



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS  
PARA UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN UNA EMBOTELLADORA**

**Boris Rolando Campos González**

Asesorado por el Ing. Jaime Roberto Ruiz Díaz

Guatemala, septiembre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS  
PARA UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN UNA EMBOTELLADORA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**BORIS ROLANDO CAMPOS GONZÁLEZ**

ASESORADO POR EL ING. JAIME ROBERTO RUÍZ DÍAZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
EXAMINADORA	Inga. Nora Leonor García Tobar
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Julio Oswaldo Rojas Argueta
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS PARA UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN UNA EMBOTELLADORA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 23 de febrero de 2015.

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized initials and a surname, enclosed within a circular scribble.

**Boris Rolando Campos González**

Guatemala, 1 de agosto 2015

Ingeniero  
Cesar Ernesto Urquizú Rodas  
Director Escuela Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

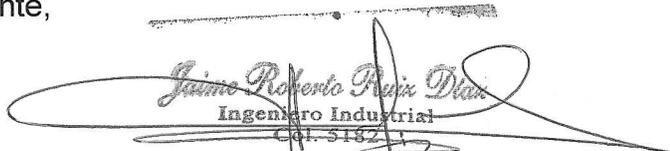
Presente

Por este medio me dirijo a usted y le comunico que he asesorado y revisado el trabajo de graduación titulado **“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS PARA UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN UNA EMBOTELLADORA”**.

Realizado por el estudiante **Boris Rolando Campos González**, carné **2011 22757**. Después de efectuada la revisión del contenido, doy mi aprobación a la misma en virtud de cumplir con todos los parámetros establecidos para dichos trabajos y por ser un tema de utilidad de implementación.

Por lo expuesto anteriormente, recomiendo al señor director se sirva aprobar dicho trabajo para su posterior impresión.

Atentamente,

  
Ingeniero Industrial  
C.O.I. 5182  
Ing. Jaime Roberto Ruiz Díaz  
Colegiado No. 5182



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS PARA UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN UNA EMBOTELLADORA**, presentado por el estudiante universitario **Boris Rolando Campos González**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Edwin Josué Ixpata Reyes  
Ing. Mecánico Industrial  
Colegiado No. 7128

Ing. Edwin Josué Ixpata Reyes  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

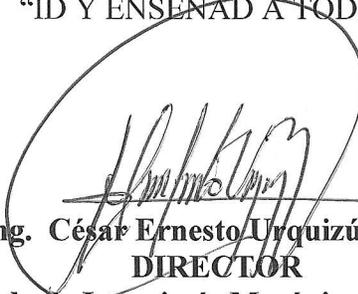
Guatemala, agosto de 2015.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación **IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS PARA UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN UNA EMBOTELLADORA**, presentado por el estudiante universitario **Boris Rolando Campos González**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, septiembre de 2015.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación Titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN PRGRAMA DE CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS PARA UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN UNA EMBOTELLADORA**, presentado por el estudiante universitario: **Boris Rolando Campos González**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Ponce  
Decano



Guatemala, septiembre de 2015

/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Padre de la creación proveedor de sabiduría, amor, gracia y misericordia. “El principio de la sabiduría es el temor de Jehová. Los insensatos desprecian la sabiduría y la enseñanza”. Proverbios 1:7.
<b>Mi padre</b>	Boris Rolando Campos Reyes, por sus sabios consejos en todos los ámbitos de mi vida.
<b>Mi madre</b>	Claudia Marleny González Najera, por su amor y apoyo incondicional.
<b>Mis hermanos</b>	Juan Carlos y Marlen Mishelle Campos González, por su comprensión y ejemplo de superación.
<b>Marcelina Barrera</b>	Por su apoyo y cariño especial en cada uno de los días de mi vida.
<b>Mis amigos</b>	David Ambrosio, José Bocel, Alejandro Ramírez, Yeni Pérez, Juan Carlos Román, Patty López, Camilo Juárez, Orlando Campos, Norman Ramírez, Alejandro Cabria, Andrés Ortega, Omar Lavarreda, por su sincera amistad.

**Mi asesor**

Ing. Jaime Ruíz, por su motivación y apoyo.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por brindarme la sabiduría y ayuda cada día de mi vida.
<b>Mis padres</b>	Por darme amor y todas las facilidades para llegar a este momento.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por brindarme un conjunto compacto de conocimientos.
<b>Mis hermanos</b>	Por darme motivación para seguir adelante.
<b>Mis amigos</b>	Por convertir tiempos difíciles en tiempos especiales y alegres.
<b>Ingeniero</b>	Leonel de León, por sus enseñanzas en mi primera experiencia laboral.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por darme la oportunidad de superación por medio de la educación y sabiduría.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN .....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. GENERALIDADES .....	1
1.1. Embotelladora de bebidas gaseosas .....	1
1.1.1. Ubicación.....	1
1.1.2. Historia .....	1
1.1.3. Misión .....	2
1.1.4. Visión.....	2
1.1.5. Organización .....	2
1.1.6. Organigrama .....	3
1.1.7. Proceso productivo .....	4
1.1.8. Productos comercializados.....	7
1.2. Metrología.....	7
1.2.1. Metrología industrial .....	7
1.2.2. Metrología legal .....	8
1.2.3. Metrología científica.....	8
1.3. Áreas de la metrología .....	9
1.3.1. Masas y balanzas .....	9
1.3.2. Mediciones longitudinales y geométricas .....	10
1.3.3. Temperatura (termometría) .....	11

1.3.4.	Presión (manometría) .....	11
1.3.5.	Electricidad (mediciones eléctricas) .....	13
1.3.6.	Humedad (hidrometría).....	13
1.3.7.	Volumen .....	14
1.3.8.	Densidad .....	14
1.3.9.	Tiempo y frecuencia.....	15
1.3.10.	Fuerza .....	15
1.3.11.	Torque .....	16
1.3.12.	pH .....	16
1.3.13.	Otras .....	17
1.4.	Sistema de unidades de medida.....	17
1.4.1.	Unidades de medida.....	17
1.4.2.	Datos numéricos y procedimientos de redondeo ....	19
1.4.3.	Múltiplos y submúltiplos de las unidades del sistema internacional .....	20
1.4.4.	Instrumentos de medición y el proceso de medición .....	21
1.4.4.1.	Errores en la medición .....	21
1.4.4.2.	Tipos de errores .....	22
1.4.4.3.	Clasificación general de los errores .....	22
1.4.5.	Instrumentos de medición .....	22
1.4.5.1.	Metrología dimensional .....	23
1.4.5.1.1.	Medición lineal.....	24
1.4.5.1.2.	Medición angular .....	24
1.5.	Gestión metrológica.....	24
1.5.1.	Modelo de gestión metrológico ISO 10012:2003 ....	25
1.5.2.	Calibración .....	25
1.5.3.	Trazabilidad metrológica.....	26
1.5.4.	Incertidumbre de la medición .....	26

1.5.5.	Factores que intervienen en una medición .....	27
1.5.6.	Certificado de calibración (uso logo ISO 9001) .....	27
2.	DIAGNÓSTICO SITUACIONAL .....	29
2.1.	Línea de producción de botellas de vidrio .....	29
2.2.	Lavadora de botellas .....	30
2.2.1.	Instrumentación calibrable .....	31
2.2.1.1.	Controles de temperatura .....	31
2.2.1.2.	Termómetros .....	33
2.3.	Equipo de mezcla .....	34
2.3.1.	Instrumentación calibrable .....	35
2.3.1.1.	Manómetros .....	35
2.3.1.2.	Vacuómetros .....	37
2.4.	Llenadora de botellas .....	38
2.4.1.	Instrumentación calibrable .....	39
2.4.1.1.	Manómetros .....	39
2.4.1.2.	Termómetros .....	40
3.	PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR EL PROGRAMA DE CALIBRACIÓN .....	43
3.1.	Levantamiento de instrumentación calibrable de línea de producción .....	53
3.1.1.	Instrumentación calibrable de la línea .....	54
3.1.1.1.	Código de instrumento .....	54
3.1.1.2.	Correlativo .....	54
3.1.1.3.	Ubicación .....	55
3.1.1.4.	Tipo de material que maneja .....	55
3.1.1.5.	Fabricante o marca .....	55
3.1.1.6.	Núm. de modelo serie .....	55

3.1.1.7.	Tamaño de carátula .....	56
3.1.1.8.	Rango de medición de capacidad .....	56
3.1.1.9.	Escala mínima .....	56
3.1.1.10.	Rango de trabajo para calibración.....	56
3.1.1.11.	Última calibración .....	57
3.1.1.12.	Próxima calibración .....	57
3.1.1.13.	Certificado de calibración.....	57
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	65
4.1.	Hoja de cálculo con información detallada de instrumentación calibrable .....	68
4.1.1.	Código del instrumento.....	68
4.1.2.	Correlativo .....	68
4.1.3.	Ubicación.....	68
4.1.4.	Tipo de material que maneja.....	68
4.1.5.	Fabricante o marca .....	70
4.1.6.	Núm. de modelo serie.....	70
4.1.7.	Dimensiones del instrumento .....	71
4.1.8.	Rango de medición de capacidad .....	71
4.1.9.	Escala mínima.....	72
4.1.10.	Rango de trabajo para calibración .....	73
4.1.11.	Última calibración.....	73
4.1.12.	Próxima calibración.....	74
4.1.13.	Certificado de calibración .....	74
4.2.	Instrumentación crítica a reemplazar en la línea de producción .....	75
4.3.	Programación de las próximas calibraciones de instrumentación .....	80

4.4.	Organización de certificados de calibración según su incidencia en calidad, inocuidad, ambiente y seguridad industrial.....	81
5.	SEGUIMIENTO DEL PROGRAMA .....	85
5.1.	Actualizar hoja de cálculo del programa de calibración por cambio de instrumentación o calibraciones realizadas .....	85
5.1.1.	Código del instrumento.....	86
5.1.2.	Última calibración.....	87
5.1.3.	Certificado de calibración .....	88
5.1.4.	Ubicación.....	88
5.1.5.	Tipo de material que maneja.....	89
5.1.6.	Fabricante o marca.....	90
5.1.7.	Núm. de modelo/serie.....	90
5.1.8.	Tamaño de carátula/dimensiones .....	90
5.1.9.	Rango de medición de capacidad.....	90
5.1.10.	Unidad de medida.....	91
5.1.11.	Rango de trabajo .....	92
5.1.12.	Rango de trabajo para calibración .....	93
5.1.13.	Próxima calibración .....	93
	CONCLUSIONES.....	97
	RECOMENDACIONES .....	99
	BIBLIOGRAFÍA.....	101
	ANEXOS .....	103



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Estructura organizacional.....	4
2.	Metrología dimensional .....	23
3.	Modelo de gestión metrológico .....	25
4.	Despaletizadora línea 3.....	29
5.	Desencajonadora línea 3 .....	30
6.	Lavadora de botellas línea 3 .....	31
7.	Partes de un termómetro bimetálico.....	33
8.	Equipo de mezcla línea 3 .....	35
9.	Llenadora de botellas línea 3 .....	38
10.	Calibración de instrumentación, calderas.....	44
11.	Calibración de instrumentación, central de frío .....	45
12.	Calibración de instrumentación línea 1 .....	46
13.	Calibración de instrumentación línea 2 .....	47
14.	Calibración de instrumentación línea 3 .....	48
15.	Calibración de instrumentación línea 4 .....	49
16.	Calibración de instrumentación PTAR.....	50
17.	Calibración de instrumentación de contadores de agua.....	51
18.	Cambio de instrumentación crítica .....	77
19.	Simbología calibración de instrumentos.....	95

## TABLAS

I.	Ejemplo procedimiento de redondeo .....	20
II.	Múltiplos y submúltiplos SI .....	21
III.	Controles de temperatura calibrables lavadora.....	32
IV.	Termómetros calibrables lavadora.....	34
V.	Manómetros calibrables equipo de mezcla .....	36
VI.	Vacuómetros calibrables equipo de mezcla .....	38
VII.	Manómetros calibrables llenadora de botellas .....	39
VIII.	Termómetro calibrable llenadora de botellas .....	41
IX.	Estadística calibración calderas de vapor .....	43
X.	Estadística calibración central de frío .....	44
XI.	Estadística calibración línea 1 .....	45
XII.	Estadística calibración línea 2.....	46
XIII.	Estadística calibración línea 3.....	47
XIV.	Estadística calibración línea 4.....	48
XV.	Estadística calibración PTAR .....	49
XVI.	Estadística calibración contadores de agua .....	50
XVII.	Estadística calibración jarabe terminado .....	51
XVIII.	Estadística calibración CIP.....	52
XIX.	Estadística calibración jarabe simple.....	53
XX.	Instrumentación programa calibración lavadora de botellas .....	59
XXI.	Instrumentación programa calibración equipo de mezcla.....	61
XXII.	Instrumentación programa calibración llenadora .....	63
XXIII.	Procedimiento de codificación de instrumentación .....	66
XXIV.	Tipo de material lavadora de botellas .....	69
XXV.	Tipo de material equipo de mezcla .....	69
XXVI.	Tipo de material llenadora de botellas .....	70
XXVII.	Fabricante o marca.....	70

XXVIII.	Núm. de modelo serie .....	71
XXIX.	Dimensiones del instrumento .....	71
XXX.	Rango de medición de capacidad .....	72
XXXI.	Escala mínima .....	72
XXXII.	Rango de trabajo para calibración .....	73
XXXIII.	Última fecha de calibración .....	73
XXXIV.	Próxima calibración .....	74
XXXV.	Certificado de calibración .....	74
XXXVI.	Instrumentación crítica a reemplazar .....	75
XXXVII.	Programación calibración lavadora de botellas .....	80
XXXVIII.	Programación calibración equipo de mezcla .....	80
XXXIX.	Programación calibración llenadora de botellas .....	81
XL.	Incidencia calidad e inocuidad del producto .....	82
XLI.	Incidencia seguridad industrial .....	83
XLII.	Incidencia medio ambiente .....	83
XLIII.	Código del instrumento .....	86
XLIV.	Última calibración .....	87
XLV.	Ubicación .....	88
XLVI.	Tipo de material que maneja .....	89
XLVII.	Rango de medición de capacidad .....	90
XLVIII.	Unidad de medida .....	91
XLIX.	Rango de trabajo .....	92
L.	Programación de calibración por mes .....	94



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>A</b>	Amperios
<b>pH</b>	Coeficiente grado de acidez
<b>sr</b>	Estereorradián
<b>E</b>	Exa
<b>G</b>	Giga
<b>H</b>	Hecto
<b>Hz</b>	Hertz
<b>J</b>	Joule
<b>K</b>	Kelvin
<b>Kg</b>	Kilogramo
<b>Kg/m<sup>3</sup></b>	Kilogramo por metro cúbico
<b>M</b>	Mega
<b>m</b>	Metro
<b>μ</b>	Micro
<b>n</b>	Nano
<b>N</b>	Newton
<b>Pa</b>	Pascal
<b>P</b>	Peta
<b>%</b>	Porcentaje
<b>rad</b>	Radian
<b>s</b>	Segundo
<b>T</b>	Tera
<b>□</b>	Torque

V	Volt
W	Watt
Y	Yotta
Z	Zetta

## GLOSARIO

<b>Calibración</b>	Comparación de las lecturas proporcionadas por un instrumento o equipo de medición contra un patrón de exactitud reconocida.
<b>Certificado de calibración</b>	Documento donde se registra el resultado de una calibración.
<b>Incertidumbre de medición</b>	Parámetro asociado con el resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que podrían razonablemente atribuirse al mensurado.
<b>Instrumento de medición</b>	Cualquier dispositivo para obtener mediciones.
<b>Magnitud</b>	Propiedad de un fenómeno, cuerpo o sustancia que puede expresarse cuantitativamente mediante un número y una referencia.
<b>Medición</b>	Es el proceso de asignar un valor numérico como resultado de medir.

<b>Medir</b>	Es comparar dos objetos de acuerdo a una característica física que lo distinga (magnitud) por ejemplo: su peso, temperatura, entre otros.
<b>Mensurado</b>	Magnitud particular sujeta a medición.
<b>NMX-Z 055:1996</b>	Diccionario del vocabulario internacional de metrología (VIM).
<b>Patrón de medida</b>	Realización de la definición de una magnitud dada, con un valor determinado y una incertidumbre de medida asociada tomada como referencia.
<b>Patrón internacional de medida</b>	Patrón de medida reconocido por los firmantes de un acuerdo internacional con la intención de ser utilizado internacionalmente.
<b>Patrón nacional de medida</b>	Patrón reconocido por una autoridad nacional para servir, en un estado o economía, como base para la asignación de valores a otros patrones de magnitudes de la misma naturaleza.
<b>Trazabilidad</b>	Cadena de comparaciones que relaciona un instrumento con su patrón primario.
<b>Unidad de medida</b>	Unidad particular, definida y adoptada por convención, con la cual se comparan las otras magnitudes de la misma naturaleza para expresar cuantitativamente su relación con esta relación.
<b>Valor de la medición</b>	Es el valor asignado.

## RESUMEN

Se implementó un programa de calibración de instrumentos para una línea de producción en una embotelladora. Básicamente se determinó la instrumentación crítica por su incidencia en calidad e inocuidad del producto, medio ambiente y seguridad industrial en cada una de las áreas de la línea; lavadora de botellas, equipo de mezcla y llenadora de botellas. Se tiene que hacer la aclaración que calibrar es una comparación con un patrón de medida, este no es sinónimo de ajustar un instrumento determinado.

Conforme la investigación de campo realizada y la entrevista hecha al metrologo de la embotelladora se determina que los puntos críticos de calibración de la línea de producción son: lavadora de botellas, equipo de mezcla y llenadora de botellas.

Previo a determinar la instrumentación que se incluiría en el programa de calibración, se realizó un estudio estadístico de los instrumentos que se calibraban antes de la realización de la investigación.

Luego de realizar el levantamiento de información de los instrumentos que se tomarían en consideración para el programa de calibración según su incidencia en calidad e inocuidad, seguridad industrial y ambiente, se procedió a la creación de la hoja de cálculo para así organizar la información de cada uno de los instrumentos; se tomó en consideración el procedimiento de codificación interno de la organización.

Para proponer las fechas de calibraciones de los instrumentos de medición se tomó en consideración las recomendaciones del proveedor del servicio de calibración y el uso que se le da al instrumento de medición.

Conforme al procedimiento interno de codificación de instrumentos se identificó la instrumentación del programa de calibración tomando en consideración la máquina en que se encontraba, tipo de instrumento, correlativo, tipo de material que utiliza, modelo, serie, unidad de medida, escala, dimensiones.

Entre los instrumentos que se calibran se tiene: manómetros, termómetros, vacuómetros entre otros. Por medio del programa que se implementó se facilita la organización de información de cada uno de los instrumentos calibrables de la línea y con esto se puede llevar un control óptimo de la calibración de instrumentos.

# OBJETIVOS

## General

Implementar un programa de calibración de instrumentos para una línea de producción en una embotelladora.

## Específicos

1. Determinar la instrumentación calibrable en áreas de lavadora, equipo de mezcla, llenadora de la línea de producción de botellas de vidrio de la embotelladora.
2. Codificar la instrumentación calibrable según procedimiento interno de la empresa tomando en cuenta la máquina, tipo de instrumento y correlativo.
3. Investigar la última fecha de calibración de la instrumentación para llevar su control en el programa de calibración.
4. Proponer fechas de próximas calibraciones para la instrumentación de la línea según recomendaciones de la empresa que presta servicio de calibración y condiciones actuales.
5. Identificar la instrumentación que se necesita reemplazar para reportarlo al Departamento de Mantenimiento industrial y adjuntarlo al programa.

6. Programar las próximas calibraciones de la instrumentación de la línea de producción.
7. Organizar los certificados de calibración de instrumentos según su incidencia, calidad e inocuidad, ambiente y seguridad industrial.

## INTRODUCCIÓN

La calibración de instrumentos de una línea de producción en una embotelladora es sumamente importante, ya que permite asegurar la calidad del producto disminuyendo costos, produciendo productos competitivos con alto rendimiento, con características repetitivas, fomentando el ahorro energético y conservación del medio ambiente.

El proceso de producción de una línea determinada puede ser interrumpido por una gran variedad de razones, algunas de las cuales están fuera de control. Asegurando la calibración de instrumentos, se puede minimizar el error de la instrumentación como causa de paro.

Con un programa de calibración de instrumentos se incrementan los tiempos efectivos de producción, además se pueden descubrir problemas en los instrumentos antes de que causen una falla considerable. Encontrando adversidades potenciales se evita una situación crítica que conlleve a un paro de producción por la falla de un instrumento.

El costo de no tener un programa funcional de calibración de instrumentos puede ser desastroso, la calibración y trazabilidad son vitales para una empresa, mayormente en las actividades de producción, dado que su implementación permite tener un control de los instrumentos calibrables que tengan incidencia en calidad e inocuidad, ambiente y seguridad industrial.



# **1. GENERALIDADES**

## **1.1. Embotelladora de bebidas gaseosas**

FEMSA es una empresa líder que participa en la industria de bebidas, el embotellador público más grande de productos en el mundo y de mayor crecimiento en América Latina. Todo esto apoyado por un área de negocios estratégicos.

### **1.1.1. Ubicación**

La planta de bebidas gaseosas está ubicada en la 26 calle 6-02 zona 11 de la ciudad de Guatemala.

### **1.1.2. Historia**

La embotelladora de esta bebida llegó a Guatemala en 1920. En esa época su producto era embotellado y distribuido por la United Fruit Company. Para 1928, se constituyó como la primera embotelladora en Guatemala. Posteriormente se renovó como Embotelladora, comprada en 1999 por el grupo Panamco. Luego FEMSA adquirió a Panamco en 2003.

### **1.1.3. Misión**

“Refrescar al mundo en cuerpo, mente y alma. Inspirar momentos de optimismo a través de nuestras marcas y acciones, para crear valor y dejar huella en cada uno de los lugares donde operamos”.<sup>1</sup>

### **1.1.4. Visión**

“Utilidades: Maximizar el retorno a los accionistas, sin perder de vista la totalidad de nuestras responsabilidades; gente: ser un excelente lugar para trabajar, en donde su personal se inspire para dar lo mejor de sí; cartera de productos: ofrecer al mundo una cartera de marcas de bebidas que se anticipan y satisfacen los deseos y las necesidades de las personas; socios: Formar una red de socios exitosa y crear lealtad mutua; planeta: ser un ciudadano global, responsable, que hace su aporte para un mundo mejor”.<sup>2</sup>

### **1.1.5. Organización**

La planta embotelladora está conformada por distintas áreas tales como:

- Departamento de manufactura: está constituida por el área de producción y mantenimiento industrial.
- Departamento de Operaciones: básicamente su función es llevar la logística de distribución del producto terminado.

---

<sup>1</sup> Coca Cola FEMSA-Embotelladora Central Guatemala.

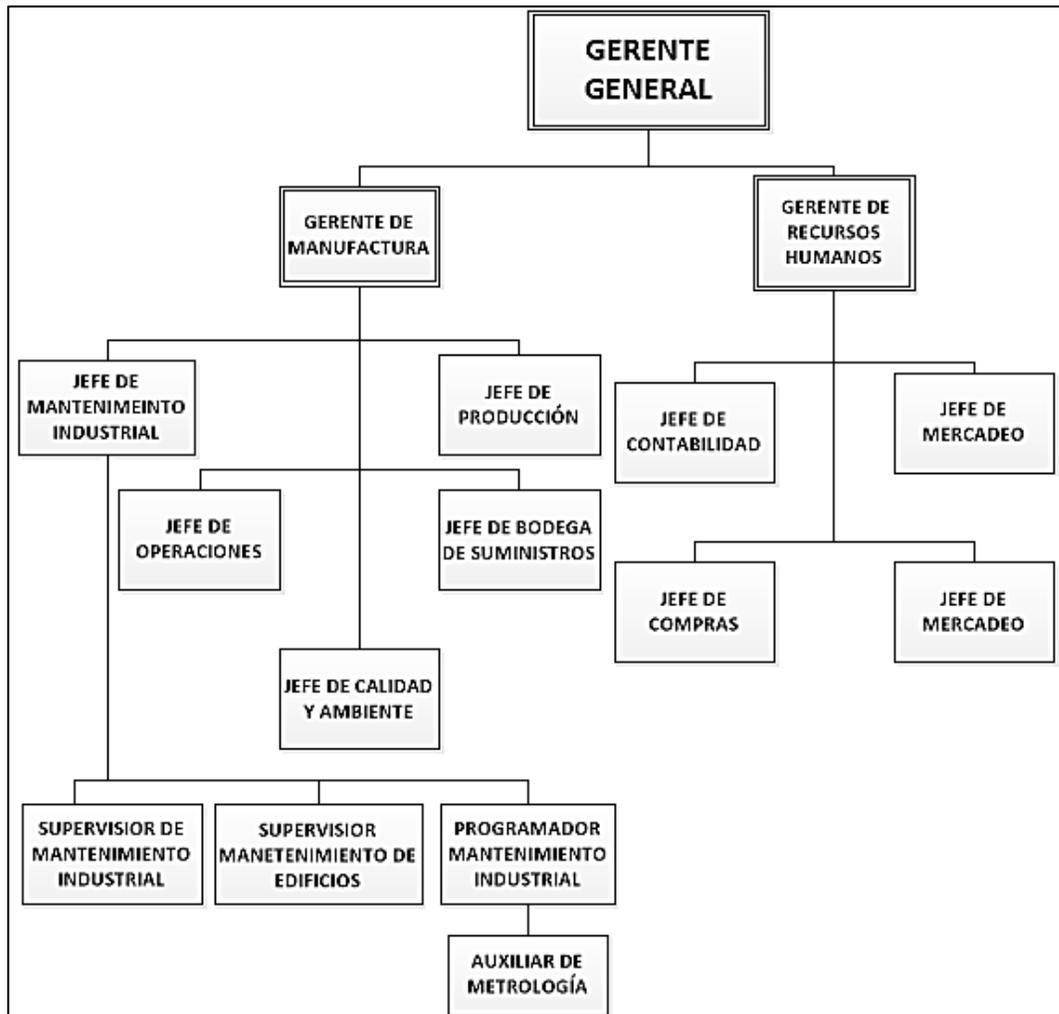
<sup>2</sup> Ibíd.

- Departamento de Finanzas: encargado del análisis de datos financieros, estructura de activos de la empresa y determinación del pasivo.
- Departamento de Mercadeo: se encargan de dar a conocer el producto por medio de campañas publicitarias al cliente potencial.
- Departamento de Eventos Especiales: administran cualquier tipo de actividad para dar a conocer el producto dentro y fuera de la empresa para mostrar nuevas presentaciones de producto o atraer clientes potenciales.
- Departamento de Taller Automotriz: encargado de realizar el mantenimiento o reparación del parque vehicular.
- Departamento de Recursos Humanos: llevan el control del desarrollo humano de la empresa; contrataciones, conducción y capacitación.

#### **1.1.6. Organigrama**

El organigrama que se presenta en la figura 1, muestra la estructura organizacional de la embotelladora.

Figura 1. Estructura organizacional



Fuente: Recursos Humanos Embocen.

### 1.1.7. Proceso productivo

La bebida carbonatada está conformada por elementos naturales como agua, gas carbónico, mezclado de concentrados específicos que dan como resultado el sabor a cada refresco.

Las fases de producción de la bebida son las siguientes:

- Tratamiento de agua: el agua es uno de los principales ingredientes de la bebida carbonatada; es evaluada con un proceso riguroso de calidad para cumplir con los requerimientos de la Organización Mundial de la Salud, requerimientos de la organización y especificaciones de las normas aplicables.
- Jarabe simple: el siguiente paso es unir el agua tratada con edulcorantes nutritivos, ejemplo el azúcar; este jarabe se filtra a baja presión con esto se logra eliminar cualquier tipo de impureza.
- Jarabe terminado: este resulta de la unión del jarabe simple con el concentrado de una bebida determinada; el cual es proporcionado por la compañía. En esta etapa se da la filtración y desinfección con los cuales se asegura la inocuidad del producto; eliminando contaminantes químicos y sabores extraños. Se debe tomar en cuenta que el agua antes de ser utilizada pasa por rigurosos métodos de análisis.
- Bebida terminada: el jarabe terminado junto con el agua tratada se dosifica en proporciones establecidas en un depósito para su mezcla. La bebida de agua con jarabe se impulsa por medio de una bomba al carbonatador. Por efecto de la presión a la que se somete, es transportando por medio de una tubería a la llenadora de botellas.
- Envasado

- Depaletizado: las cajas con envases vacíos que se retiran en forma manual de los *pallets* y colocados en la transportadora de cajas.
- Desencajonado: las cajas con botellas vacías son ingresadas a una máquina que retira las botellas y las coloca en una cinta transportadora.
- Prelavado e inspección: esto se realiza de manera visual, descartando las botellas muy sucias, dañadas o que contengan objetos extraños.
- Esterilizado y lavado: las botellas ingresan a la lavadora en la cual se les inyecta una solución de soda cáustica caliente, que enjuaga a presión con agua fresca para obtener una botella limpia y estéril.
- Inspección antes de lavado: cada una de las botellas que sale de la lavadora es revisada rigurosamente para garantizar que esté en perfectas condiciones y limpias.
- Llenado y tapado: el envase pasa por un proceso de presurización hasta alcanzar el mismo de la llenadora, que está bajo presión de gas carbónico. Cuando se alcanza este equilibrio de presiones del interior de los envases y la llenadora, la bebida carbonatada se transfiere al interior del envase interrumpiéndose en el momento que se alcanza el nivel de llenado adecuado. Posteriormente de la salida de la llenadora, la botella es capsulada con una tapa hermética que asegura la conservación del producto terminado.

- Inspección posterior a llenado: las botellas llenas y tapadas pasan por un inspector de nivel iluminado, para garantizar su llenado dentro de la especificación de la compañía.
- Paletizado y encajonado: posteriormente a la inspección las botellas pasan a una máquina, las coloca en sus respectivas cajas para finalmente ordenarlas sobre los *pallets*.

### **1.1.8. Productos comercializados**

- Presentación *Pet* 600 ml: Coca Cola, Sprite, Fanta naranja, uva.
- Coca Cola Light, Lift, Shangri – La.
- Presentación *Pet* 355 ml: Coca Cola, Sprite, Fanta naranja, uva, Coca Cola Light.
- Presentación vidrio 354 ml, 500 ml, 1 L, 2l : Coca Cola.
- Productos importados para distribución: Jugo del Valle, producto en lata; Coca Cola, Fanta, Sprite.

## **1.2. Metrología**

Se puede definir a la metrología como la ciencia que tiene como fin el estudio de propiedades medibles, sistemas de medida, escalas, técnicas, métodos de medición, instrumentación y su respectiva calibración.

### **1.2.1. Metrología industrial**

El objetivo de esta rama de la metrología es dar confiabilidad a las mediciones que se realizan en el ámbito industrial. Se toma en cuenta lo siguiente:

- Calibración de equipo de prueba y medición
- Inspección de materia prima, proceso y producto terminado
- Diseño del producto o servicio
- Servicio técnico al producto
- Acciones de mantenimiento
- En el momento de la prestación de un servicio

### **1.2.2. Metrología legal**

Se encarga de la protección del consumidor para garantizar que este reciba los bienes y servicios con las características determinadas que anuncian u ofrecen los diferentes fabricantes. Esta parte de la metrología debe ser gestionada por los gobiernos y entre sus cambios de acción se tiene:

- Verificación de cintas métricas
- Verificación de balanzas, pesas y básculas
- Verificación de producto pre-empacado
- Verificación de surtidores de combustible
- Cilindros de gas
- Contadores de agua, eléctricos, entre otros

### **1.2.3. Metrología científica**

Su función es investigar rigurosamente para mejorar patrones, técnicas y métodos de medición, instrumentos y la exactitud de medidas. Entre sus actividades se encuentran:

- Mantenimiento de patrones internacionales.
- Buscar nuevos patrones que representen de manera eficiente las unidades de medición.

### **1.3. Áreas de la metrología**

Otra forma de clasificar a la metrología es según el tipo de variable que se está midiendo. Por medio de este criterio se establecen las siguientes áreas:

- Balanzas y masas
- Mediciones geométricas y longitudinales
- Termometría (temperatura)
- Manometría (presión)
- Hidrometría (humedad)
- Densidad
- Volumen
- Fuerza
- Frecuencia y tiempo
- pH - Alcalinidad
- Torque
- Otras

#### **1.3.1. Masas y balanzas**

Para poder lograr la máxima precisión en medición de masa es sumamente importante utilizar patrones de masas. En el momento que hay que calibrar las masas, el objeto a determinar es comparado con una referencia conocida (comparación de masa).

Garantizar la trazabilidad de la masa conforme el prototipo internacional de la unidad del kilogramo, se hace necesario utilizar comparación de masas. En la actualidad se cuenta con una nueva generación de masas automáticas como a5, a100, la innovación de estos es que ya no solo tiene aplicación en la mediciones realizadas, sino también envuelve la productividad de los procesos, que mejoran aspectos como:

- Calibración de pesas
- Determinación de volumen
- Mezcla con gases especiales
- Control de llenado de gas en botellas
- Entre otros

### **1.3.2. Mediciones longitudinales y geométricas**

Las mediciones longitudinales se dividen en dos grandes grupos; una medida directa y otra indirecta.

- Medición directa: se va a considerar una medición directa cuando la medición se obtiene de un instrumento de medida. En este tipo de medida se encuentran todo tipo de calibradores y medidores de altura con escala Vernier, reglas graduadas, con tornillo micrométrico (todo tipo de micrómetros y cabezas micrométricas), con dimensión fija (bloques de patrón, calibradores de espesores y calibres límite).
- Medición indirecta: este tipo de medición se centra en las mediciones que utilizan fórmulas matemáticas y valores predeterminados para obtener valores requeridos. La característica principal de este tipo de medida es que es comparativa; se contemplan comparadores mecánicos, ópticos,

neumáticos y electromecánicos. También se tiene relación trigonométrica (esferas o cilindros y máquinas de medición por coordenadas).

Por otro lado se tienen las mediciones geométricas y dimensionales en las cuales se contempla la longitud (interiores, exteriores y profundidades), ángulo, superficie (rugosidad) y forma (posición de los elementos asociados).

### **1.3.3. Temperatura (termometría)**

La termometría se encarga de la medición de temperatura en cuerpos y sistemas. Para poder realizar esta medición se utiliza un termómetro o un termostato según sea el caso, que toma en cuenta el fenómeno de dilatación de cuerpos con el calor para poder determinar la temperatura.

Se denomina propiedad termométrica a aquella cuya magnitud varía de la misma manera que la temperatura, esto quiere decir que si esta aumenta, la propiedad termométrica aumentará.

### **1.3.4. Presión (manometría)**

Se define a la presión como la fuerza que se aplica en un área determinada; tener control de la presión en procesos de producción proporciona condiciones de operación seguras. Cualquier tubería o recipiente tiene cierta presión máxima de seguridad y operación de acuerdo al material y el tipo de construcción.

Tener una presión excesiva no solo puede provocar la destrucción de un equipo determinado sino también puede provocar daño de un equipo adyacente y poner en riesgo la integridad del personal, particularmente cuando están implícitos fluidos inflamables o corrosivos. En el caso de estas aplicaciones las

lecturas de presión son con frecuencia tan importantes como lo es la seguridad externa.

Se distinguen tres tipos de presión: absoluta, atmosférica y manométrica.

- Presión absoluta: se define a este tipo de presión la medida con referencia al vacío perfecto o cero absoluto. Este término se creó por la razón de que la presión atmosférica varía según la altitud y muchas veces los diseños se hacen en otros países con diferentes altitudes sobre el nivel de mar, por esto se utiliza la presión absoluta para manejar el mismo tipo de criterio.
- Presión atmosférica: es la presión que ejerce la masa gaseosa (aire) como resultado de la gravedad sobre la superficie de la tierra o sobre una de sus capas de aire.
- Presión manométrica: se denomina presión manométrica a aquella que es superior a la presión atmosférica; esta se mide con un elemento que diferencia la presión que se desconoce y la presión atmosférica que existe. La presión se puede encontrar sumando el valor real de la presión atmosférica a la lectura obtenida de un manómetro.

$$\textit{Presión absoluta} = \textit{Presión manométrica} + \textit{Presión atmosférica}$$

- Vacío: estas son las presiones manométricas menores a la atmosférica. Esta presión normalmente se mide por medio de los mismos tipos de elementos con que se mide la presión superior a la atmosférica; esto quiere decir, por la diferencia entre el valor desconocido y la presión atmosférica que existe. La característica principal de la medición del

vacío es que los valores aumentan al acercarse al cero absoluto y generalmente se expresan a modo de centímetros de mercurio o metros de agua.

### **1.3.5. Electricidad (mediciones eléctricas)**

Entre las mediciones destinadas a la determinación de magnitudes eléctricas se encuentran la intensidad de corriente, tensión, potencia, resistencia, inductancia, capacidad, frecuencia, entre otros.

Este tipo de magnitudes pueden medirse por medio de instrumentos que dan como resultado el valor de medida correspondiente, mediante una lectura constante y clara, con instrumentación que recibe el nombre según la magnitud que mide por ejemplo el amperímetro, voltímetro, vatímetro.

Dentro de la instrumentación que se utiliza para medir la electricidad se encuentran dos grandes grupos; los análogos y digitales. La instrumentación analógica da una medición directa por medio de la posición de una aguja sobre una escala adecuada y por otro lado la instrumentación digital que presenta el resultado de medida en la pantalla o *display*.

### **1.3.6. Humedad (hidrometría)**

Esta rama de la metrología es la encargada de medir, calcular, registrar y analizar el volumen de agua que circula en una sección transversal de un río, canal o tubería; que pertenecen a un pequeño o gran sistema de riego en funcionamiento.

### **1.3.7. Volumen**

Básicamente es el espacio que ocupa un cuerpo determinado. Esta es una magnitud física derivada. Su unidad de medida en el sistema internacional es el metro cúbico ( $m^3$ ).

La instrumentación que se utiliza para medir el volumen de un gas, líquido o sólido se denomina flujómetro; estos van desde el más sencillo al más complejo.

Entre la instrumentación sencilla utilizada para medir el volumen de un cuerpo se tiene el cilindro graduado, que es un vaso de vidrio con marcas de medición presentes en su superficie. Por otro lado entre la superficie compleja para medir volumen se encuentran el voluménómetro que mide el volumen de otra sustancia para así obtener el volumen de la sustancia original.

### **1.3.8. Densidad**

La densidad es una propiedad de los sólidos, líquidos e incluso gases que definen el grado de compactación de un material determinado. Entre los instrumentos más conocidos para medir la densidad se encuentran al hidrómetro. Otra definición común con la que se conoce a la densidad es; la masa contenida en la unidad de volumen que en el sistema internacional se expresa en kilogramo sobre metro cúbico ( $\frac{kg}{m^3}$ ).

### 1.3.9. Tiempo y frecuencia

La frecuencia mide la cantidad determinada de vueltas que se dan en un período de tiempo normalmente trabajado en segundos. Su unidad más común de medida es el *Hertz*. Un *Hertz* es equivalente a un ciclo por segundo (1/s).

$$Frecuencia = \frac{\text{cantidad de vueltas}}{\text{tiempo}}$$

Otra definición importante en la medición de tiempo: es el período que mide el tiempo que se tarda en dar una vuelta completa un objeto determinado, está es inversa a la frecuencia.

$$Período = T = \frac{1 \text{ seg}}{Frecuencia}$$

### 1.3.10. Fuerza

La fuerza es una magnitud vectorial en la que un cuerpo puede ser deformado, cambiar su velocidad, o bien ponerse en movimiento superando el estado de inmovilidad e inercia. Matemáticamente su cálculo se realiza multiplicando la masa por la aceleración de un objeto determinado.

El instrumento que se utiliza para medir la magnitud de fuerza que es ejercida sobre un cuerpo se tiene el dinamómetro. Este instrumento fue inventado por Isaac Newton; este basa su funcionamiento en un resorte que sigue la Ley de Hooke, siendo las deformaciones proporcionales a la fuerza aplicada.

### **1.3.11. Torque**

Es el movimiento de rotación que resulta de una fuerza aplicada en algún punto rígido, este movimiento rotativo se realiza respecto a un eje.

Se denomina torque o momento de una fuerza a la capacidad de esta fuerza para poder generar una rotación o giro alrededor de un punto.

El torque matemáticamente es expresado como la multiplicación de la fuerza por la distancia. La instrumentación que se utiliza para medir el torque o momento es un torquímetro.

$$\text{Torque} = \tau = F \times R$$

### **1.3.12. pH**

Básicamente el pH es el coeficiente que indica el grado de basicidad o acidez de una solución acuosa. Este se mide por la concentración del ion hidrógeno; los valores de pH se comprenden en una escala de 0 a 14, su valor medio es 7; este corresponde a una solución neutra por ejemplo el agua.

La instrumentación que se utiliza para medir el pH de una sustancia es el potenciómetro, este consiste en una sonda de medición especial que se conecta con un medidor electrónico que muestra la lectura específica del pH del líquido en cuestión.

### **1.3.13. Otras**

Entre estas se encuentra la intensidad de luz que normalmente es importante su medición en una línea de producción por su incidencia en seguridad industrial.

## **1.4. Sistema de unidades de medida**

Es un conjunto de unidades de medida consistente, estándar y uniforme. En general definen unas pocas unidades de medida a partir de las cuales se deriva el resto.

### **1.4.1. Unidades de medida**

Es un conjunto de unidades uniformes, confiable y estrictamente definidas que se utilizan para satisfacer las necesidades que surgen en el momento de realizar una medición.

En Francia, a finales del siglo XVIII, se constituyó el primer sistema de unidades de medidas conocido como el sistema métrico; este estaba basado en las unidades fundamentales de metro y kilogramo, luego se incluyó una unidad de tiempo, el segundo, formando el sistema conocido como MKS.<sup>3</sup>

Al sistema metro-kilogramo-segundo (MKS) en 1960, se le realizaron ligeras modificaciones y pasó a ser conocido como el sistema internacional de medidas (SIM).

---

<sup>3</sup> *Unidades fundamentales SI* [en línea]. <<http://www.ieslaasuncion.org/fisicaquimica/sistema1.html>> Consulta: 13 de diciembre 2014.

El sistema internacional de medidas está basado en unidades fundamentales, estas son:

- Kg: el kilogramo se define como la masa igual a la del prototipo internacional del kilogramo (1ª y 3ª Conferencia General de Pesas y Medidas, 1889 y 1901).<sup>4</sup>
- m: el metro se define como la longitud de la trayectoria recorrida por la luz en el vacío en un lapso de  $1/299\,729\,458$  de segundo (17ª Conferencia General de Pesas y Medidas de 1983).<sup>5</sup>

S: el segundo se define como la duración de  $9\,192\,631\,770$  períodos de la radiación correspondiente a la transición entre los niveles hiperfinos del estado base el átomo de cesio 133 (13ª Conferencia General de Pesas y Medidas 1967).<sup>6</sup>

Mol: el mol se define como la cantidad de materia que contiene tantas unidades elementales como átomos existen en  $0,0012$  kilogramos de carbono 12 (14ª Conferencia General de Pesas y Medidas, 1971).<sup>7</sup>

A: el amperio se define como la intensidad de una corriente constante, que contenida en dos conductores paralelos, rectilíneos, de una longitud infinita, de sección circular despreciable, colocado a un metro de distancia entre sí en el vacío, producirá entre estos dos conductores una fuerza igual a  $2 \times 10^{-7}$ .<sup>8</sup>

---

<sup>4</sup> *Definición de kilogramo* [en línea]. <<http://conceptodefinicion.de/kilogramo>> Consulta: 11 de diciembre 2014.

<sup>5</sup> *Ibíd.*

<sup>6</sup> *Definición abc* [en línea]. <<http://www.definicionabc.com/general/segundo.php>>. Consulta: 13 de diciembre 2014.

<sup>7</sup> *Ibíd.*

<sup>8</sup> *Ibíd.*

Cd: la candela se define como la intensidad luminosa en una dirección dada de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia  $540 \times 10^{12}$  Hz y cuya intensidad energética en esa dirección es de 1/683 watt por estereorradián (16ª Conferencia General de Pesas y Medidas, 1979).

°K: el kelvin se define como la fracción 1/273,16 de la temperatura termodinámica del punto triple del agua (13ª Conferencia General de Pesas y Medidas, 1967).

Las unidades suplementarias del sistema internacional de medidas son:

- Ángulo plano: radian (rad); es el ángulo plano comprendido entre dos radios de un círculo que se interceptan sobre la circunferencia de este).<sup>9</sup>
- Ángulo sólido: estereorradián (sr).<sup>10</sup>

#### **1.4.2. Datos numéricos y procedimientos de redondeo**

Número: Es un concepto o idea contenido en la mente de las personas, por ejemplo: 1, 8, 12.<sup>11</sup>

Cifra: símbolo que se emplea para expresar un número, por ejemplo: 3 máquinas, 5 minutos, entre otros.<sup>12</sup>

---

<sup>9</sup> Word Reference. [en línea]. <<http://www.wordreference.com/definicion/candela>>. Consulta: 15 de diciembre 2014.

<sup>10</sup> Ibíd.

<sup>11</sup> De conceptos. [en línea]. <<http://deconceptos.com/matematica/numero>>. Consulta: 14 de diciembre 2014.

<sup>12</sup> Oxford dictionaries. [en línea]. <<http://www.oxforddictionaries.com/es/definicion/espanol/cifra>>. Consulta: 15 de diciembre 2014.

En el momento de trabajar con fracciones decimales en ciertas ocasiones se requiere transformar la precisión de las fracciones, a la cual se le denomina redondeo. A continuación se presenta una tabla que muestra el criterio para llevar a cabo el redondeo de números.

Tabla I. **Ejemplo procedimiento de redondeo**

Número	Redondeo a	Número redondeo
4,2951	El milésimo más próximo	4,295
	El centésimo más próximo	4,29
	El décimo más próximo	4,3

Fuente: *Math Dictionary*. <http://www.mathematicsdictionary.com/spanish/vmd/>. Consulta: 11 de diciembre de 2014.

### 1.4.3. **Múltiplos y submúltiplos de las unidades del sistema internacional**

El metro, unidad fundamental del sistema, corresponde a la escala en la que mide el hombre en la vida diaria, por ejemplo; casa, edificios, entre otros. Sin embargo, aunque con menos frecuencia, tienen que medirse otras longitudes para las que el metro resulta demasiado pequeño o demasiado grande. Por ejemplo, el metro es muy pequeño para expresar la distancia entre Petén y Jutiapa, ya que requeriría una cifra demasiado grande, en cambio resulta muy grande para expresar el diámetro de una canica. Ocurre lo mismo con todas las unidades del sistema.<sup>13</sup>

A continuación en la tabla II se presentan los prefijos, equivalencias y símbolos utilizados para representarlos:<sup>14</sup>

<sup>13</sup> Universidad de Sonora [en línea]. <[http://industrial.uson.mx/module/archivos/notas\\_metrologia.pdf](http://industrial.uson.mx/module/archivos/notas_metrologia.pdf)>. Consulta: 13 de diciembre 2014.

<sup>14</sup> Universidad Nacional de Colombia. [en línea]. <[http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4090002/html/pages/cap2/c2\\_6.htm](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4090002/html/pages/cap2/c2_6.htm)>. Consulta: 11 de diciembre 2014.

Tabla II. **Múltiplos y submúltiplos SI**

Nombre	Símbolo	Valor
Yotta	Y	$10^{24}$
Zetta	Z	$10^{21}$
Exa	E	$10^{18}$
Peta	P	$10^{15}$
Tera	T	$10^{12}$
Giga	G	$10^9$
Mega	M	$10^6$
Kilo	K	$10^3$
Hecto	H	$10^2$
Deca	D	$10^1$
		$10^0$
Deci	d	$10^{-1}$
Centi	c	$10^{-2}$
Mili	m	$10^{-3}$
Micro	$\mu$	$10^{-6}$
Nano	n	$10^{-9}$
Pico	p	$10^{-12}$
Femto	f	$10^{-15}$
Atto	a	$10^{-18}$
Zepto	z	$10^{-21}$
Docto	y	$10^{-24}$

Fuente: *Universidad Nacional de Colombia*. [http://industrial.uson.mx/module/archivos/notas\\_metrologia.pdf](http://industrial.uson.mx/module/archivos/notas_metrologia.pdf). Consulta: 11 de diciembre de 2014.

#### 1.4.4. Instrumentos de medición y el proceso de medición

Son aparatos que se usan para comparar magnitudes físicas mediante un proceso de medición.

##### 1.4.4.1. Errores en la medición

En el momento de hacer mediciones, las lecturas obtenidas nunca van a resultar exactamente iguales, aun cuando son realizadas por la misma persona, la misma pieza de trabajo o el mismo método. La variación puede ser relativamente grande o pequeña pero siempre existirá.

#### **1.4.4.2. Tipos de errores**

Dependiendo del origen de la medición los errores pueden ser:

- Errores por el instrumento o equipo de medición
- Error del operador o por el método de medición
- Error por condiciones ambientales

#### **1.4.4.3. Clasificación general de los errores**

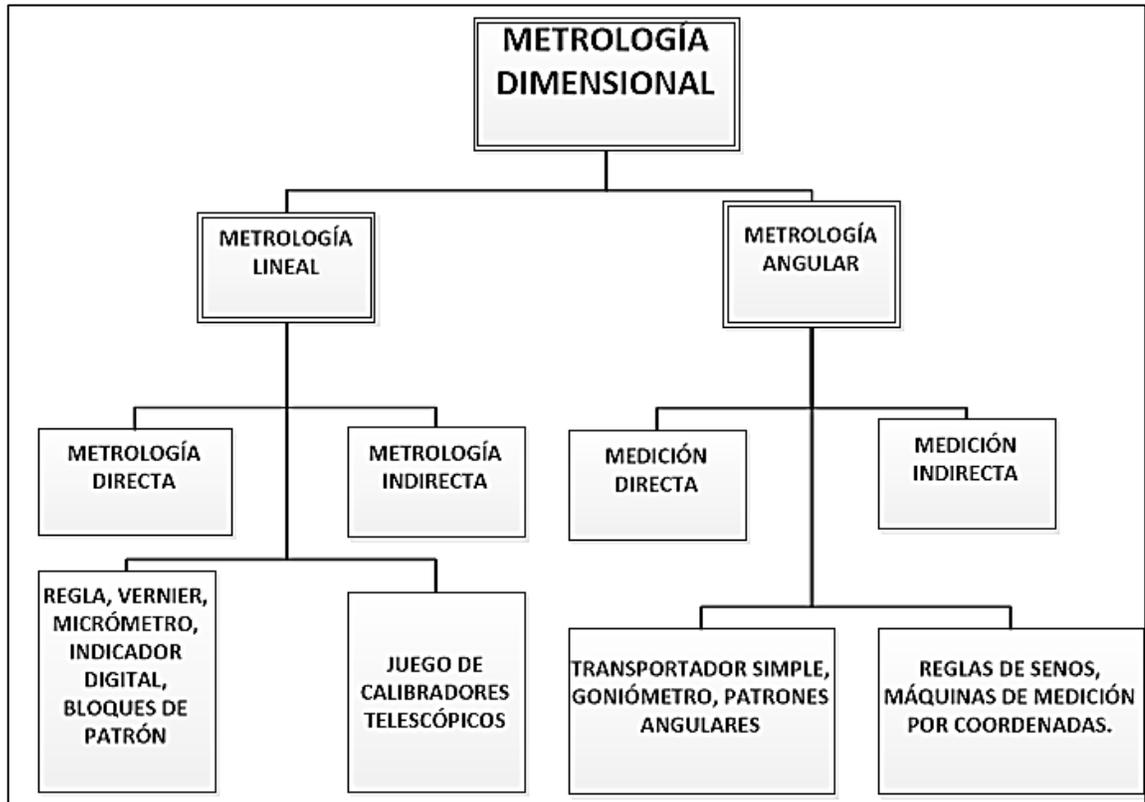
De manera general los errores se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Errores aleatorios: estos son inherentes a cualquier tipo de proceso de medición y da como resultado que las mediciones sean diferentes.
- Errores sistemáticos: son errores provocados por falla de un instrumento, desconcentración del operador o condiciones ambientales.
- Errores crasos: estos son errores sumamente graves que no se tiene otra alternativa que abandonar la medición que se está trabajando.

#### **1.4.5. Instrumentos de medición**

La metrología dimensional es la que se encarga de desarrollar las técnicas de medición que darán como resultado magnitudes lineales y angulares. El presente diagrama define de mejor manera el campo de aplicación de la metrología dimensional:

Figura 2. **Metrología dimensional**



Fuente: *Instrumentación y metrología*. [http://industrial.uson.mx/module/archivos/notas\\_metrologia.pdf](http://industrial.uson.mx/module/archivos/notas_metrologia.pdf). Consulta: 14 de diciembre de 2014.

#### 1.4.5.1. **Metrología dimensional**

Básicamente es la ciencia que se encarga de la medición de magnitudes geométricas:

- Dimensiones: ángulos y longitudes
- Formas: cilindridad, plenitud
- Acabado superficial: rugosidad

#### **1.4.5.1.1. Medición lineal**

Es parte de la metrología dimensional que se encarga de todas las mediciones realizadas sobre un sólido estático en cuanto sus dimensiones, esto quiere decir espesor, ancho, profundidad, entre otros.

#### **1.4.5.1.2. Medición angular**

Esta es la medición que se realiza sobre el arco de una circunferencia “desplazamiento angular del radián ( $0^\circ - 360^\circ$ )”. El radián es la unidad de ángulo en el sistema internacional de medidas. El radián se define como el ángulo central que limita un arco de circunferencia cuya longitud es igual a la del radio de la circunferencia. Su símbolo es rad.

### **1.5. Gestión metrológica**

Un efectivo sistema de administración de las mediciones asegura que el equipo y proceso de medición sean adecuados para su uso esperado y es importante en la búsqueda de la calidad para cumplir con las especificaciones programadas de producción y lo que el cliente requiere.

El objetivo de un sistema de administración de las mediciones es administrar los riesgos de que equipos y procesos de medición pudieran generar resultados incorrectos afectando la calidad de los productos de una organización. Los métodos usados para el sistema de administración de las mediciones varían desde verificaciones básicas de equipo hasta la aplicación de técnicas estadísticas en el control de los procesos de medición.<sup>15</sup>

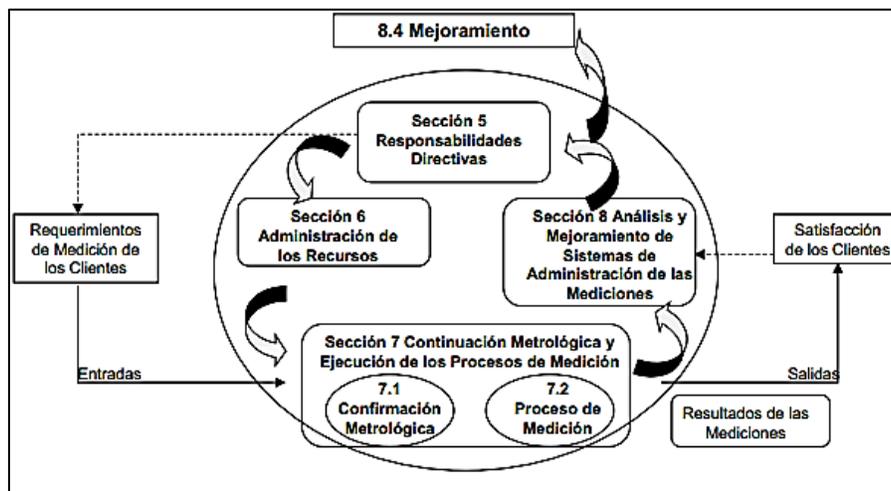
---

<sup>15</sup> NORMA ISO 10012: 2003. *Sistema de administración de las mediciones, requerimientos para procesos y equipos de medición* [en línea]. <[http://www.auto-consulting.org/RaulRdezSanchez/5.CDs.Core.Tools/CD-07\\_MSA4.Analisis.de.sistemas.de.medicion/Norma\\_ISO\\_10012\\_2003\\_Espanol.pdf](http://www.auto-consulting.org/RaulRdezSanchez/5.CDs.Core.Tools/CD-07_MSA4.Analisis.de.sistemas.de.medicion/Norma_ISO_10012_2003_Espanol.pdf)>. Consulta: 28 de diciembre 2014.

### 1.5.1. Modelo de gestión metrológico ISO 10012:2003

Uno de los principios de administración establecidos en ISO 9000 aborda el enfoque orientado a procesos. Los procesos de medición debieran ser considerados como procesos específicos orientados a apoyar la calidad de los productos manufacturados por la organización en cuestión. La aplicación del modelo de un sistema de administración de las mediciones que aplica a esta Norma Internacional se muestra en la figura 1.

Figura 3. Modelo de gestión metrológico



Fuente: Norma ISO 10012:2003. p. 45.

### 1.5.2. Calibración

Calibrar es una comparación entre un estándar de medición o equipo con un estándar o equipo de mayor exactitud y con esto cuantificar y detectar imprecisiones y reportarlas o eliminarlas por medio de un ajuste.

Esto quiere decir que la calibración es la actividad de control de calidad más importante en la medición, dado que determina la relación entre un valor medido por un equipo convencionalmente real, proporcionando validez y trazabilidad a una medición determinada.

### **1.5.3. Trazabilidad metrológica**

Trazabilidad es un término vital que debe ser tomado en cuenta en los programas de calibración. Según la NMX-Z 055:1996 INMC se define trazabilidad como “propiedad del resultado de una medición o del valor de un patrón, tal que ésta pueda ser relacionada con referencias determinadas, generalmente patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones teniendo todas incertidumbres determinadas”.

### **1.5.4. Incertidumbre de la medición**

Esta generalmente está asociada a la calidad de la medición. Se puede inferir que la incertidumbre de medición es la duda que se presenta conforme al resultado de una medición determinada. Por ejemplo, se puede pensar que los termómetros y relojes, siempre son veraces y dan resultados correctos, pero en cualquier medición que se realice aún en las más cuidadosas se tiene un margen de duda.

Cuando se trata el tema de incertidumbre de una medición se debe tener clara la diferencia entre un error y la incertidumbre. El error es aquella diferencia entre un valor convencionalmente verdadero y un valor medido; por otro lado la incertidumbre es la cuantificación de duda que se tiene conforme un resultado de una medición.

### **1.5.5. Factores que intervienen en una medición**

En resumen los factores que intervienen en la medición de una magnitud son el objeto a medir, instrumento o aparato de medición, unidad o patrón de comparación, el operador y el medio ambiente donde se realiza la medición. Estos factores intervienen en la medición por las interacciones que se presentan entre ellos.

### **1.5.6. Certificado de calibración (uso logo ISO 9001)**

Es el documento que da validez a la calibración de un instrumento determinado, la empresa proveedora del servicio debe estar certificada en ISO 9001:2008 para poder emitir este tipo de certificados.

Para que tenga validez técnica-científica y base legal se debe cumplir con un proceso:

- Verificación del instrumento conforme patrones certificados y que tengan trazabilidad definida.
- Ajuste realizado por un especialista con experiencia comprobada utilizando procedimientos normados y manuales técnicos con especificaciones de variables electrónicas y ópticas dadas por un fabricante.



## 2. DIAGNÓSTICO SITUACIONAL

### 2.1. Línea de producción de botellas de vidrio

- El proceso de embotellado inicia cuando el operador del montacargas deposita los *pallets* cerca de la cadena transportadora, donde el operador de la despaletizadora alimenta la máquina.

Figura 4. Despaletizadora línea 3



Fuente: nave de producción Embocen.

- Desencajonadora: esta máquina saca las botellas de las cajas y las coloca en los transportes de envases, un operador saca de la línea de producción todas aquellas botellas que no pueden ser envasadas por estar dañadas o deformes. Las botellas que pasan la prueba siguen en la banda transportadora hacia el proceso-operación.

Figura 5. **Desencajonadora línea 3**



Fuente: nave de producción Embocen.

## **2.2. Lavadora de botellas**

Su función es lavar los envases y dejarlos estériles, las botellas de vidrio que ingresan por preenjuague utilizan agua tibia y limpia, sin ningún tipo de detergente; trabaja a presión regular para eliminar cualquier tipo de suciedad que traiga la botella. Algo que se debe detallar es que el primer enjuague contiene solo agua, el segundo soda cáustica al 2 % a una temperatura de 50° Celsius.

Figura 6. **Lavadora de botellas línea 3**



Fuente: nave de producción Embocen.

### **2.2.1. Instrumentación calibrable**

Entre la instrumentación que debe estar calibrada en el equipo de lavadora de botellas son los controles de temperatura y termómetros; dado que se tiene una temperatura determinada para que la botella quede completamente limpia y esterilizada.

#### **2.2.1.1. Controles de temperatura**

Esta clase de instrumentación se utiliza en instalaciones que tienen un sensor en la entrada de su proceso y una salida de regulación. Estos se configuran por medio de las teclas del propio regulador. En el caso de la lavadora de botellas se establece una temperatura de lavado de 60 °C, por esta razón es de suma importancia que el controlador esté calibrado para que proporcione resultados consistentes.

Tabla III. **Controles de temperatura calibrables lavadora**

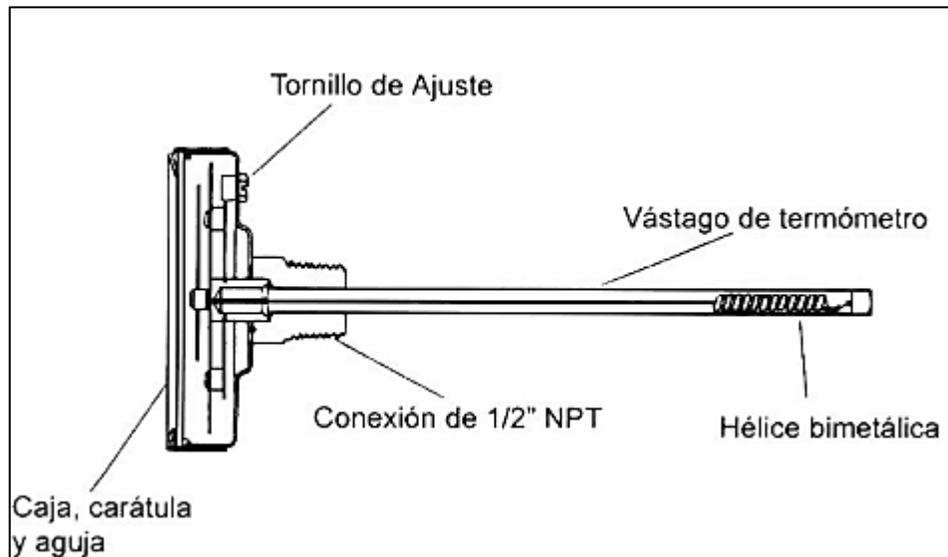
<p><b>1. CONTROL DE TEMPERATURA</b>  <b>Código:</b> L3-LBO-CO-01  <b>Marca:</b> OMRON  <b>Ubicación:</b> Panel eléctrico L-3  <b>Tipo de fluido:</b> Agua suave  <b>Rango:</b> (0-125) °C  <b>Escala:</b> 1 °C  <b>Tamaño de carátula:</b> N/A  <b>Incidencia:</b> Calidad e inocuidad  <b>Posición:</b> Panel eléctrico</p>	
<p><b>2. CONTROL DE TEMPERATURA</b>  <b>Código:</b> L3-LBO-CO-02  <b>Marca:</b> OMRON  <b>Ubicación:</b> Panel eléctrico L-3  <b>Tipo de fluido:</b> Agua suave  <b>Rango:</b> (0-20)°C  <b>Escala:</b> 1 °C  <b>Tamaño de carátula:</b> N/A  <b>Incidencia:</b> Calidad e inocuidad  <b>Posición:</b> Panel eléctrico</p>	
<p><b>3. CONTROL DE TEMPERATURA</b>  <b>Código:</b> L3-LBO-CO-03  <b>Marca:</b> OMRON  <b>Ubicación:</b> Panel eléctrico L-3  <b>Tipo de fluido:</b> Agua suave  <b>Rango:</b> (-20-65)°C  <b>Escala:</b> 1 °C  <b>Tamaño de carátula:</b> N/A  <b>Incidencia:</b> Calidad e inocuidad  <b>Posición:</b> Tablero</p>	

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.1.2. Termómetros

Este tipo de instrumento de medición encuentra la temperatura por medio de la contracción y expansión de diferentes metales, dentro de la zona de detección del termómetro, dependiendo de la temperatura ambiental. Esto es posible dado que los metales sufren cambios al ser sometidos a variaciones de temperatura, la confiabilidad es temporal pero pueden ser recalibrados sin ningún tipo de problema por la empresa que presta el servicio de calibración a la embotelladora.

Figura 7. Partes de un termómetro bimetálico



Fuente: *Termómetro bimetálico.*

[http://www.grisa.com.mx/web/images/pdf/DE%20WIT/termometro\\_bimetalico%20DE-WIT.pdf](http://www.grisa.com.mx/web/images/pdf/DE%20WIT/termometro_bimetalico%20DE-WIT.pdf)

Consulta: 28 de diciembre de 2014.

Tabla IV. **Termómetros calibrables lavadora**

<p><b>TERMÓMETRO</b></p> <p><b>Código:</b> L3-LBO-TE-05  <b>Marca:</b> MARSH  <b>Ubicación:</b> Lavadora de botellas  <b>Tipo de fluido:</b> Agua suave  <b>Rango:</b> (-10-120) °C ; (0-250)  <b>Escala:</b> 2 °C ; 2°F  <b>Tamaño de carátula:</b> 5,5 in  <b>Incidencia:</b> Calidad e inocuidad  <b>Posición:</b> Horizontal</p>	
<p><b>TERMÓMETRO</b></p> <p><b>Código:</b> L3-LBO-TE-06-01  <b>Marca:</b> ASHCROFT  <b>Ubicación:</b> Lavadora de botellas  <b>Tipo de fluido:</b> Agua suave  <b>Rango:</b> (0-100)°C  <b>Escala:</b> 2 °C  <b>Tamaño de carátula:</b> 5 in  <b>Incidencia:</b> Calidad e inocuidad  <b>Posición:</b> Horizontal</p>	

Fuente: elaboración propia.

### 2.3. **Equipo de mezcla**

Es el encargado de la unión del jarabe terminado con agua. Algo importante que se debe destacar es que el agua es la materia principal de las bebidas carbonatadas. La diferencia en producir los distintos sabores de bebidas carbonatadas está en la forma en que es endulzada, gasificada y provista de un determinado sabor.

Figura 8. **Equipo de mezcla línea 3**



Fuente: nave de producción Embocen.

### **2.3.1. Instrumentación calibrable**

Los instrumentos que son fundamentales para incluir en cualquier programa de calibración en el área de equipo de mezcla de una línea de producción son: manómetros y vacuómetros. Es importante recordar que los manómetros miden la presión mayor a la presión atmosférica, por otro lado un vacuómetro mide la presión inferior a la atmosférica conocida como vacío.

#### **2.3.1.1. Manómetros**

Este instrumento es utilizado para medir la presión de un fluido determinado por medio de la diferencia de la presión local con la del fluido. La presión se expresa en el sistema internacional en Newton por metro cuadrado ( $N.m^2$ ) que es un Pascal (Pa). También en la industria suele usarse bar, PSI. Una atmósfera se define como 101.325 Pa.

Se debe considerar que la mayoría de los manómetros determinan la diferencia de la presión del fluido y la atmósfera local, por lo tanto se debe sumar esta última al valor indicado por el manómetro para encontrar la presión absoluta, cuando se tiene un valor negativo es por un vacío parcial.

Tabla V. **Manómetros calibrables equipo de mezcla**

<p><b>1. MANÓMETRO</b></p> <p><b>Código:</b> L3-EQM-MA-04  <b>Marca:</b> MARSH  <b>Ubicación:</b> Izquierda de tanque  <b>Tipo de fluido:</b> Agua carbonatada  <b>Rango:</b> (0-300) psi  <b>Escala:</b> 2 psi  <b>Tamaño de carátula:</b> 3 in  <b>Incidencia:</b> Calidad e inocuidad  <b>Posición:</b> Vertical</p>	
<p><b>2. MANÓMETRO</b></p> <p><b>Código:</b> L3-EQM-MA-05  <b>Marca:</b> FESTO  <b>Ubicación:</b> Panel Multicontroller  <b>Tipo de fluido:</b> Aire comprimido  <b>Rango:</b> (0-16) bar  <b>Escala:</b> 0,5 bar  <b>Tamaño de carátula:</b> 1,5 in  <b>Incidencia:</b> Calidad e inocuidad  <b>Posición:</b> Horizontal (Unidad manto.)</p>	

Continuación de la tabla V.

<b>MANÓMETRO</b>		
<b>Código:</b>	L3-EQM-MA-06	
<b>Marca:</b>	FESTO	
<b>Ubicación:</b>	Panel Multicontroller	
<b>Tipo de fluido:</b>	Aire comprimido	
<b>Rango:</b>	(0-16) bar	
<b>Escala:</b>	0,5 bar	
<b>Tamaño de carátula:</b>	1,5 in	
<b>Incidencia:</b>	Horizontal (Unidad manto.)	
<b>Posición:</b>		

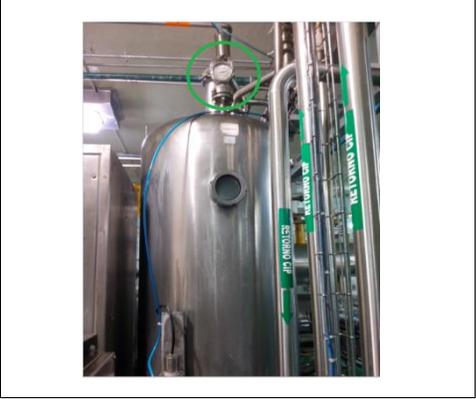
Fuente: elaboración propia.

### 2.3.1.2. Vacuómetros

Es el instrumento que mide las presiones inferiores a la presión atmosférica. La medida que realiza no tiene más significado que valorar la caída de presión que se produce en los colectores (antes de toma de presión) conforme la abertura de la mariposa y el número de revoluciones de un motor. En el caso del equipo de mezcla el vacuómetro indica la cantidad de aire que puede pasar hacia la llenadora de botellas, para que así no existan variaciones en el nivel de llenado de cada una de las botellas.

Tabla VI. **Vacuómetros calibrables equipo de mezcla**

<b>1. VACUÓMETRO</b>	
<b>Código:</b>	L3-EQM-VC-01
<b>Marca:</b>	MARSH
<b>Ubicación:</b>	Equipo de mezcla
<b>Tipo de fluido:</b>	Aire comprimido
<b>Rango:</b>	(vacío)
<b>Escala:</b>	(-100-400) Kpa
<b>Tamaño de carátula:</b>	0.5 Kpa
<b>Incidencia:</b>	4 in
<b>Posición:</b>	Calidad e inocuidad vertical



Fuente: elaboración propia.

## 2.4. **Llenadora de botellas**

Es la máquina que se encarga de introducir la bebida carbonatada en las botellas, en este punto de producción las variables que se deben tomar en cuenta son la presión de llenado, velocidad y nivel de llenado.

Figura 9. **Llenadora de botellas línea 3**



Fuente: nave de producción Embocen.

## 2.4.1. Instrumentación calibrable

El sistema de calidad de FEMSA incluye las políticas y objetivos, los procedimientos, las responsabilidades, los registros, entre otros, relacionados con los equipos de medición. El manual de calidad y los documentos relacionados con la calidad (procedimientos de los equipos) deben incluir las disposiciones o instrucciones oportunas para el control, calibración, verificación y mantenimiento de los equipos.

### 2.4.1.1. Manómetros

Es un instrumento de medición para la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados. Se distinguen dos tipos de manómetros, según se empleen para medir la presión de líquidos o de gases.

Tabla VII. **Manómetros calibrables llenadora de botellas**

<b>1.MANÓMETRO</b> <b>Código:</b> L3-LLE-MA-02 <b>Marca:</b> KHS <b>Ubicación:</b> Tablero llenadora <b>Tipo de fluido:</b> Aire pistones <b>Rango:</b> (0-10) kg/cm <sup>2</sup> <b>Escala:</b> 0,2 kg/cm <sup>2</sup> <b>Tamaño de carátula:</b> 3 in <b>Incidencia:</b> Calidad e Inocuidad <b>Posición:</b> Tablero	
--	--

Continuación de la tabla VII.

<p><b>2.MANÓMETRO</b></p> <p><b>Código:</b> L3-LLE-MA-03 <b>Marca:</b> KHS <b>Ubicación:</b> Tablero llenadora <b>Tipo de fluido:</b> Aire estéril <b>Rango:</b> (0-10) kg/cm<sup>2</sup> <b>Escala:</b> 0,2 kg/cm<sup>2</sup> <b>Tamaño de carátula:</b> 3 in <b>Incidencia:</b> Calidad e inocuidad <b>Posición:</b> Tablero</p>	
<p><b>3.MANÓMETRO</b></p> <p><b>Código:</b> L3-LLE-MA-06 <b>Marca:</b> S/N <b>Ubicación:</b> En tazón de llenadora <b>Tipo de fluido:</b> Agua carbonatada <b>Rango:</b> (0-150) psi <b>Escala:</b> 2 <b>Tamaño de carátula:</b> 5 <b>Incidencia:</b> Calidad e inocuidad <b>Posición:</b> Vertical</p>	

Fuente: elaboración propia.

### 2.4.1.2. Termómetros

Es un instrumento de medición de temperatura. Desde su invención ha evolucionado mucho, principalmente a partir del desarrollo de los termómetros electrónicos digitales.

Tabla VIII. **Termómetro calibrable llenadora de botellas**

<p><b>1. TERMÓMETRO</b></p> <p><b>Código:</b> L3-LLE-TE-01 <b>Marca:</b> MARSH <b>Ubicación:</b> Ubicado arriba del tazón <b>Tipo de fluido:</b> Aire comprimido <b>Rango:</b> (-20-120) °C <b>Escala:</b> 2 °C <b>Tamaño de carátula:</b> 4 in <b>Incidencia:</b> Calidad e Inocuidad <b>Posición:</b> Vertical</p>	
--	--

Fuente: elaboración propia.

Conforme la investigación de campo realizada y la entrevista hecha al metrólogo de la embotelladora, se determina que los puntos críticos de calibración de la línea de producción son: lavadora de botellas, equipo de mezcla, y llenadora de botellas. En la llenadora de botellas se tiene equipo calibrable en el tazón de la llenadora y en su tablero de control.



### 3. PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR EL PROGRAMA DE CALIBRACIÓN

Previo a determinar la instrumentación que se calibrará en el programa de calibración que se quiere implementar, se realiza un estudio estadístico de los instrumentos que se calibran actualmente.

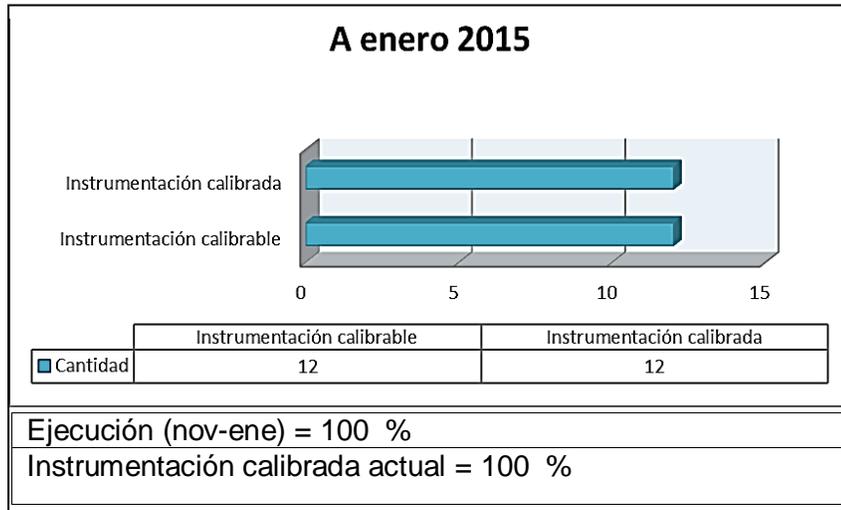
- Estadísticas de calibración de la instrumentación en planta de producción

Tabla IX. **Estadística calibración calderas de vapor**

Núm.	INSTRUMENTO	CÓDIGO	OBSERVACIONES	INCIDENCIA
1	presostato	cal04-pr-01	nuevo/calibrado	seguridad industrial
2	presostato	cal04-pr-02	nuevo/calibrado	seguridad industrial
3	presostato	cal04-pr-03	calibrado	seguridad industrial
4	presostato	cal04-pr-04	calibrado	seguridad industrial
5	válvula de seguridad	cal04-vs-01	calibrado	seguridad industrial
6	válvula de seguridad	cal04-vs-02	calibrado	seguridad industrial

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Calibración de instrumentación, calderas**



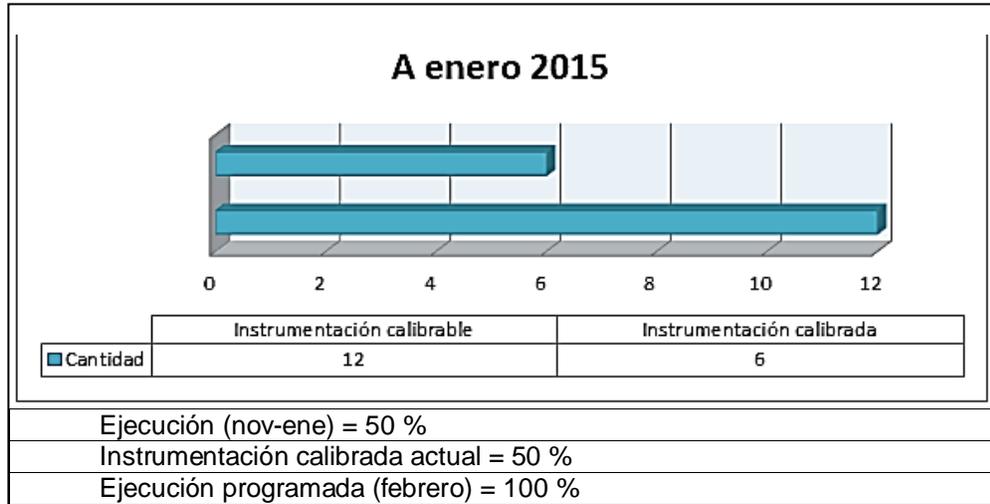
Fuente: elaboración propia

Tabla X. **Estadística calibración central de frío**

Núm.	INSTRUMENTO	CÓDIGO	OBSERVACIONES	INCIDENCIA
1	Manómetro descarga nh <sub>3</sub>	cf-cam01-ma-01-02	nuevo/calibrado	seguridad ind.
2	Manómetro descarga nh <sub>3</sub>	cf-cam02-ma-01-02	nuevo/calibrado	seguridad ind.
3	Manómetro descarga nh <sub>3</sub>	cf-cam03-ma-01-01	nuevo/calibrado	seguridad ind.
4	Manómetro descarga nh <sub>3</sub>	cf-cam04-ma-01-02	nuevo/calibrado	seguridad ind.
5	Manómetro descarga nh <sub>3</sub>	cf-cam05-ma-01-01	nuevo/calibrado	seguridad ind.
6	Manómetro descarga nh <sub>3</sub>	cf-cam06-ma-01-01	nuevo/calibrado	seguridad ind.
7	Manómetro succión nh <sub>3</sub>	cf-cam01-ma-04-01	no calibrado/progra. para febrero	calidad
8	Manómetro succión nh <sub>3</sub>	cf-cam02-ma-04-01	no calibrado/progra. para febrero	calidad
9	Manómetro succión nh <sub>3</sub>	cf-cam03-ma-04-01	no calibrado/progra. para febrero	calidad
10	Manómetro succión nh <sub>3</sub>	cf-cam04-ma-04-01	no calibrado/progra. para febrero	calidad
11	Manómetro succión nh <sub>3</sub>	cf-cam05-ma-04-01	no calibrado/progra. para febrero	calidad
12	Manómetro succión nh <sub>3</sub>	cf-cam06-ma-04-01	no calibrado/progra. para febrero	calidad

Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Calibración de instrumentación, central de frío**



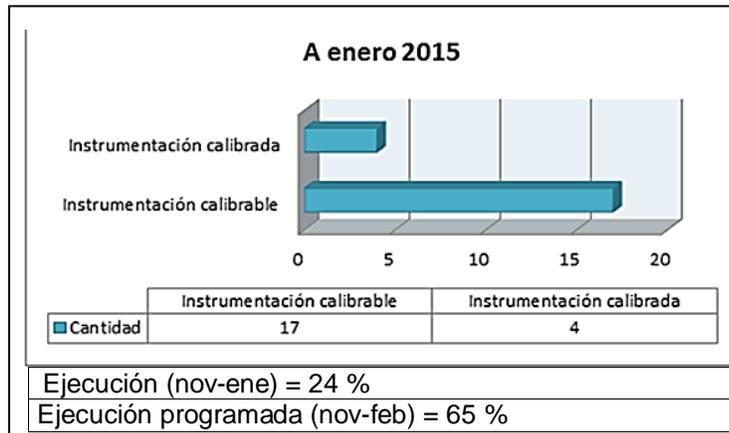
Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Estadística calibración línea 1**

Núm.	INSTRUMENTO	CÓDIGO	OBSERVACIONES	INCIDENCIA
1	manómetro	I1-lle-ma-01	calibrado/ progra. para agosto	calidad e inocuidad
2	manómetro	I1-lle-ma-02	calibrado/ progra. para agosto	calidad e inocuidad
3	manómetro	I1-lle-ma-03	calibrado/ progra. para agosto	calidad e inocuidad
4	manómetro	I1-lle-ma-08	nuevo/calibrado (tazón llenadora)	calidad e inocuidad
5	manómetro	I1-egm-ma-01	calibrado/ progra. para febrero	calidad e inocuidad
6	manómetro	I1-egm-ma-04	calibrado/ progra. para febrero	calidad e inocuidad
7	manómetro	I1-egm-ma-05	calibrado/ progra. para febrero	calidad e inocuidad
8	manómetro	I1-egm-ma-06	calibrado/ progra. para febrero	calidad e inocuidad
9	manómetro	I1-egm-ma-07	calibrado/ progra. para febrero	calidad e inocuidad
10	termómetro	I1-egm-te-01	calibrado/ progra. para febrero	calidad e inocuidad
11	transductor	I1-egm-tr-01	calibrado/ progra. para agosto	calidad e inocuidad
12	vacuómetro	I1-egm-vc-01	nuevo/calibrado	calidad e inocuidad
13	termómetro	I1-lle-te-01	nuevo/calibrado (tazón llenadora)	calidad e inocuidad

Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Calibración de instrumentación línea 1**



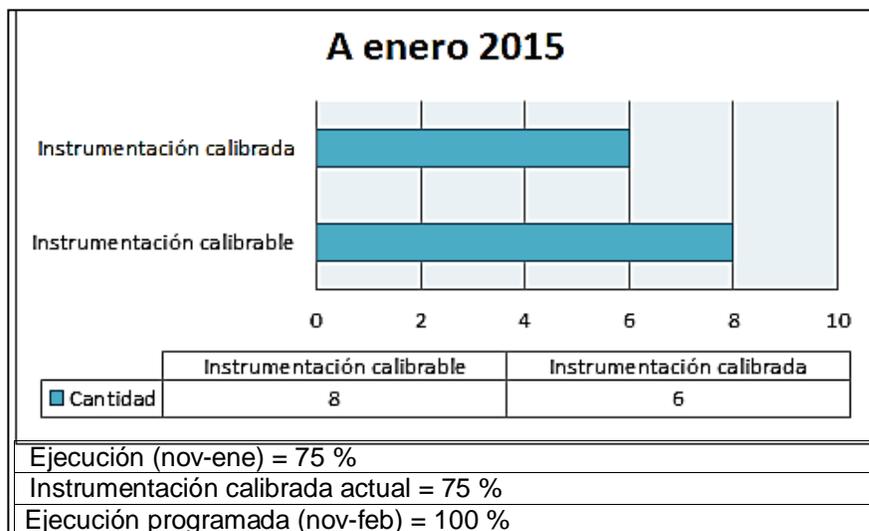
Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Estadística calibración línea 2**

Núm.	INSTRUMENTO	CÓDIGO	OBSERVACIONES	INCIDENCIA
1	vacuómetro	I2-eqm02-vc-01	calibrado	calidad
2	manómetro	I2-eqm-ma-02	calibrado	calidad
3	manómetro	I2-eqm-ma-04	calibrado	calidad
4	manómetro	I2-Ile-ma-08	calibrado	calidad
5	manómetro	I2-eqm-ma-08	calibrado	calidad
6	termómetro	I2-eqm-te-01	nuevo/calibrado	calidad
7	flujómetros másicos	I2-eqm-fl-01	no calibrado/progra para febrero	calidad
8	flujómetros másicos	I2-eqm-fl-02	no calibrado/progra para febrero	calidad

Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Calibración de instrumentación línea 2**



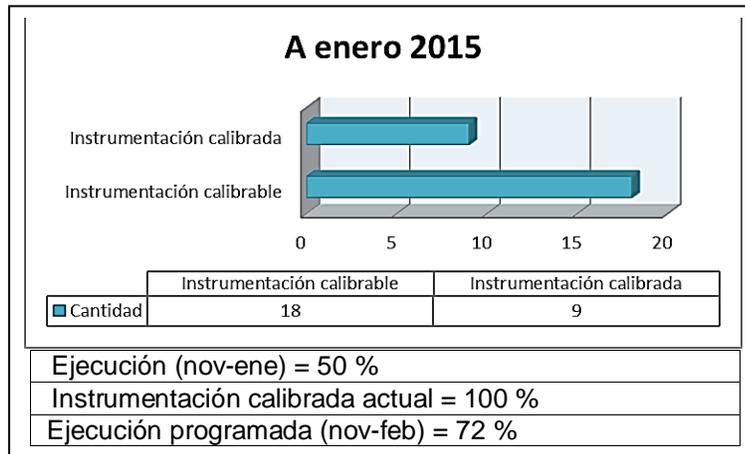
Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Estadística calibración línea 3**

Núm.	INSTRUMENTO	CÓDIGO	OBSERVACIONES	INCIDENCIA
1	manómetro	I3-lle-ma-02	calibrado / progra. para agosto	calidad
2	manómetro	I3-lle-ma-03	calibrado / progra. para febrero	calidad
3	manómetro	I3-eqm-ma-04	calibrado / progra. para febrero	calidad
4	manómetro	I3-eqm-ma-05	calibrado / progra. para febrero	calidad
5	manómetro	I3-lle-ma-06	nuevo / calibrado (tazón llenadora)	calidad
6	manómetro	I3-eqm-ma-08	calibrado	calidad
7	manómetro	I3-eqm-ma-07	calibrado / progra. para febrero	calidad
8	termómetro	I3-lle-te-01	nuevo / calibrado (tazón llenadora)	calidad
9	control de temperatura	I3-lbo-co-01	calibrado	calidad
10	control de temperatura	I3-lbo-co-02	calibrado	calidad
11	transductor	I3-eqm-tr-01	calibrado / progra. para marzo	calidad
12	vacuómetro	I3-eqm-vc-01	calibrado / progra. para agosto	calidad

Fuente: elaboración propia.

Figura 14. **Calibración de instrumentación línea 3**



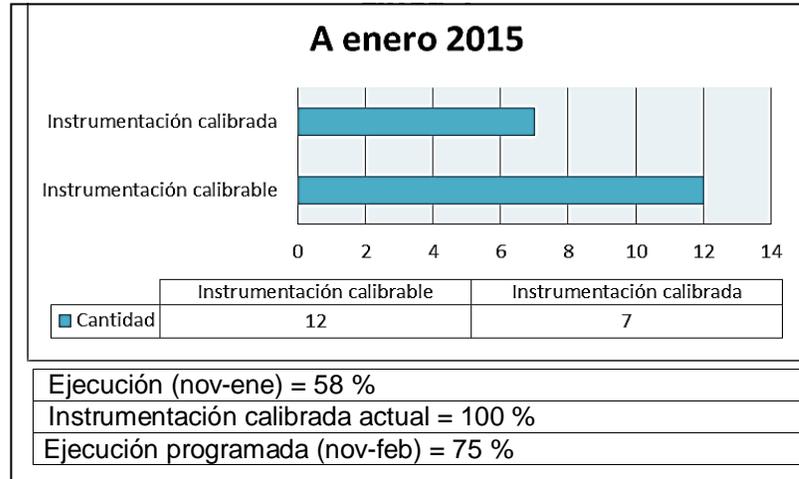
Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Estadística calibración línea 4**

Núm	INSTRUMENTO	CÓDIGO	OBSERVACIONES	INCIDENCIA
1	manómetro	I4-lle-ma-01	calibrado	calidad
2	manómetro	I4-lle-ma-02	calibrado	calidad
3	manómetro	I4-lle-ma-04	calibrado	calidad
4	manómetro	I4-eqm-ma-03	calibrado/progra. para febrero	calidad
5	manómetro	I4-eqm-ma-04	calibrado/progra. para febrero	calidad
6	manómetro	I4-eqm-ma-06	calibrado/progra. para junio	calidad
7	manómetro	I4-eqm-ma-07	calibrado	calidad
8	manómetro	I4-lle-ma-08	nuevo/calibrado (tazón llenadora)	calidad
9	vacuometro	I4-eqm-vc-01	nuevo/calibrado	calidad
10	transductor	I4-eqm-tr-05	calibrado/progra. para agosto	calidad
11	transductor	I4-eqm-tr-01	calibrado/progra. para agosto	calidad
12	termómetro	I4-lle-te-01	nuevo/calibrado (tazón llenadora)	calidad

Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Calibración de instrumentación línea 4**



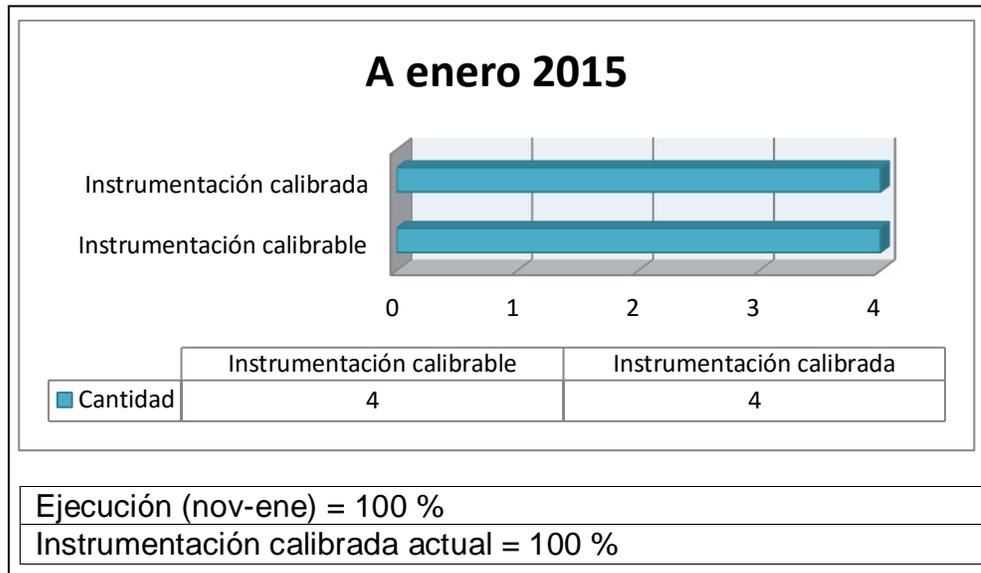
Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Estadística calibración PTAR**

Núm.	INSTRUMENTO	CÓDIGO	OBSERVACIONES	INCIDENCIA
1	potenciómetro	ptar-bi-po-01	calibrado	medio ambiente
2	potenciómetro	ptar-bi-po-02	calibrado	medio ambiente
3	potenciómetro	ptar-ra-po-01	calibrado	medio ambiente
4	flujómetro	ptar-bi-mf-01	calibrado	medio ambiente

Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Calibración de instrumentación PTAR**



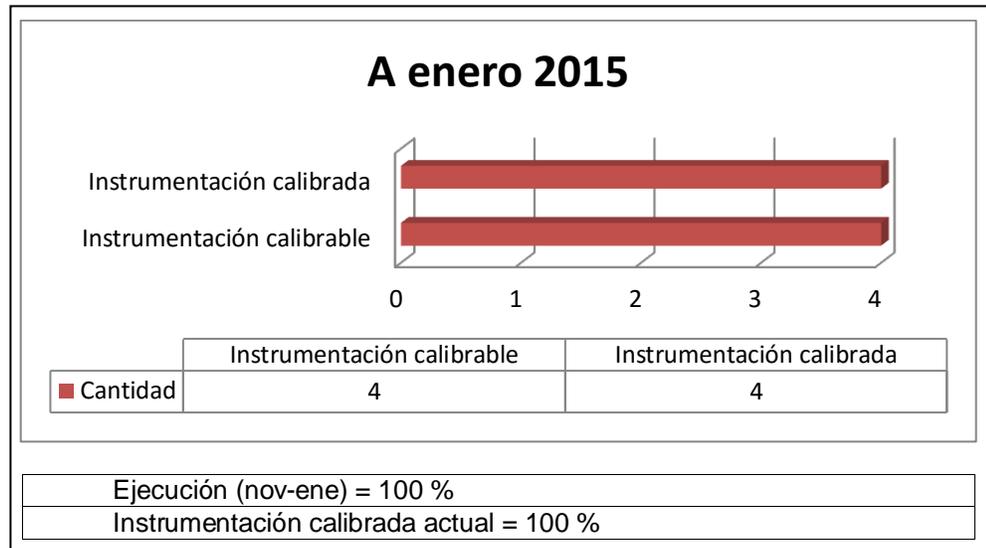
Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Estadística calibración contadores de agua**

Núm.	INSTRUMENTO	CÓDIGO	OBSERVACIONES	INCIDENCIA
1	contador de agua	te-ca-18	calibrado	medio ambiente
2	contador de agua	pz-ca-04	calibrado	medio ambiente
3	contador de agua	pz-ca-02	calibrado	medio ambiente
4	contador de agua	ta-fl-01	calibrado	medio ambiente

Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Calibración de instrumentación de contadores de agua**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Estadística calibración jarabe terminado**

Núm.	INSTRUMENTO	CÓDIGO	OBSERVACIONES	INCIDENCIA
1	tanque	tq-jt-01	calibrado / progra. para marzo	calidad e inocuidad
2	tanque	tqjt02	calibrado / progra. para marzo	calidad e inocuidad
3	tanque	tqjt03	calibrado / progra. para marzo	calidad e inocuidad
4	tanque	tqjt04	calibrado / progra. para marzo	calidad e inocuidad
5	tanque	tqjt05	calibrado / progra. para marzo	calidad e inocuidad
6	tanque	tqjt06	calibrado / progra. para marzo	calidad e inocuidad
7	tanque	tjt 07	calibrado / progra. para marzo	calidad e inocuidad
8	tanque	tjt 08	calibrado / progra. para marzo	calidad e inocuidad

Continuación de la tabla XVII.

9	tanque	tjt 09	calibrado / progra. para marzo	calidad e inocuidad
0	tanque	tjt 10	calibrado / progra. para marzo	calidad e inocuidad
1	tanque	tjt 11	calibrado / progra. para marzo	calidad e inocuidad
2	tanque	tjt-12	calibrado / progra. para julio	calidad e inocuidad
3	tanque	tsa-14	calibrado / progra. para marzo	calidad e inocuidad
4	tanque	tsa-15	calibrado / progra. para julio	calidad e inocuidad
5	tanque	tsa-18	calibrado / progra. para marzo	calidad e inocuidad
6	flujómetro	jt-l4-fl-01	no calibrado / progra. para febrero	calidad e inocuidad
7	flujómetro	jt-l1-fl-01	no calibrado / progra. para febrero	calidad e inocuidad
8	flujómetro	jt-l2-fl-01	no calibrado / progra. para febrero	calidad e inocuidad
Ejecución (nov-ene) = 0 %				
Instrumentación calibrada actual = 85 %				
Ejecución programada (nov-mar) = 80 %				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Estadística calibración CIP**

Núm.	INSTRUMENTO	CÓDIGO	OBSERVACIONES	INCIDENCIA
1	flujómetro conductivo	cip-fl-03	no calibrado / progra. para febrero	calidad e inocuidad
2	flujómetro conductivo	cip-fl-04	no calibrado / progra. para febrero	calidad e inocuidad
3	flujómetro conductivo	cip-fl-06	no calibrado / progra. para febrero	calidad e inocuidad

Ejecución (nov-ene) = 0 %
Instrumentación calibrada actual = 0 %
Ejecución programada (nov-feb) = 100 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Estadística calibración jarabe simple**

Núm	INSTRUMENTO	CÓDIGO	OBSERVACIONES	INCIDENCIA
1	termómetro	js-tqc02-te-01-01	calibrado / progra. para junio	calidad
2	termómetro	js-tqc02-te-02	calibrado / progra. para junio	calidad
3	termómetro	js-tqc01-te-05	calibrado / progra. para junio	calidad
4	termómetro	js-tqc02-te-06-01	calibrado / progra. para junio	calidad
5	sensor de temperatura	coc-tqc01-rtd-01	calibrado / progra. para abril	calidad
6	sensor de temperatura	coc-tqc02-rtd-01	calibrado / progra. para abril	calidad
7	gráficador	coc-gfty-te-01-01	calibrado / progra. para abril	calidad
8	tanque	tjs-01	calibrado / progra. para abril	calidad
Ejecución (nov-ene) = 0 %				
Ejecución programada (nov-feb)= 54 %				

Fuente: elaboración propia.

### 3.1. Levantamiento de instrumentación calibrable de línea de producción

- Utilización de herramienta del círculo de Deming

Las Normas ISO de Gestión de Calidad ISO 9001, Inocuidad ISO 22001, Seguridad 18001, Ambiente 14001 y Gestión Metrológica 10012 tienen su fundamento en el círculo de Deming (planear, hacer, verificar, actuar) por esta razón se utiliza para la propuesta del programa de calibración.

- Planear: se determinará la instrumentación crítica de la línea de producción en su incidencia en calidad e inocuidad del producto, ambiente y seguridad industrial.

- Hacer: la instrumentación crítica se incluye en un programa de calibración de instrumentos como parte del mantenimiento preventivo del Departamento de Mantenimiento Industrial.
- Verificar: se busca el visto bueno del Departamento de Producción, ambiente y calidad de la instrumentación que se incluye en el programa de calibración.
- Actuar: en un caso hay inconformidad por parte de los departamentos de la instrumentación incluida en el programa se busca solucionar las discrepancias.

### **3.1.1. Instrumentación calibrable de la línea**

Se tiene una amplia gama de instrumentación técnica y equipamiento para resolver sus necesidades en prevención de riesgos laborales, medio ambiente, control de condiciones ambientales, de proceso y de almacenamiento.

#### **3.1.1.1. Código de instrumento**

Este código identifica a cada uno de los instrumentos según el procedimiento interno de la empresa, esta da información específica; área donde se encuentra, equipo, tipo de instrumento y correlativo.

#### **3.1.1.2. Correlativo**

Se utiliza en el caso que hay varios instrumentos del mismo tipo en un área determinada o equipo específico; por ejemplo dos manómetros que se encuentren en el equipo de mezcla de la línea 3 serían: L3-EQM-MA-01, L3-EQM-MA-02. Los dos instrumentos son manómetros de la línea 3 en el equipo de mezcla pero se diferencian por su correlativo.

### **3.1.1.3. Ubicación**

El programa de calibración se implementará en la línea de producción núm. 3, básicamente las áreas que se trabajaran son: lavadora de botellas, equipo de mezcla y llenadora de botellas.

### **3.1.1.4. Tipo de material que maneja**

En el programa se colocará el tipo de material o tipo de fluido con el cual trabaja el instrumento, los materiales o fluidos con los que más se trabaja en esta embotelladora se tiene: agua suave, agua tratada, agua cruda, aire comprimido, dióxido de carbono, jarabe simple, jarabe terminado. Entre otros.

### **3.1.1.5. Fabricante o marca**

Otro de los datos técnicos a tomar en cuenta en el levantamiento de instrumentación a calibrar para ser tomado en cuenta en el programa de calibración es su fabricante o marca; por medio de la observación se ha determinado que las marcas más utilizadas en esta embotelladora son: Marsh, Wika, Ashcroft, Endress + Hausser, Omron, KHS.

### **3.1.1.6. Núm. de modelo serie**

Es de suma importancia tomar en cuenta el número de serie y modelo del instrumento a tratar, dado que este tipo de dato es vital al momento que se quiere reparar el instrumento o adquirir otro con características similares.

#### **3.1.1.7. Tamaño de carátula**

El tamaño de la carátula del instrumento se presentará en pulgadas. Este dato es importante conocerlo para los instrumentos que se encuentran en espacios donde se tiene establecido un tamaño específico del instrumento; por ejemplo un manómetro en un tablero de control. Si se quiere reemplazar el interesado solo se dirige al programa de calibración y encuentra la información requerida del instrumento.

#### **3.1.1.8. Rango de medición de capacidad**

Tomar en consideración el rango de medición es sumamente importante dado que la elección de un rango inadecuado del instrumento puede generar discrepancias en las mediciones del instrumento.

#### **3.1.1.9. Escala mínima**

Básicamente la escala mínima determina la lectura más pequeña que puede brindar el instrumento de medición. Este dato es sumamente importante dado que en la embotelladora se utiliza para determinar si el instrumento está en buenas condiciones de funcionamiento o no; esto es, comparando el error que se da a conocer en el certificado de calibración. Si este error es mayor a la escala mínima del instrumento se tiene que considerar sustituirlo.

#### **3.1.1.10. Rango de trabajo para calibración**

Escoger el rango en el cual se realizará la calibración es un trabajo que no se debe dejar pasar en alto en un programa de calibración, dado que se tiene que tomar en cuenta su rango habitual de trabajo para realizar el servicio de comparación con un patrón de medida.

#### **3.1.1.11. Última calibración**

Se tiene que considerar la fecha en la que se realizó la última calibración del instrumento, dado que conforme a ella se define su próxima calibración; por ejemplo el período recomendado para la calibración de un manómetro es de un año.

#### **3.1.1.12. Próxima calibración**

Como se mencionó anteriormente se definirá la próxima calibración conforme recomendación del proveedor que presta el servicio, o el uso que se le da a un instrumento en cuestión.

#### **3.1.1.13. Certificado de calibración**

Este es el documento que hace oficial el servicio que se presta de calibración a un instrumento específico, este debe contener todos los datos técnicos que se mencionaron con anterioridad y además dar a conocer el error encontrado como resultado de la comparación con un patrón específico, dado que este es utilizado para determinar si el instrumento es funcional al proceso o no.

A continuación se presenta el levantamiento de instrumentación a incluir en el programa de calibración, tomando en consideración cada uno de los datos técnicos que se mencionaron con anterioridad.

Cabe señalar que la instrumentación que se presenta a continuación pertenece a la línea 3 de la embotelladora, en esta se realiza el embotellado de las presentaciones retornables de vidrio de la marca. Para el levantamiento se

consideraron como referencia tres áreas de la línea: lavadora de botellas, equipo de mezcla y llenadora.

Para cada uno de los instrumentos que se presentan se tomó en cuenta:

- Código
- Correlativo
- Ubicación
- Tipo de fluido
- Rango
- Escala
- Tamaño de carátula
- Incidencia

Tabla XX. Instrumentación programa calibración lavadora de botellas

<p><b>1.CONTROL DE TEMPERATURA</b>  <b>Código:</b> L3-LBO-CO-04  <b>Marca:</b> QUANTROL  <b>Ubicación:</b> Lavadora de botellas  <b>Tipo de fluido:</b> Agua suave  <b>Rango:</b> (0-125) °C  <b>Escala:</b> 1 °C  <b>Tamaño de carátula:</b> N/A  <b>Incidencia:</b> Calidad e inocuidad  <b>Posición:</b> Tablero</p>	
<p><b>2.CONTROL DE TEMPERATURA</b>  <b>Código:</b> L3-LBO-CO-05  <b>Marca:</b> QUANTROL  <b>Ubicación:</b> Lavadora de botellas  <b>Tipo de fluido:</b> Agua suave  <b>Rango:</b> (0-125) °C  <b>Escala:</b> 1 °C  <b>Tamaño de carátula:</b> N/A  <b>Incidencia:</b> Calidad e inocuidad  <b>Posición:</b> Tablero</p>	
<p><b>3. CONTROL DE TEMPERATURA</b>  <b>Código:</b> L3-LBO-CO-06  <b>Marca:</b> QUANTROL  <b>Ubicación:</b> Lavadora de botellas  <b>Tipo de fluido:</b> Agua suave  <b>Rango:</b> (0-125) °C  <b>Escala:</b> 1 °C  <b>Tamaño de carátula:</b> N/A  <b>Incidencia:</b> Calidad e inocuidad  <b>Posición:</b> Tablero</p>	

Continuación de la tabla XX.

**3. TERMOMETRO**

**Código:** L3-LBO-TE-05  
**Marca:** MARSH  
**Ubicación:** Lavadora de botellas  
**Tipo de fluido:** Agua suave  
**Rango:** (-10-120) °C  
**Escala:** 2 °C  
**Tamaño de carátula:** 5,5 in  
**Incidencia:** Calidad e inocuidad  
**Posición:** Horizontal



**4. TERMOMETRO**

**Código:** L3-LBO-TE-06-01  
**Marca:** ASHCROFT  
**Ubicación:** Lavadora de botellas  
**Tipo de fluido:** Agua suave  
**Rango:** (0-100)°C  
**Escala:** 2 °C  
**Tamaño de carátula:** 5 in  
**Incidencia:** Calidad e inocuidad  
**Posición:** Horizontal



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. Instrumentación programa calibración equipo de mezcla

<p><b>1. VACUÓMETRO</b></p> <p><b>Código:</b> L3-EQM-VC-01  <b>Marca:</b> MARSH  <b>Ubicación:</b> Equipo de mezcla  <b>Tipo de fluido:</b> Vacío  <b>Rango:</b> (0- -30) inHg  <b>Escala:</b> 2 inHg  <b>Tamaño de carátula:</b> 4 in  <b>Incidencia:</b> Calidad e inocuidad  <b>Posición:</b> Vertical</p>	
<p><b>2.MANÓMETRO</b></p> <p><b>Código:</b> L3-EQM-MA-05  <b>Marca:</b> WIKA  <b>Ubicación:</b> Válvula de presión de CO<sub>2</sub>  <b>Tipo de fluido:</b> Dióxido de carbono  <b>Rango:</b> (0-14) kgf/cm<sup>2</sup>  <b>Escala:</b> 2  <b>Tamaño de carátula:</b> 3 in  <b>Incidencia:</b> Calidad e inocuidad  <b>Posición:</b> Vertical</p>	
<p><b>3. MANÓMETRO</b></p> <p><b>Código:</b> L3-EQM-MA-08  <b>Marca:</b> MARSH  <b>Ubicación:</b> Tubo tanque carbonatador  <b>Tipo de fluido:</b> Agua tratada  <b>Rango:</b> (0-160) psi  <b>Escala:</b> 2 psi  <b>Tamaño de carátula:</b> 4 in  <b>Incidencia:</b> Calidad e inocuidad  <b>Posición:</b> vertical</p>	

Continuación de la tabla XXI.

#### 4. MANÓMETRO

<b>Código:</b>	L3-EQM-MA-07
<b>Marca:</b>	MARSH
<b>Ubicación:</b>	Atrás de unidad
<b>Tipo de fluido:</b>	Ultravioleta
<b>Rango:</b>	Agua tratada
<b>Escala:</b>	(0-100) psi
<b>Tamaño de carátula:</b>	2 psi
<b>Incidencia:</b>	3 in
<b>Posición:</b>	Calidad e inocuidad vertical



#### 5. TRANSDUCTOR

<b>Código:</b>	L3-EQM-MA-04
<b>Marca:</b>	WIKA
<b>Ubicación:</b>	Válvula de presión
<b>Tipo de fluido:</b>	CO <sub>2</sub>
<b>Rango:</b>	Dióxido de carbono
<b>Escala:</b>	(0-140) kgf/cm <sup>2</sup>
<b>Tamaño de carátula:</b>	2 psi
<b>Incidencia:</b>	3 in
<b>Posición:</b>	Calidad e inocuidad Vertical



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. Instrumentación programa calibración llenadora

<p><b>1. MANÓMETRO</b> O</p> <p><b>Código:</b> L3-LLE-MA-02  <b>Marca:</b> KHS  <b>Ubicación:</b> Tablero llenadora  <b>Tipo de fluido:</b> Aire comprimido  <b>Rango:</b> (0-10) kg/cm<sup>2</sup>  <b>Escala:</b> 0.2 kg/cm<sup>2</sup>  <b>Tamaño de carátula:</b> 3 in  <b>de</b> Calidad e Inocuidad  <b>Incidencia:</b> Tablero  <b>Posición:</b></p>	
<p><b>2. MANÓMETRO</b></p> <p><b>Código:</b> L3-LLE-MA-03  <b>Marca:</b> KHS  <b>Ubicación:</b> Tablero llenadora  <b>Tipo de fluido:</b> Aire comprimido  <b>Rango:</b> (0-10) kg/cm<sup>2</sup>  <b>Escala:</b> 0.2 kg/cm<sup>2</sup>  <b>Tamaño de carátula:</b> 3 in  <b>Incidencia:</b> Calidad e inocuidad  <b>Posición:</b> Tablero</p>	
<p><b>3. MANÓMETRO</b></p> <p><b>Código:</b> L3-LLE-MA-06  <b>Marca:</b> MARSH  <b>Ubicación:</b> En tazón de llenadora  <b>Tipo de fluido:</b> Agua carbonatada  <b>Rango:</b> (0-150) psi  <b>Escala:</b> 2 psi  <b>Tamaño de carátula:</b> 5 in  <b>Incidencia:</b> Calidad e inocuidad  <b>Posición:</b> Vertical</p>	

Continuación de la tabla XXII.

<b>4. TERMÓMETRO</b>	
<b>Código:</b>	L3-LLE-TE-01
<b>Marca:</b>	KHS
<b>Ubicación:</b>	Ubicado arriba del tazón
<b>Tipo de fluido:</b>	Agua carbonatada
<b>Rango:</b>	(-20-120) °C
<b>Escala:</b>	1 °C
<b>Tamaño de carátula:</b>	4 in
<b>Incidencia:</b>	Calidad e
<b>Posición:</b>	Inocuidad Vertical



Fuente: elaboración propia.

## 4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

Luego de realizar el levantamiento de información de los instrumentos que se tomarán en consideración para el programa de calibración según su incidencia en calidad e inocuidad, seguridad industrial y ambiente, se procederá a la creación de la hoja de cálculo para así organizar la información de cada uno de los instrumentos.

- Utilización de herramienta del círculo de Deming

Las Normas ISO de Gestión de Calidad ISO 9001, Inocuidad ISO 22001, Seguridad 18001, Ambiente 14001 y Gestión Metrológica 10012 tienen su fundamento en el círculo de Deming (planear, hacer, verificar, actuar) por esta razón se utiliza para la propuesta del programa de calibración.

- Planear: se determinó la instrumentación crítica de la línea de producción en su incidencia en calidad e inocuidad del producto, ambiente y seguridad industrial.
- Hacer: la instrumentación crítica se incluyó en un programa de calibración de instrumentos como parte del mantenimiento preventivo del Departamento de Mantenimiento Industrial.
- Verificar: se obtuvo el visto bueno del Departamento de Producción, Ambiente y Calidad, de la instrumentación que se incluyó en el programa de calibración.

- actuar: Se eliminaron las discrepancias con los departamentos de producción, calidad y ambiente, de la instrumentación que se incluyó en el programa de calibración.

Se tiene que tomar en consideración el procedimiento de codificación que se presenta a continuación:

Tabla XXIII. **Procedimiento de codificación de instrumentación**

Núm.	Actividad																																								
1	<p>La codificación de los instrumento se realizará siguiendo la siguiente nomenclatura:</p> <p style="text-align: center;"><b>XX- X<sub>1</sub>X<sub>1</sub>X<sub>1</sub>*-YYY-ZZZ.</b></p> <p>*Aplicar esta nomenclatura (X<sub>1</sub>X<sub>1</sub>X<sub>1</sub>) cuando es necesario establecer con más claridad la ubicación de los equipos.</p>																																								
2	<p><b>XX</b> es la ubicación del equipo, utilizar la siguiente tabla como referencia:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">UBICACIÓN DEL EQUIPO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>AC</td><td>Aseguramiento de Calidad</td></tr> <tr><td>JA</td><td>Jarabes e Ingredientes</td></tr> <tr><td>JS</td><td>Jarabe Simple</td></tr> <tr><td>JT</td><td>Jarabe Terminado</td></tr> <tr><td>TA</td><td>Tratamiento de Agua</td></tr> <tr><td>LI</td><td>Líneas</td></tr> <tr><td>L1</td><td>Línea 1</td></tr> <tr><td>L2</td><td>Línea 2</td></tr> <tr><td>L3</td><td>Línea 3</td></tr> <tr><td>L4</td><td>Línea 4</td></tr> <tr><td>PTAR</td><td>Planta de tratamiento de aguas residuales</td></tr> <tr><td>CF</td><td>Central de Frío</td></tr> <tr><td>BH</td><td>Banco de Hielo</td></tr> <tr><td>CO</td><td>Sistema de CO2</td></tr> <tr><td>CAL01</td><td>Caldera núm. 1</td></tr> <tr><td>CAL02</td><td>Caldera núm. 2</td></tr> <tr><td>MI</td><td>Taller de Mantenimiento Industrial</td></tr> <tr><td>PZ</td><td>Pozo</td></tr> <tr><td>TE</td><td>Techos</td></tr> </tbody> </table>	UBICACIÓN DEL EQUIPO		AC	Aseguramiento de Calidad	JA	Jarabes e Ingredientes	JS	Jarabe Simple	JT	Jarabe Terminado	TA	Tratamiento de Agua	LI	Líneas	L1	Línea 1	L2	Línea 2	L3	Línea 3	L4	Línea 4	PTAR	Planta de tratamiento de aguas residuales	CF	Central de Frío	BH	Banco de Hielo	CO	Sistema de CO2	CAL01	Caldera núm. 1	CAL02	Caldera núm. 2	MI	Taller de Mantenimiento Industrial	PZ	Pozo	TE	Techos
UBICACIÓN DEL EQUIPO																																									
AC	Aseguramiento de Calidad																																								
JA	Jarabes e Ingredientes																																								
JS	Jarabe Simple																																								
JT	Jarabe Terminado																																								
TA	Tratamiento de Agua																																								
LI	Líneas																																								
L1	Línea 1																																								
L2	Línea 2																																								
L3	Línea 3																																								
L4	Línea 4																																								
PTAR	Planta de tratamiento de aguas residuales																																								
CF	Central de Frío																																								
BH	Banco de Hielo																																								
CO	Sistema de CO2																																								
CAL01	Caldera núm. 1																																								
CAL02	Caldera núm. 2																																								
MI	Taller de Mantenimiento Industrial																																								
PZ	Pozo																																								
TE	Techos																																								
3	<p><b>X<sub>1</sub>X<sub>1</sub>X<sub>1</sub></b> en algunos casos se agregan estas siglas para dejar clara la ubicación del equipo.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr><td>COP</td><td>Control de proceso en Líneas</td></tr> <tr><td>TQA</td><td>Tanque de amoniaco</td></tr> <tr><td>ELE</td><td>Eléctricos</td></tr> <tr><td>EQM</td><td>Equipo de mezcla</td></tr> <tr><td>LLE</td><td>Llenadora</td></tr> <tr><td>LBO</td><td>Lavadora de botellas</td></tr> <tr><td>TQC</td><td>Tanque de cocimiento</td></tr> </tbody> </table>	COP	Control de proceso en Líneas	TQA	Tanque de amoniaco	ELE	Eléctricos	EQM	Equipo de mezcla	LLE	Llenadora	LBO	Lavadora de botellas	TQC	Tanque de cocimiento																										
COP	Control de proceso en Líneas																																								
TQA	Tanque de amoniaco																																								
ELE	Eléctricos																																								
EQM	Equipo de mezcla																																								
LLE	Llenadora																																								
LBO	Lavadora de botellas																																								
TQC	Tanque de cocimiento																																								

Continuación de la tabla XXIII.

	ENF	Enfriador
	CRF	Cuarto frío
	FCA	Filtro de carbón activado
4	YYY se refiere al tipo de equipo, utilizar la siguiente tabla como referencia:	
	<b>CLASIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS</b>	
	MP	Balanzas
	BC	Baño circulante
	BR	Buretas
	CN	Conductímetros
	DE	Densímetro/Decibelímetro
	DIN	Dinamómetros
	DISP	Dispensadores
	OD	Equipo para medir oxígeno disuelto
	VER	Equipo para verificación
	FO	Espectrofotómetro y colorímetros
	MA	Manómetros
	ALT	Medidor de altura
	NIV	Medidor de nivel
	CMA	Peso muerto
	PA	Pipetas automáticas
	PL	Plantillas
	PO	Potenciómetros
	PRO	Profundímetro
	RE	Refractómetro
	TE	Termómetros
	TR	Termoreactor
	TO	Torquímetros
	TB	Turbidímetros
	ML	Vernier
	VS	Válvula de seguridad
	LX	Luxómetro
	TR	Transductor
	VC	Vacuómetro
	VA	Válvula de alivio
	TMC	Termoresistencia
	NH3	Válvulas de alivio en sistema de refrigeración
	NIELSTT	Inspector de nivel
	TA	Tanques
	FL	Flujómetro
	CA	Contador de agua
	ZZZ se refiere al número correlativo del equipo según la ubicación y tipo de equipo.	
	El código del equipo se debe grabar o colocar con etiqueta, en un lugar visible, de manera que no se borre con las condiciones normales de uso.	

Fuente: procedimiento interno Embocen.

#### **4.1. Hoja de cálculo con información detallada de instrumentación calibrable**

A continuación se presentan los pasos para realizar la hoja de cálculo con información detallada de instrumentación.

##### **4.1.1. Código del instrumento**

Se coloca una etiqueta a cada uno de los instrumentos siguiendo el procedimiento de codificación descrito anteriormente. Se utiliza una etiqueta de color azul a los instrumentos con incidencia en la calidad e inocuidad del producto, etiqueta color rojo; incidencia en seguridad industrial y etiqueta color verde; incidencia en medio ambiente.

##### **4.1.2. Correlativo**

Utilizado para diferenciar los instrumentos que se encuentran en una misma área; en este caso los equipos de la línea 3.

##### **4.1.3. Ubicación**

En la tabla siguiente se presenta la información de la instrumentación calibrable, tomando en cuenta tres ubicaciones de la línea de producción: lavadora de botellas, equipo de mezcla y llenadora de botellas.

##### **4.1.4. Tipo de material que maneja**

En el caso de la línea de producción núm. 3 de la embotelladora se trabaja con agua suave en el área de lavadora de botellas.

En el equipo de mezcla los instrumentos manejan dióxido de carbono, agua tratada, vacío. Todo esto se detalla a continuación:

Tabla XXIV. **Tipo de material lavadora de botellas**

Instrumento	Código	Material que maneja	Rango	Última calibración
TERMÓMETRO	L3-LBO-TE-05	Agua suave	(-20 - 120) °C	30/07/13
TERMÓMETRO	L3-LBO-TE-06-01	Agua suave	(0-100) °C	30/07/14
CONTROL DE TEMPERATURA	L3-LBO-CO-01	Agua suave	(0-150) °C	16/12/14
CONTROL DE TEMPERATURA	L3-LBO-CO-02	Agua suave	(0-150) °C	16/12/14
CONTROL DE TEMPERATURA	L3-LBO-CO-03	Agua suave	(0-150) °C	16/12/14
CONTROL DE TEMPERATURA	L3-LBO-CO-04-01	Agua suave	(0-150) °C	16/12/14

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Tipo de material equipo de mezcla**

Instrumento	Código	Material que maneja	Rango	Última calibración
MANÓMETRO	L3-EQM-MA-04	Dióxido de carbono	(0-14) kgf/cm <sup>2</sup>	30/06/14
MANÓMETRO	L3-EQM-MA-05	Dióxido de carbono	(0-140) kgf/cm <sup>2</sup>	30/06/14
MANÓMETRO	L3-EQM-MA-08	Agua tratada	(0-160) psi	12/12/14
MANÓMETRO	L3-EQM-MA-07	Agua tratada	(0-100) psi	30/07/14
TRANSDUCTOR	L3-EQM-TR-01	Presión-corriente	(3-15) mA; (0-100) psi	30/08/14
VACUÓMETRO	L3-EQM-VC-01	Vacío	(0 - -30) inHg	30/08/14

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Tipo de material llenadora de botellas**

Instrumento	Código	Material que maneja	Rango	Última calibración
MANÓMETRO	L3-LLE-MA-02	Aire comprimido	(0-10) kgf/cm <sup>2</sup>	30/08/14
MANÓMETRO	L3-LLE-MA-03	Aire comprimido	(0-10) kgf/cm <sup>2</sup>	30/08/13
MANÓMETRO	L3-LLE-MA-06	Agua carbonatada	(0-150) psi	31/01/15
TERMÓMETRO	L3-LLE-TE-01	Agua carbonatada	(-10 - 100) °C	16/12/14

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.5. Fabricante o marca

Se tiene una columna de la hoja de cálculo destinada para el fabricante o la marca del instrumento.

Tabla XXVII. **Fabricante o marca**

Núm.	LÍNEA/ÁREA	MÁQUINA	CÓDIGO	FABRICANTE / MARCA
1	Línea 3/Llenadora	LLENADORKHS066	L3-LLE-MA-02	KHS
2	Línea 3/Llenadora	LLENADORKHS066	L3-LLE-MA-03	KHS
3	Línea 3/Equipo de mezcla	MEZCLADOKHS032	L3-EQM-MA-04	MARSH

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.6. Núm. de modelo serie

El número de modelo o serie identifica a un instrumento determinado según su productor. Este dato técnico se incluye en el programa de calibración dado que si en algún momento determinado surge la necesidad de cambiar el instrumento, el metrólogo tendrá esta información a su disposición.

Tabla XXVIII. **Núm. de modelo serie**

Núm.	LÍNEA/ÁREA	MÁQUINA	CÓDIGO	Núm. MODELO/SERIE
1	Línea 3/Llenadora	LLENADORKHS066	L3-LLE-MA-02	LT / 35JSWI
2	Línea 3/Llenadora	LLENADORKHS066	L3-LLE-MA-03	LT / 35JSWI
3	Línea 3/Equipo de mezcla	MEZCLADOKHS032	L3-EQM-MA-04	LT / 35JSWI

Fuente: elaboración propia

#### 4.1.7. Dimensiones del instrumento

Las dimensiones tales como tamaño de carátula, tipo de conexión, ancho de la rosca, carátula, longitud de vástago en el caso de termómetros; se toman en consideración para cada uno de los instrumentos calibrables del programa.

Tabla XXIX. **Dimensiones del instrumento**

Núm.	LÍNEA/ÁREA	MÁQUINA	CÓDIGO	TAMAÑO DE CARÁTULA (in)
1	Línea 3/Llenadora	LLENADORKHS066	L3-LLE-MA-02	3
2	Línea 3/Llenadora	LLENADORKHS066	L3-LLE-MA-03	3
3	Línea 3/Equipo de mezcla	MEZCLADOKHS032	L3-EQM-MA-04	4

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.8. Rango de medición de capacidad

El rango de medición tiene que ser el adecuado para cada instrumento conforme al proceso que se está midiendo. Esta es otra de las variables que se considera en el programa de calibración.

Tabla XXX. **Rango de medición de capacidad**

Núm.	LÍNEA/ÁREA	MÁQUINA	CÓDIGO	TAMAÑO DE CARÁTULA / VÁSTAGO
1	Línea 3/Llenadora	LLENADORKHS066	L3-LLE-MA-02	3 in / No aplica
2	Línea 3/Llenadora	LLENADORKHS066	L3-LLE-MA-03	3 in / No aplica
3	Línea 3/Equipo de mezcla	MEZCLADOKHS032	L3-EQM-MA-04	5 in / No aplica

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.9. Escala mínima

Como se mencionó anteriormente es la medición mínima que puede dar el instrumento y se utiliza para tomar la decisión si el instrumento es funcional, al momento de compararlo con el error que se detalla en el certificado de calibración; dado que si el error del instrumento después de la comparación con un patrón de medida es mayor que su escala mínima, se debe considerar cambiar el instrumento.

Tabla XXXI. **Escala mínima**

Núm.	LÍNEA/ÁREA	MÁQUINA	CÓDIGO	ESCALA MÍNIMA
1	Línea 3/Llenadora	LLENADORKHS066	L3-LLE-MA-02	0.2 Kg/cm <sup>2</sup>
2	Línea 3/Llenadora	LLENADORKHS066	L3-LLE-MA-03	0.2 Kg/cm <sup>2</sup>
3	Línea 3/Equipo de mezcla	MEZCLADOKHS032	L3-EQM-MA-04	5 psi

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.10. Rango de trabajo para calibración

Para determinar el rango al que se desea calibrar el instrumento se tiene que tomar en cuenta el rango en el cual trabaja regularmente.

Tabla XXXII. Rango de trabajo para calibración

Núm.	LÍNEA/ÁREA	MÁQUINA	CÓDIGO	RANGO DE TRABAJO PARA CALIBRACIÓN
1	Línea 3/Llenadora	LLENADORKHS066	L3-LLE-MA-02	(0-10) Kg/cm <sup>2</sup>
2	Línea 3/Llenadora	LLENADORKHS066	L3-LLE-MA-03	(0-10) Kg/cm <sup>2</sup>
3	Línea 3/Equipo de mezcla	MEZCLADOKHS032	L3-EQM-MA-04	(0-85) psi

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.11. Última calibración

La última calibración del instrumento se determina por medio de los certificados de calibración, este indica la última fecha que se realizó la comparación con un patrón; otra forma de encontrarla es en la etiqueta que coloca la empresa proveedora del servicio en cada uno de los instrumentos que ha calibrado.

Tabla XXXIII. Última fecha de calibración

Núm.	LÍNEA/ÁREA	MÁQUINA	CÓDIGO	ÚLTIMA FECHA DE CALIBRACIÓN
1	Línea 3/Llenadora	LLENADORKHS066	L3-LLE-MA-02	12.12.2014
2	Línea 3/Llenadora	LLENADORKHS066	L3-LLE-MA-03	12.12.2014
3	Línea 3/Equipo de mezcla	MEZCLADOKHS032	L3-EQM-MA-04	20.01.2015

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.12. Próxima calibración

Esta información se determina de la misma manera que la última calibración del instrumento. En el caso de manómetros el período recomendado de re calibración es de un año.

Tabla XXXIV. Próxima calibración

Núm.	LÍNEA/ÁREA	MÁQUINA	CÓDIGO	PRÓXIMA CALIBRACIÓN
1	Línea 3/Llenadora	LLENADORKHS066	L3-LLE-MA-02	12.12.2015
2	Línea 3/Llenadora	LLENADORKHS066	L3-LLE-MA-03	12.12.2015
3	Línea 3/Equipo de mezcla	MEZCLADOKHS032	L3-EQM-MA-04	20.01.2016

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.13. Certificado de calibración

Para tener un orden estricto de la instrumentación que se está tomando en cuenta en el programa de calibración se utiliza el certificado, dado que tiene una identificación única y en el caso que se tenga que realizar alguna modificación al certificado se tenga disponible su registro para trabajar de manera ordenada.

Tabla XXXV. Certificado de calibración

Núm.	LÍNEA/ÁREA	MÁQUINA	CÓDIGO	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
1	Línea 3/Llenadora	LLENADORKHS066	L3-LLE-MA-02	SMP-169 g/14
2	Línea 3/Llenadora	LLENADORKHS066	L3-LLE-MA-03	SMP-161 g/14
3	Línea 3/Equipo de mezcla	MEZCLADOKHS032	L3-EQM-MA-04	SMP-071g/15

Fuente: elaboración propia.

## 4.2. Instrumentación crítica a reemplazar en la línea de producción

A continuación se presenta la tabla donde se muestra los instrumentos críticos a reemplazar en la línea de producción.

Tabla XXXVI. Instrumentación crítica a reemplazar

<p>1. <b>MANÓMETRO</b>  <b>Código:</b> Conexión:  <b>Rango:</b>  <b>Raíz (conexión):</b>  <b>Carátula</b>  <b>Estado:</b></p>	<p>L3-LBO-MA-10-01  Horizontal  (0-10) kg/cm<sup>2</sup>  ½ in = 1/4 NPT  3 in  Sin funcionalidad</p>	
<p>2. <b>TERMÓMETRO</b>  <b>Código:</b>  <b>Conexión:</b>  <b>Rango:</b>  <b>Raíz (conexión):</b>  <b>Carátula</b>  <b>Vástago</b>  <b>Estado:</b></p>	<p>L3-LBO-TE-09-01  Horizontal  (0-100) °C  ¾ in  4 in  3 ¾ in  Carátula quebrada</p>	
<p>3. <b>MANÓMETRO</b>  <b>Código:</b>  <b>Conexión:</b>  <b>Rango:</b>  <b>Raíz (conexión):</b>  <b>Carátula:</b>  <b>Estado:</b></p>	<p>L3-LBO-MA-09-01  Horizontal  (0-100) psi  ½ in = ¼ NPT  4 in  Sin funcionalidad</p>	
<p>4. <b>TERMÓMETRO</b>  <b>Código:</b>  <b>Conexión:</b>  <b>Rango:</b>  <b>Raíz (conexión):</b>  <b>Carátula:</b>  <b>Vástago:</b>  <b>Estado</b></p>	<p>L3-LBO-TE-03  Horizontal  (0-250) °F  ¾ in  4 in  3 ¾ in  Carátula borrosa</p>	

Continuación de la tabla XXXVI.

<p><b>5. MANÓMETRO</b>  <b>Código:</b>  <b>Conexión:</b>  <b>Rango:</b>  <b>Raíz (conexión):</b>  <b>Carátula:</b>  <b>Estado:</b></p>	<p>L3-LBO-MA-01  Horizontal  (0-160) psi  1/2 in=1/4 NPT  4 in  Carátula borrosa</p>	
<p><b>6. TERMÓMETRO</b>  <b>Código:</b>  <b>Conexión:</b>  <b>Rango:</b>  <b>Raíz (conexión):</b>  <b>Carátula:</b>  <b>Vástago:</b>  <b>Estado:</b></p>	<p>L3-LBO-TE-04  Horizontal  (50-400) °F  3/4 in  3 in  4 1/4 in  Carátula  borrosa</p>	
<p><b>7. TERMÓMETRO</b>  <b>Código:</b>  <b>Conexión:</b>  <b>Rango:</b>  <b>Raíz (conexión):</b>  <b>Carátula:</b>  <b>Vástago:</b>  <b>Estado:</b></p>	<p>L3-LBO-TE-07  Horizontal  (50-400) °F  3/4 in  3 in  4 1/4 in  Sin  funcionalidad</p>	
<p><b>8. MANÓMETRO</b>  <b>Código:</b>  <b>Conexión:</b>  <b>Rango:</b>  <b>Raíz (conexión):</b>  <b>Carátula:</b>  <b>Estado:</b></p>	<p>L3-LBO-MA-02  Horizontal  (0-160) psi  1/2 in = 1/4 NPT  4 in  Sin  funcionalidad</p>	

Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Cambio de instrumentación crítica

- **Manómetro L3-LBO-MA-10-01**



Antes



Después

- **Termómetro L3-LBO-TE-09-01**



Antes



Después

- **Manómetro L3-LBO-MA-09-01**



Antes



Después

Continuación de la figura 18.

▪ **Termómetro L3-LBO-TE-03**



Antes



Después

▪ **Manómetro L3-LBO-MA-01**



Antes



Después

▪ **Termómetro L3-LBO-TE-04**



Antes



Después

Continuación de la figura 18.

- **Termómetro L3-LBO-TE-07**



Antes



Después

- **Manómetro L3-LBO-MA-05-01**



Antes



Después

- **Manómetro L3-LBO-MA-13**



Antes



Después

Fuente: nave de producción Embocen.

#### 4.3. Programación de las próximas calibraciones de instrumentación

Para proponer fechas de calibraciones de los instrumentos de medición, se debe tomar en consideración las recomendaciones del proveedor de servicio de calibración y el uso que se le da al instrumento de medición.

En este caso se quiere implementar un programa de calibración de instrumentos para la línea de producción núm. 3, según su incidencia en calidad, ambiente y seguridad industrial estos son los instrumentos que se tomarán en cuenta:

Tabla XXXVII. Programación calibración lavadora de botellas

Núm.	INSTRUMENTO	CÓDIGO INTERNO	ÚLTIMA CALIBRACIÓN	PRÓXIMA CALIBRACIÓN
1	TERMÓMETRO	L3-LBO-TE-05	17/03/15	17/03/16
2	TERMÓMETRO	L3-LBO-TE-06-01	17/03/15	17/03/16
3	CONTROL DE TEMPERATURA	L3-LBO-CO-01	16/12/14	16/12/15
4	CONTROL DE TEMPERATURA	L3-LBO-CO-02	16/12/14	16/12/15
5	CONTROL DE TEMPERATURA	L3-LBO-CO-03	16/12/14	16/12/15
6	CONTROL DE TEMPERATURA	L3-LBO-CO-04-01	16/12/14	16/12/15
7	CONTROL DE TEMPERATURA	L3-LBO-CO-05-01	16/12/14	16/12/15

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. Programación calibración equipo de mezcla

Núm.	INSTRUMENTO	CÓDIGO INTERNO	ÚLTIMA CALIBRACIÓN	PRÓXIMA CALIBRACIÓN
1	MANÓMETRO	L3-EQM-MA-04	17/03/15	30/03/16
2	MANÓMETRO	L3-EQM-MA-05	30/06/14	30/06/15
3	MANÓMETRO	L3-EQM-MA-08	12/12/14	12/12/15
4	MANÓMETRO	L3-EQM-MA-07	13/02/15	13/02/16
5	TRANSDUCTOR	L3-EQM-TR-01	30/08/14	30/08/15
6	VACUÓMETRO	L3-EQM-VC-01	17/03/15	30/03/16

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIX. **Programación calibración llenadora de botellas**

Núm.	INSTRUMENTO	CÓDIGO INTERNO	ÚLTIMA CALIBRACIÓN	PRÓXIMA CALIBRACIÓN
1	MANÓMETRO	L3-LLE-MA-02	30/08/14	30/08/15
2	MANÓMETRO	L3-LLE-MA-03	30/08/13	30/06/15
3	MANÓMETRO	L3-LLE-MA-06	31/01/15	31/01/16
4	TERMÓMETRO	L3-LLE-TE-01	16/12/14	30/12/15

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en cada una de las tablas anteriores se llegó a la conclusión que el período de tiempo ideal de recalibración es de un año. Una de las razones que influyeron en la toma de esta decisión es el costo del servicio dado que es elevado, en algunas ocasiones el costo del servicio de calibración de un instrumento es mayor que el precio del instrumento.

#### **4.4. Organización de certificados de calibración según su incidencia en calidad, inocuidad, ambiente y seguridad industrial**

Luego de que la empresa realiza el servicio de calibración de un instrumento tiene la obligación de brindarle a la organización un certificado de calibración. Este certificado es sumamente importante dado que por medio de este se puede determinar si el instrumento que fue calibrado, es conforme con las especificaciones de producción donde este se encuentre.

A continuación se tiene la organización de los certificados de calibración que se realizó, según la incidencia del instrumento en calidad e inocuidad del producto, medio ambiente y seguridad industrial.

Tabla XL. Incidencia calidad e inocuidad del producto

Núm.	INSTRUMENTO	CÓDIGO INTERNO	CERTIFICADO	CALIDAD	AMBIENTE	SEGURIDAD INDUSTRIAL
1	TERMÓMETRO	L3-LBO-TE-05	SMP-169 g/14	x		
2	TERMÓMETRO	L3-LBO-TE-06	SMP-161 g/13	x		
3	CONTROL DE TEMPERATURA	L3-LBO-CO-01	SMP-071g/15	x		
4	CONTROL DE TEMPERATURA	L3-LBO-CO-02	SMP-146g/14	x		
5	CONTROL DE TEMPERATURA	L3-LBO-CO-03	SMP-011g/15	x		
6	CONTROL DE TEMPERATURA	L3-LBO-CO-04	SMP-267g/14	x		
7	CONTROL DE TEMPERATURA	L3-LBO-CO-05	SMP-042g/15	x		
8	CONTROL DE TEMPERATURA	L3-LBO-CO-06	SMT-430 g/14	x		
9	MANÓMETRO	L3-EQM-MA-04	SMT-065g/15	x		
10	MANÓMETRO	L3-EQM-MA-05	SMT-064g/15	x		
11	MANÓMETRO	L3-EQM-MA-08	SMT-427 g/14	x		
12	MANÓMETRO	L3-EQM-MA-07	SMT-428 g/14	x		
13	TRANSDUCTOR	L3-EQM-TR-01	SMT-429 g/14	x		
14	VACUÓMETRO	L3-EQM-VC-01	SMT-423 g/14	x		
15	MANÓMETRO	L3-LLE-MA-02	SMT-424 g/14	x		
16	MANÓMETRO	L3-LLE-MA-03	SMT-425 g/14	x		
17	MANÓMETRO	L3-LLE-MA-06	SMP-162 g/14	x		
18	TERMÓMETRO	L3-LLE-TE-01	SMP-069g/15	x		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. Incidencia seguridad industrial

Núm.	INSTRUMENTO	CÓDIGO INTERNO	CERTIFICADO	CALIDAD	AMBIENTE	SEGURIDAD INDUSTRIAL
1	LUXÓMETRO	MI-ELE-LX-01	SML-002e/15			X
2	LUXÓMETRO	MI-ELE-LX-02	SML-001g/15			X
3	PRESOSTATO	CAL04-PR-01	SMP-012g/15			X
4	PRESOSTATO	CAL04-PR-02	SMP-001g/15-07			X
5	PRESOSTATO	CAL04-PR-03	F-MET-001 No. 2015			X
6	PRESOSTATO	CAL04-PR-04	SMP-013g/15			X
7	VÁLVULA DE SEGURIDAD	CAL04-VS-01	F-MET-001 No. 2015			X
8	VÁLVULA DE SEGURIDAD	CAL04-VS-02	SMP-035g/15			X
9	PRESOSTATO	CAL03-PR-01	SMP-052g/15			X
10	PRESOSTATO	CAL03-PR-02	SMP-053g/15			X
11	PRESOSTATO	CAL03-PR-03	SMP-051g/15			X
12	PRESOSTATO	CAL03-PR-04	SMP-054g/15			X
13	VÁLVULA DE SEGURIDAD	CAL03-VS-01	SMP-055g/15			X
14	VÁLVULA DE SEGURIDAD	CAL03-VS-02	SMP-056g/15			X

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLII. Incidencia medio ambiente

Núm.	INSTRUMENTO	CÓDIGO INTERNO	CERTIFICADO	CALIDAD E INOCUIDAD	AMBIENTE	SEGURIDAD INDUSTRIAL
1	POTENCIÓMETRO	PTAR-BI-PO-01	SMQ-010g/14		x	
2	POTENCIÓMETRO	PTAR-BI-PO-02	SMQ-011g/14		x	
3	POTENCIÓMETRO	PTAR-RA-PO-01	SMQ-012g/14		x	
4	VENTURI DE CAPTACIÓN	PTAR-BI-MF-01	CC14101805		x	
5	CONTADOR DE AGUA	TE-CA-18	CC14101804		x	
6	CONTADOR DE AGUA	PZ-CA-04	CC14101801		x	

Fuente: elaboración propia.



## **5. SEGUIMIENTO DEL PROGRAMA**

### **5.1. Actualizar hoja de cálculo del programa de calibración por cambio de instrumentación o calibraciones realizadas**

Para realizar el programa de calibración se utilizó una hoja de cálculo de Microsoft Excel; en esta hoja de cálculo se llevará la programación de calibración de instrumentos, según el período de tiempo definido para la recalibración; tomando en cuenta la recomendación del proveedor del servicio y el uso de cada uno de los instrumentos en el proceso de producción.

La hoja de cálculo dará a conocer información detallada de cada uno de los instrumentos, se tomarán en consideración los siguientes aspectos:

- Línea/área/departamento
- Máquina
- Código
- Correlativo
- Instrumento
- Ubicación
- Tipo de material que maneja, uso
- Fabricante/marca
- Tamaño de carátula (in)
- Rango de medición/capacidad
- Tolerancia (error máximo permitido)
- Unidad de medida
- Escala mínima

- Rango de trabajo para calibración
- Fecha de última calibración
- Fecha de próxima calibración
- Certificado de calibración

### 5.1.1. Código del instrumento

En la siguiente tabla se presenta el código del instrumento.

Tabla XLIII. Código del instrumento

LÍNEA/ÁREA	MÁQUINA	CÓDIGO	CORRELATIVO	INSTRUMENTO	UBICACIÓN
Línea 3/Llenadora	LLENADO RKHS066	L3-LLE-MA-02	02	MANÓMETRO	TABLERO LLENADORA TAZÓN
Línea 3/Llenadora	LLENADO RKHS066	L3-LLE-MA-03	03	MANÓMETRO	TABLERO LLENADORA TAZÓN
Línea 3/Equipo de mezcla	MEZCLAD OKHS032	L3-EQM-MA-04	04	MANÓMETRO	VÁLVULA DE PRESIÓN CO2, DEBAJO DE TANQUE CARBONATADOR
Línea 3/Equipo de mezcla	MEZCLAD OKHS032	L3-EQM-MA-05	05	MANÓMETRO	VÁLVULA DE PRESIÓN CO2, DEBAJO DE TANQUE CARBONATADOR



Fuente: elaboración propia.

- Columna A: línea de producción en la que se encuentra el instrumento de medición, además se es más específico tomando en cuenta el área o departamento de su ubicación.
- Columna B: detalla el nombre da la máquina sobre la cual se encuentra el instrumento de medición, este nombre es tomado de la placa de información de cada una de la maquinaria tomada en consideración.

- Columna C: código único interno del instrumento, para la creación de código se toma en cuenta la línea donde se ubica, parte específica de la línea, tipo de instrumento y correlativo. Por ejemplo el instrumento con código L3-LLE-MA-03, indica que el instrumento está ubicado en la línea 3, llenadora de botellas, es un manómetro y su correlativo es 03.
- Columna D: correlativo del instrumento de medición.
- Columna E: tipo de instrumento de medición.

### 5.1.2. Última calibración

En la tabla XLI se presentan los datos de la última calibración.

Tabla XLIV. Última calibración

LÍNEA/ÁREA	MÁQUINA	CÓDIGO	CALIBRACIÓN	OBSERVACIONES	ÚLTIMA CALIBRACIÓN	PRÓXIMA CALIBRACIÓN	CERTIFICADO
Línea 3/Llenadora	LLENADO RKHS066	L3-LLE-MA-02	SI		30/08/14	30/08/15	SMP-169 g/14
Línea 3/Llenadora	LLENADO RKHS066	L3-LLE-MA-03	SI		30/08/13	30/06/15	SMP-161 g/13
Línea 3/Equipo de mezcla	MEZCLAD OKHS032	L3-EQM-MA-04	SI		17/03/15	30/03/16	SMP-071g/15
Línea 3/Equipo de mezcla	MEZCLAD OKHS032	L3-EQM-MA-05	SI		30/06/14	30/06/15	SMP-146g/14



Fuente: elaboración propia.

- Columna R: básicamente acá se confirma la calibración del instrumento, recordando que en algunas ocasiones no se puede llevar a cabo la calibración programada por fallas en el instrumento u otro tipo de circunstancias.

- Columna S: observaciones del instrumento de medición o especificaciones para la calibración.
- Columna T: fecha de la última calibración realizada.
- Columna U: fecha programada para la próxima calibración del instrumento de medición, se debe tomar en consideración la recomendación del proveedor del servicio y el uso del instrumento.

### 5.1.3. Certificado de calibración

- Columna V: identificación del certificado de calibración que es brindado por la empresa proveedora del servicio.

### 5.1.4. Ubicación

En la tabla XXXVI se presentan los datos de ubicación.

Tabla XLV. **Ubicación**

LÍNEA/ÁREA	MÁQUINA	CÓDIGO	CORRELATIVO	INSTRUMENTO	UBICACIÓN
Línea 3/Llenadora	LLENADO RKHS066	L3-LLE-MA-02	02	MANÓMETRO	TABLERO TAZÓN LLENADORA
Línea 3/Llenadora	LLENADO RKHS066	L3-LLE-MA-03	03	MANÓMETRO	TABLERO TAZÓN LLENADORA
Línea 3/Equipo de mezcla	MEZCLAD OKHS032	L3-EQM-MA-04	04	MANÓMETRO	VÁLVULA DE PRESIÓN CO2, DEBAJO DE TANQUE CARBONATADOR

A

B

C

D

E

F

Fuente: elaboración propia.

Columna F: se describe de manera detallada la ubicación del instrumento de medición.

### 5.1.5. Tipo de material que maneja

En la tabla XXXVII se presenta el tipo de material que maneja.

Tabla XLVI. Tipo de material que maneja

LÍNEA/ÁREA	MÁQUINA	CÓDIGO	TIPO DE MATERIAL	MARCA	SERIE	TAMAÑO DE CARÁTULA	RANGO DE MEDICIÓN
Línea 3/Llenadora	LLENA DORK HS066	L3-LLE-MA-02	Aire comprimido	KHS	S/N	3	(0-10) kg/cm <sup>2</sup>
Línea 3/Llenadora	LLENA DORK HS066	L3-LLE-MA-03	Aire comprimido	KHS	S/N	3	(0-10) kg/cm <sup>2</sup>
Línea 3/Equipo de mezcla	MEZCLA ADOK HS032	L3-EQM-MA-04	Dióxido de carbono	MARSH	S/N	3	(0-200) psi

A	B	C	G	H	I	J	K
---	---	---	---	---	---	---	---

Fuente: elaboración propia.

- Columna G: tipo de material que maneja el instrumento de medición; como por ejemplo: aire comprimido, dióxido de carbono, bebida carbonatada, agua suave y agua cruda.

### 5.1.6. Fabricante o marca

- Columna H: toma en cuenta la marca del instrumento de medición.

### 5.1.7. Núm. de modelo/serie

- Columna I: no. de modelo o serie del instrumento de medición.

### 5.1.8. Tamaño de carátula/dimensiones

- Columna J: tamaño de la carátula del instrumento en pulgadas.

### 5.1.9. Rango de medición de capacidad

En la tabla XXXVIII se presenta el rango de medición de capacidad

Tabla XLVII. Rango de medición de capacidad

LÍNEA/ÁREA	MÁQUINA	CÓDIGO	TIPO DE MATERIAL	MARCA	SERIE	TAMAÑO DE CARÁTULA	RANGO DE MEDICIÓN
Línea 3/Llenadora	LLENADORK HS066	L3-LLE-MA-02	Aire comprimido	KHS	S/N	3	(0-10) kg/cm <sup>2</sup>
Línea 3/Llenadora	LLENADORK HS066	L3-LLE-MA-03	Aire comprimido	KHS	S/N	3	(0-10) kg/cm <sup>2</sup>
Línea 3/Equipo de mezcla	MEZCLADOK HS032	L3-EQM-MA-04	Dióxido de carbono	MARSH	S/N	3	(0-200) psi
Línea 3/Equipo de mezcla	MEZCLADOK HS032	L3-EQM-MA-05	Dióxido de carbono	WIKA	S/N	3	(0-140) psi

A      B      C      G      H      I      J      K

Fuente: elaboración propia.

- Columna K: rango de medición o capacidad del instrumento.

### 5.1.10. Unidad de medida

En la tabla XL se presenta la unidad de medida.

Tabla XLVIII. **Unidad de medida**

LÍNEA/ÁREA	MÁQUINA	CÓDIGO	RANGO DE TRABAJO	TOLERANCIA	U/MED	ESCALA MÍNIMA	RANGO PARA CALIBRACIÓN
Línea 3/Llenadora	LLENADOR KHS066	L3-LLE-MA-02	(2-6)	0.2	Kgf/cm2	0.2	(0-10)
Línea 3/Llenadora	LLENADOR KHS066	L3-LLE-MA-03	(4-6)	0.2	Kgf/cm2	0.2	(0-10)
Línea 3/Equipo de mezcla	MEZCLAD OKHS032	L3-EQM-MA-04	(0-150)	4	psi	4	(0-200)
Línea 3/Equipo de mezcla	MEZCLAD OKHS032	L3-EQM-MA-05	(0-75)	2	Kgf/cm2	2	(0-140)

A
B
C
L
M
N
O
P

Fuente: elaboración propia.

- Columna N: unidad de medida del instrumento de medición.
- Columna O: escala mínima de medición del instrumento.

### 5.1.11. Rango de trabajo

En la tabla XLIX se muestra el rango de trabajo.

Tabla XLIX. Rango de trabajo

LÍNEA/ÁREA	MÁQUINA	CÓDIGO	RANGO DE TRABAJO	TOLERANCIA	U/MED	ESCALA MÍNIMA	RANGO PARA CALIBRACIÓN
Línea 3/Llenadora	LLENA DORK HS066	L3-LLE-MA-02	(2-6)	0.2	Kgf/cm2	0,2	(0-10)
Línea 3/Llenadora	LLENA DORK HS066	L3-LLE-MA-03	(4-6)	0.2	Kgf/cm2	0,2	(0-10)
Línea 3/Equipo de mezcla	MEZCL ADOK HS032	L3-EQM-MA-04	(0-150)	4	psi	4	(0-200)
Línea 3/Equipo de mezcla	MEZCL ADOK HS032	L3-EQM-MA-05	(0-75)	2	Kgf/cm2	2	(0-140)

A
B
C
L
M
N
O
P

Fuente: elaboración propia.

- Columna L: se coloca el rango de trabajo del instrumento de medición, lo que quiere decir las mediciones que regularmente indica el instrumento según un proceso determinado.

- Columna M: tolerancia o error máximo permitido; este lo define la empresa según el grado de incidencia del instrumento en la calidad del producto, seguridad industrial o el ambiente. Por ejemplo, el error máximo permitido para una válvula de seguridad de una caldera va a ser menor que la de un manómetro que solo se tome como referencia del funcionamiento de un compresor de aire.

#### **5.1.12. Rango de trabajo para calibración**

- Columna P: esta columna es sumamente importante para el programa de calibración dado que se indica el rango de calibración, recordando que calibración es la comparación con un patrón reconocido internacionalmente trazable a un patrón universal. En algunos casos se solicita puntos específicos de calibración dependiendo del uso en el proceso de cada instrumento.

#### **5.1.13. Próxima calibración**

- Columna U: fecha programada para la próxima calibración del instrumento de medición, se debe tomar en consideración la recomendación del proveedor del servicio y el uso del instrumento.
  - Programación de calibración por mes

Tabla L. Programación de calibración por mes

LÍNEA/ÁREA	MÁQUINA	CÓDIGO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Línea 3/Llenadora	LLENADO RKHS066	L3-LLE-MA-02												
Línea 3/Llenadora	LLENADO RKHS066	L3-LLE-MA-03												
Línea 3/Equipo de mezcla	MEZCLADO KHS032	L3-EQM-MA-04												
Línea 3/Equipo de mezcla	MEZCLADO KHS032	L3-EQM-MA-05												



Fuente: elaboración propia.

En el grupo de columnas agrupadas en los meses del año en curso se toma en consideración la siguiente simbología, para ilustrar de mejor manera los periodos de calibración de los instrumentos:

Figura 19. **Simbología calibración de instrumentos**

<b>Simbología calibración de instrumentos</b>		
<b>ÍTEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>FIGURA</b>
<b>SIMBOLOGÍA PROGRAMA DE CALIBRACIÓN</b>		
	<b>EJECUTADO</b>	Define que el instrumento fue calibrado en el momento indicado, tomando como referencia la programación respectiva.
	<b>PROGRAMADO</b>	Establece la fecha recomendada por el metrólogo para la próxima calibración del instrumento.
	<b>NO EJECUTADO</b>	Índica que el instrumento no fue calibrado conforme a la programación.
		<b>X</b>
		<b>O</b>
		<b>O</b>

Fuente: elaboración propia.

- Ventajas de la utilización de hoja de cálculo de Microsoft Excel para la programación de calibración de instrumentación.
  - Por medio de la herramienta de filtros del programa Microsoft Excel se puede determinar de manera rápida y sencilla, los instrumentos a calibrar para cada uno de los meses del próximo año.

- Se presenta de manera detallada la información requerida y necesaria para cada uno de los instrumentos tomados en cuenta para calibración, tal como se mostró en las descripciones anteriores.
  
- El programa de calibración de instrumentos muestra de manera clara y concisa la información de cada uno de los instrumentos, lo cual facilita su defensa al momento de estar sometido a una auditoría interna o externa.

## CONCLUSIONES

1. Se implementó un programa de calibración de instrumentos para una línea de producción en una embotelladora, por medio de una hoja de cálculo de Microsoft Excel, este permite tener un control eficiente de la programación de calibración de instrumentos.
2. Por medio de visitas a la planta de producción, se determinó la instrumentación que se tenía que calibrar en cada una de las áreas de la línea de producción: lavadora de botellas, equipo de mezcla, llenadora de botellas. Tomando en consideración su incidencia en la calidad del producto, seguridad industrial e impacto al medio ambiente.
3. Conforme al procedimiento interno de codificación de instrumentos se identificó la instrumentación del programa de calibración tomando en consideración la máquina en que se encontraba, tipo de instrumento y correlativo.
4. Por medio de entrevistas con el metrologo de la planta y documentación metrológica interna, se investigó la última fecha de calibración de la instrumentación, para así llevar su control en el programa de calibración.
5. Tomando en cuenta las recomendaciones del proveedor del servicio de calibración y el uso que se le da a cada instrumento en el proceso de producción, se propuso fechas de próximas calibraciones.

6. Realizando recorridos de inspección en la línea de producción se identificaron los instrumentos con desperfectos, esto se reportó al Departamento de Mantenimiento Industrial.
- Con la creación de la hoja de cálculo en *Microsoft Excel* se programan calibraciones para la instrumentación de la línea de producción.
  - Además de la implementación del programa de calibración de instrumentos en una hoja de cálculo de *Microsoft Excel* se organizan los certificados de calibración según su incidencia en calidad e inocuidad, ambiente y seguridad industrial.

## RECOMENDACIONES

1. Se debe realizar un análisis completo de la instrumentación que se tomará en consideración en el programa de calibración, ya que el costo por el servicio de calibración es alto, tanto que en algunas ocasiones comprar un nuevo instrumento de medición genera menor costo que calibrarlo.
2. Los certificados de calibración dan a conocer si el instrumento es conforme con el proceso en el que se utiliza. Básicamente se tienen que comparar el error que se muestra en la tabla de resultados del certificado contra el error máximo permisible del proceso en cuestión, y así inferir si el instrumento es conforme o se tiene que reemplazar.
3. Antes de contratar el servicio de un proveedor de calibración de instrumentos, se debe investigar si sus patrones de calibración son trazables a un patrón universal, confirmar las competencias de los técnicos que realizan las calibraciones; esto es sumamente importante ya que son preguntas típicas de un auditor externo o interno al encargado de metrología.



## BIBLIOGRAFÍA

1. ARAGÓN, Víctor. *Acreditación de metrólogos nivel 1*. Guatemala: Aragón Valencia, 2013. 110 p.
2. AVENDAÑO, Luis Enrique. *Fundamentos de instrumentación*. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia: 2010, 279 p.
3. CASTANEDA, Juan Ramón. *Introducción a los conceptos básicos de metrología: Metrología en las áreas de masa, balanza, temperatura y presión*. El Salvador: Aragón Valencia, 2012. 50 p.
4. CREUS SOLÚ, Antonio. *Instrumentos industriales, su ajuste y calibración*. España: Marcombo, 2014. 236 p.
5. Mitutoyo. *Curso de calibración de instrumentos para verificación geométrica de un producto*. México: Instituto de Metrología, 2008. 124 p.
6. SIM. *Guía para la calibración de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático*. Washington: Organización de los Estados Americanos; Euramet, 2009. 89 p.

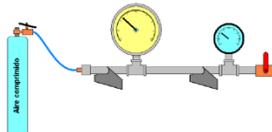


## ANEXOS

- Procedimiento de calibración de manómetros
  - I. **Los instrumentos se limpian con un paño limpio, sin aplicar químico alguno, teniendo cuidado en no dañar el instrumento**



- II. **Hacer la instalación del instrumento, colocándolo en serie con el patrón, y la bomba de aire en un sistema cerrado los cuales deberán de quedar en el mismo plano**



- III. Hacer las mediciones en seis puntos de la escala del instrumento, tomando el primer punto arriba del 10% del rango y los otros puntos equidistantes el uno del otro hasta llegar al máximo de la capacidad del instrumento



- IV. Si después de despresurizar el sistema no se encuentra ninguna anomalía en el manómetro se coloca la etiqueta que garantiza su exitosa calibración



- V. Validación del certificado

El certificado de calibración tiene que contener la siguiente información:

1. Datos del instrumento: Marca, rango, escala mínima, no. de serie, código interno, ubicación, fecha de calibración, recomendación de próxima calibración, patrón utilizado.
2. Método de calibración utilizado.
3. Trazabilidad
4. Resultados de calibración: Valor nominal, valor real, error.

Fuente: Metrólogo Embocen.