIOGRAFÍA


Baptista Lucio P, Fernández Collado C, Sampieri Hernández R, (2006) *Metodología de la Investigación,* México, Ediciones Mc Graw Hill.

Clarke T, (2010), *Embotellados*, Canadá, Editorial Itaca.

Crosby F., (1997), *La calidad no cuesta,* México Editorial McGraw Hill Book Company.

David J, Kaoru I,(2002), *¿Qué es el control de la calidad? La modalidad japonesa,* Copyright, Editorial Norma S.A.

Deming E., (2000), *La nueva economía,* México Editorial McGraw Hill Book Company.

Diario Oficial de la Federación DOF, 2014, *Estadistica de Uso y Consumo del PET,* México.

Escudero A., (1997), *La Revolución Industrial,* México, Editorial Anaya.

Estuardo A, (2012), *Estadistica y Probabilidades,* Chile, Editorial Virginio Gómez.

Gabriele Folli, Manuel Bolzoni, (2013), *Sistema de llenado para el Sector de Bebidas,* México Editorial Moving Ideas.

García M, (2014), *Guía para Sensores Digitales Keyence,* México.

Harold A., Bryan G.,(1987), *Productos Químicos Orgánicos Industriales,* México, Editorial Luminosa S.A de C.V.

Instituto Mexicano del Plástico IMP, (1985), *Anuario Estadístico del Plástico,* México.

Instituto Mexicano del Plástico IMP, (1985), *El mundo del Plástico,* México.

Ishikawa K., (1997), *¿Qué es el control total de la Calidad?,* México, Editorial Norma.

James J, Williams P, James J, (2012), *Medición y Control de procesos Industriales*, Washington, Editorial Honeywell International Inc.

Maronna R, (2006), *Probabilidad y Estadística Elementales para Estudiantes de Ciencias,* España, Editorial La Plata.

Mora S, (2008), *Automatización e Instrumentación en una planta embotelladora a escala,* Facultad de Ingeniería Electrónica, Universidad Pontificia Bolivariana.

Ruiz-Falco A., (2009), *Herramientas de Calidad,* Madrid, Universidad Pontifica (ICAI).

Shingo S., (1986) *Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System.* Estados Unidos, Editorial Productivity Inc.

Tarí Guilló J.J, (2000) *Calidad Total: Fuente de Ventaja Competitiva,* USA, Publicaciones de la Universidad de Alicante.

Turpín J, (2011), *Desarrollo de un Sistema de Inspección Visual Automatizado para una línea de envasado de morteros industriales,* Facultad de telecomunicaciones, Universidad Politécnica de Cartagena.

## 3.8.- ANEXOS.

Definiciones para algunas abreviaciones que se utilizaron a lo largo del texto contenido en esta tesis.

**Baquelita:** Plástico calificado como termo fijo o termoestable.

**Celuloide:** Es un termoplástico formado con un hidrato de carbono, celulosa y una solución de alcanfor y etanol.

**DFP:** Diagrama de Flujo de Proceso.

**EPS:** Poliestireno Expandido.

**PE:** Polietileno.

**PET:** Tereftalato de Polietileno.

**PP:** Polipropileno.

**PS:** Poliestireno.

**PTFE:** Poli tetrafluoretileno.

**PVC:** Cloruro de Polivinilo.