



***República de Cuba
Universidad de Cienfuegos
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Industrial***

Título: Implementación de la metodología Seis Sigma para la mejora de la calidad en el Proceso de Producción de Agua Mineral Natural en la Embotelladora de Agua Mineral Ciego Montero.

Tesis Presentada en Opción al grado de Ingeniero Industrial

Autor: Sheila Rodríguez Martínez

Tutor: MsC. Roxana González Álvarez

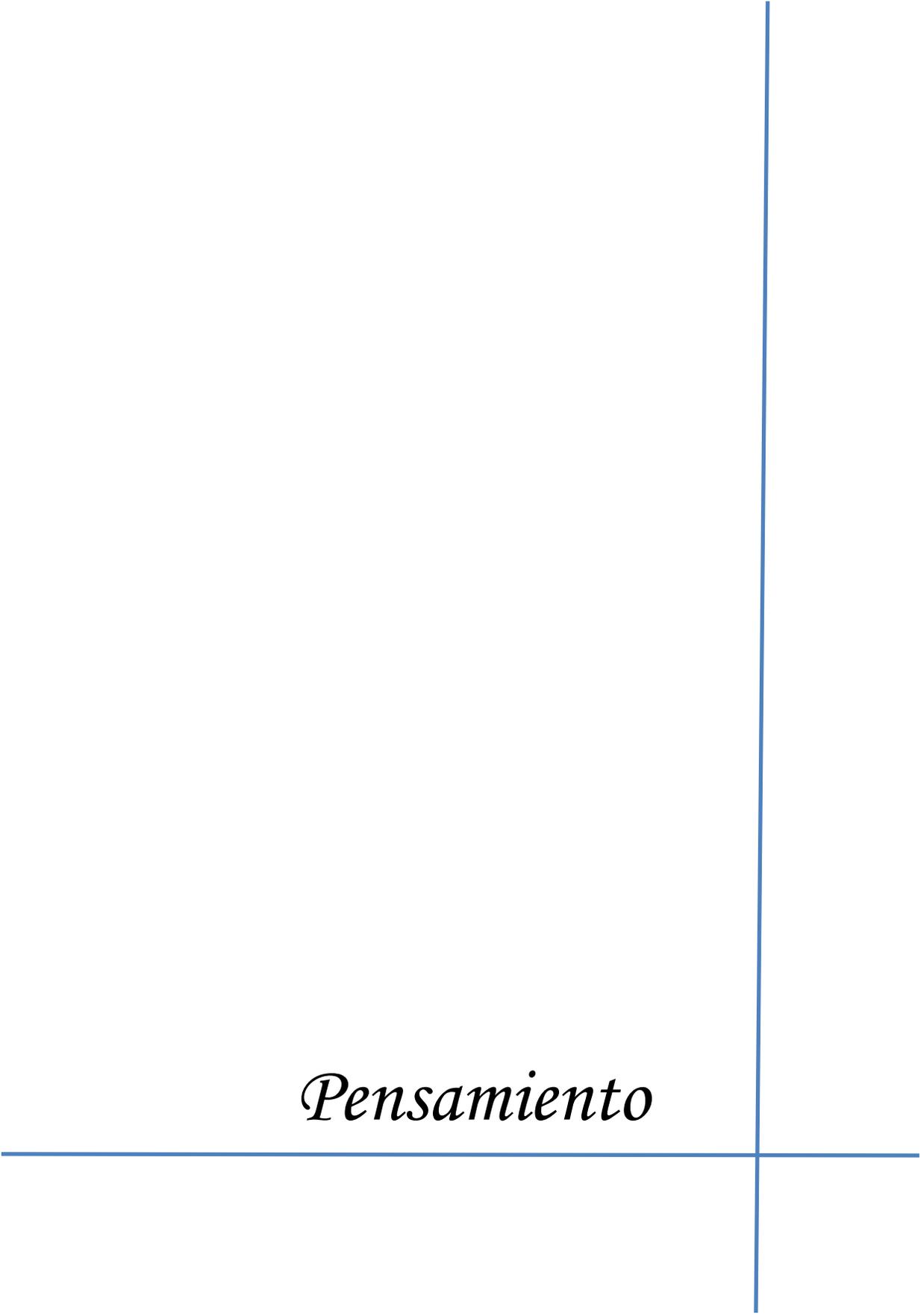
MsC. Ana Margarita Díaz Rodríguez

Ing. Norbey Martínez Hernández

Cienfuegos 2022

“Año 66 de la Revolución”

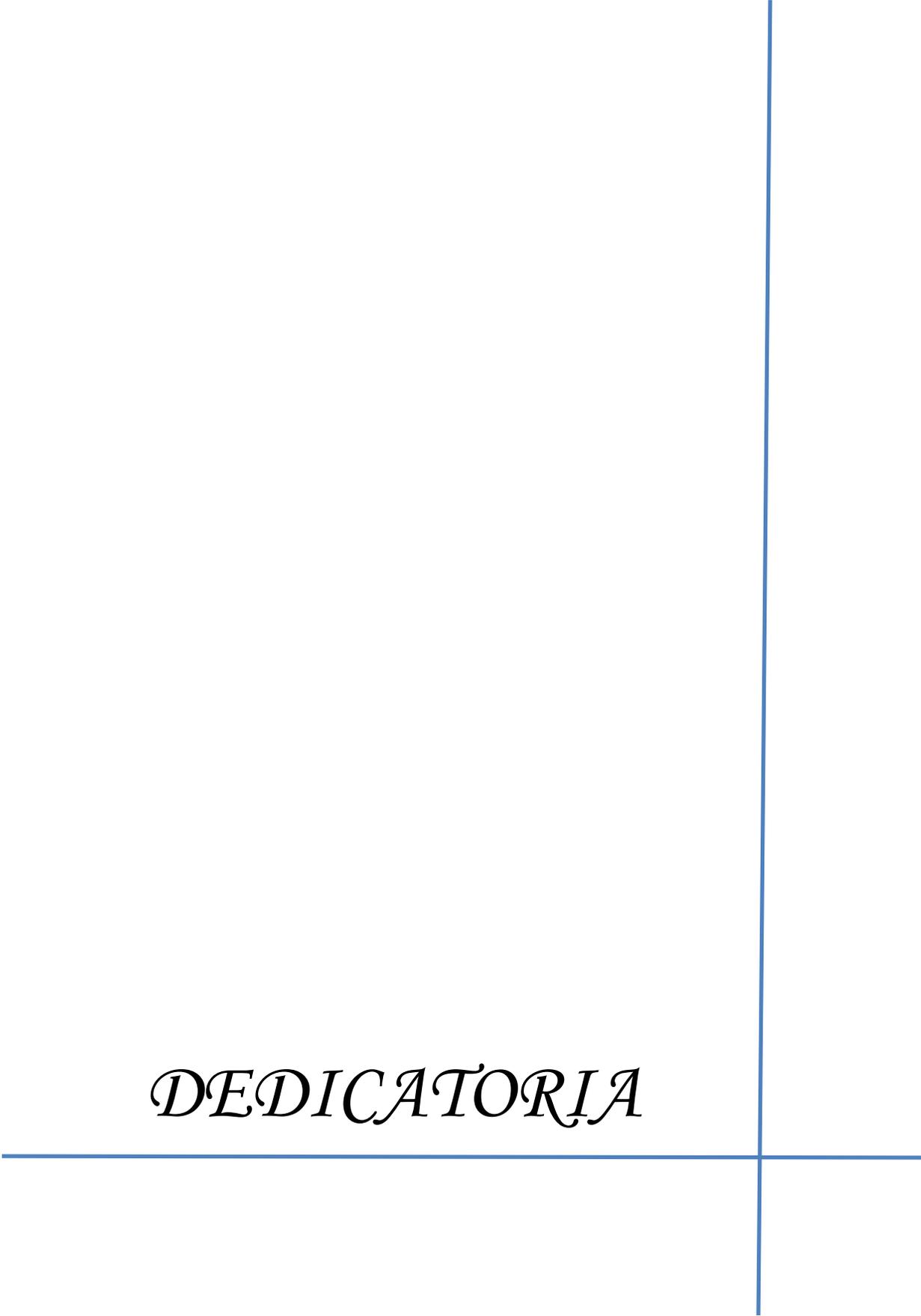
Pensamiento



“La calidad es la mejor garantía de la fidelidad de los clientes, la más fuerte defensa contra la competencia extranjera y el único camino para el crecimiento y los beneficios.”

Jack Welch

DEDICATORIA



A Dios y la Virgen de la Caridad, por haberme permitido llegar a este momento tan importante en mi vida y por siempre estar protegiéndome.

A mis padres, que son la motivación de mi vida mi orgullo de ser lo que seré.

A mis hermanas, porque son la razón de sentirme tan orgullosa de culminar mi meta pues quiero ser un ejemplo para ellas.

A mis abuelos, que siempre están junto a mí apoyándome.

A mis tíos y tías, que creyeron en mis habilidades como persona.

A mi madrina, por todo el amor que me da.

A mis primos, que saben que los quiero muchísimo.

A mi esposo, que siempre me da los mejores consejos permitiéndome mejorar como futura profesional.

A mi Dina, que aunque seas una perrita me demuestras cada día el verdadero significado del amor y la lealtad, también a Yin que desde que llegó nos demostró que la locura es algo bueno.

A mis seres queridos que se encuentran cuidándome desde el cielo, pero que estuvieron a mi lado hasta el final de sus días, los extraño y sé que están orgullosos de todo lo que he logrado.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios y la Virgen de la Caridad por permitirme tener y gozar a mi familia, que son el motor que impulsa mi vida, sin ellos no soy nada.

Mi más sincero reconocimiento a quien me dio la vida, mi Mamá, por su gran amor y apoyo incondicional en cada una de mis decisiones, por enseñarme a luchar siempre para alcanzar mis objetivos en la vida.

A ti Papá, por enseñarme que con esfuerzo, trabajo y dedicación todo se puede y que en esta vida nadie regala nada, por inculcarme los valores de respeto, humildad y sacrificio que le dan sentido a la vida.

A mis abuelos: Leonor, Norberto, Nerys y Juan, por ser mis consejeros, por su cariño, confianza y comprensión; por enseñarme que el amor y la unión de la familia constituyen la base de la felicidad.

A Isachi por haberme escuchado una y otra vez repetir los textos que me tenía que aprender para exponer o para las pruebas que tenía, por enseñarme que tan fuerte se puede llegar a ser y por escucharme cuando más lo necesitaba.

A mi tío Norbey, que si no fuera por él esta tesis no hubiera podido desarrollarse, por siempre estar ahí para mí cuando lo necesito.

A ti Tata, que aunque vives lejos de mí siempre me has apoyado en mis estudios y en mis decisiones, te quiero muchísimo.

A mi madrina Silvia, por tener la palabra precisa en el momento indicado, por quererme y considerarme como una más de tus nietos.

A mis tíos Mickey y Marioysis, por sus grandes consejos que me ayudaron a crecer como persona.

A mi esposo Abel, por su amor incondicional, por estar a mi lado en los momentos difíciles, por darme ánimos, confianza y fuerzas para seguir adelante.

A mis primos: Katy, Yelisy, Marcos, Lucas, Melissa..., que son los que más cerca estuvieron de mí en el camino hasta llegar a este momento.

A mi tutora Roxana, por lo mucho que me ayudó y aconsejó en la confección de esta tesis, por creer en mí y en mis habilidades.

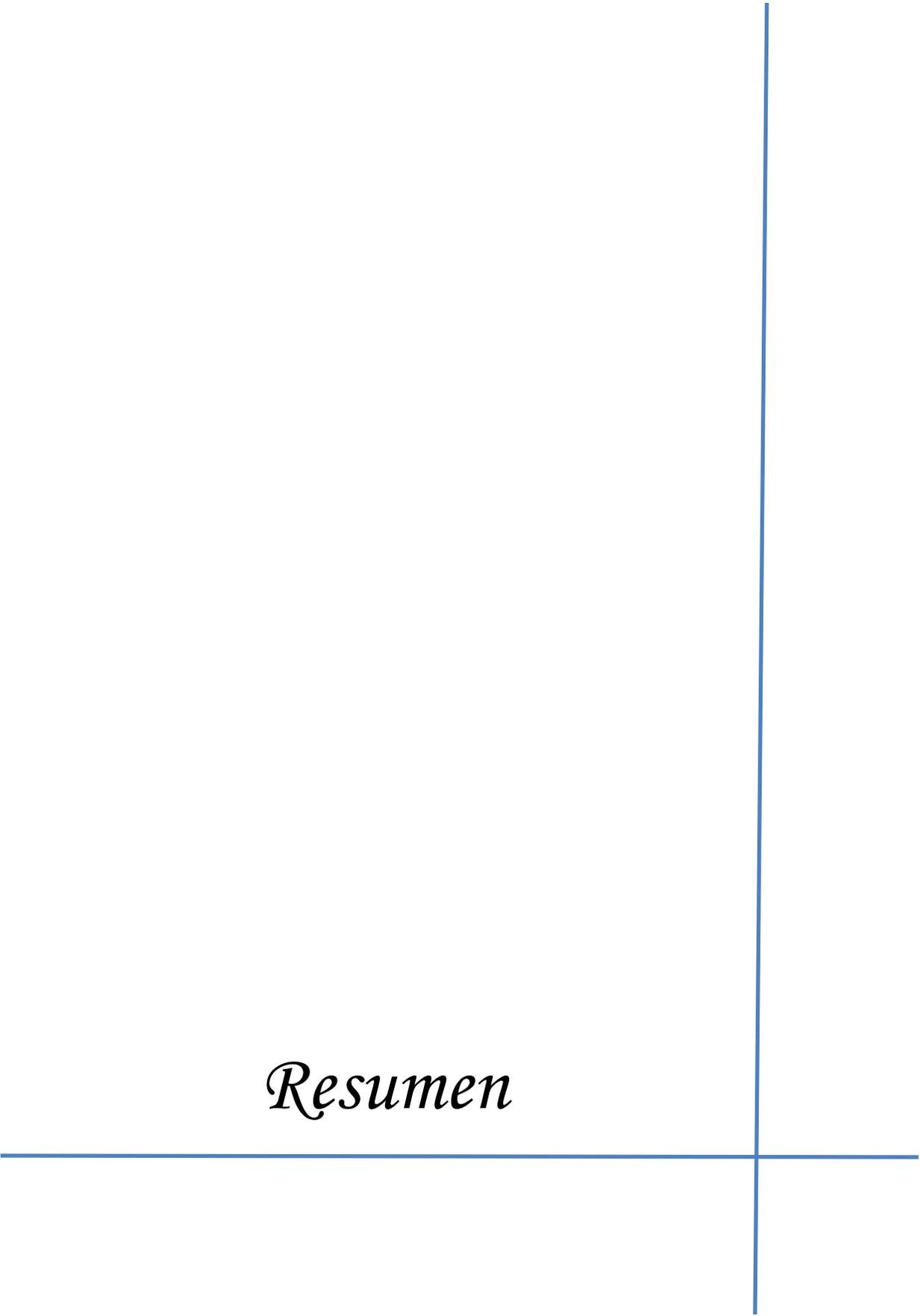
A mis amigos: Yaniel, Neiza, Ana Bárbara, Carmen Laura, Melissa, Lorena, Norma, Yuslieny, que aunque a todos no los conocí en el mismo momento se ganaron un pedacito de mi corazón, gracias por su amistad y espero que siempre estén conmigo.

A los trabajadores de la Embotelladora, que sin importar lo que estuvieran haciendo siempre tenían tiempo para atender mis dudas.

A mis mascotas, por sacarme una sonrisa en los momentos difíciles.

A todos y cada uno de ellos, gracias por compartir conmigo uno de mis más grandes logros, los quiero infinitamente.

Resumen



Resumen

El presente trabajo es realizado en la Embotelladora de Agua Mineral Ciego Montero, con el objetivo de implementar la Metodología Seis Sigma para la mejora de la calidad del Proceso de Producción de Agua Mineral Natural.

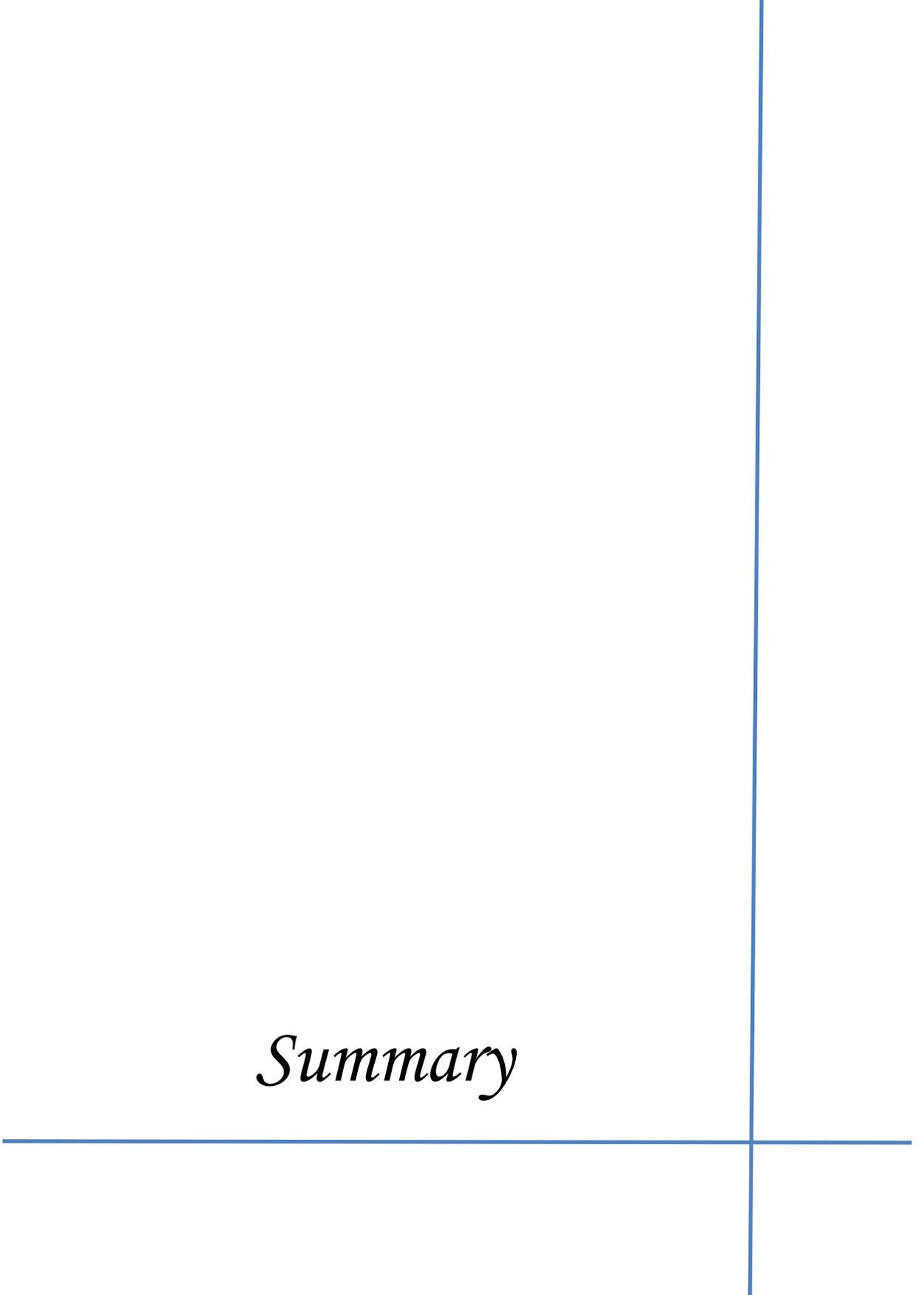
Para la recopilación de información se utilizan técnicas tales como: entrevistas, tormenta de ideas, revisión de documentos, trabajo con expertos, trabajo en equipo y observación directa. Se hace uso además de las herramientas clásicas de la calidad (histograma, gráficos de control, índices de capacidad de procesos, diagrama Ishikawa) y de gestión de procesos (SIPOC, diagrama de flujo y ficha de proceso) así como la técnica 5Ws y 1H para la proyección de acciones de mejora. Para el procesamiento de los datos obtenidos se utilizan programas informáticos como el paquete estadístico Statgraphics Centurion, el Microsoft Excel, el Microsoft Office Visio y el SPSS.

Como resultados fundamentales de la investigación se documenta el Proceso de Producción de Agua Mineral Natural y se verifica el cumplimiento de las principales características de calidad que inciden en los problemas identificados en el proceso objeto de estudio. Se determinan además las causas que inciden en la inestabilidad y la baja capacidad del proceso así como la propuesta de acciones de mejora a partir de las deficiencias identificadas.

Por último, se exponen las conclusiones y recomendaciones que derivan del estudio y que permiten definir una vía de seguimiento adecuada para dar continuidad a la temática desarrollada en la investigación.

Palabras claves: agua, Seis Sigma, calidad, mejora.

Summary





Summary

This work is carried out in the Ciego Montero Mineral Water Bottling Plant, with the aim of implementing the Six Sigma Methodology to improve the quality of the Natural Mineral Water Production Process.

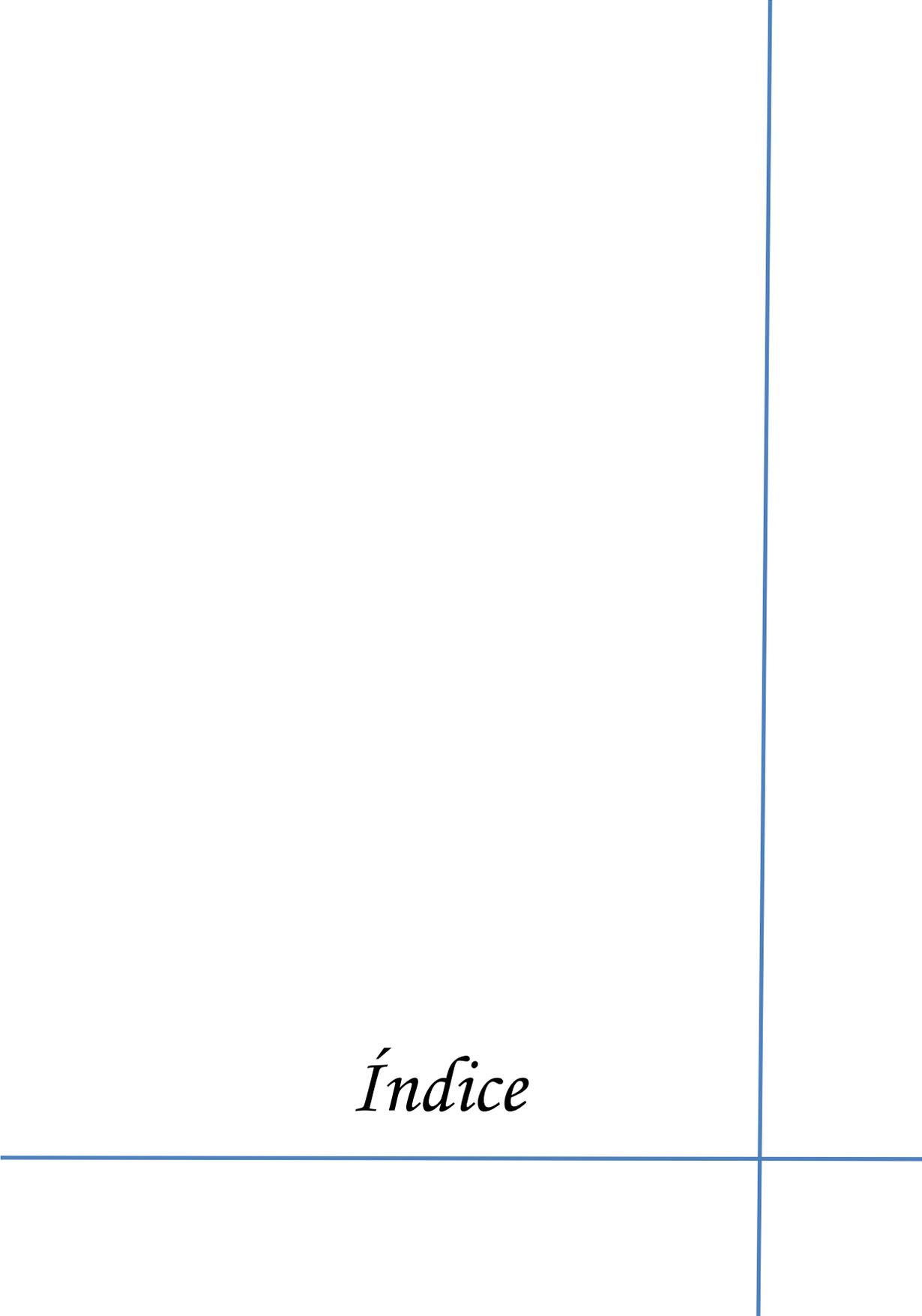
Techniques such as: interviews, brainstorming, document review, working with experts, teamwork, and direct observation are used to collect information. Classical quality tools (histogram, control charts, process capability indices, Ishikawa diagram) and process management tools (SIPOC, flow chart and process sheet) are also used, as well as the 5Ws and 1H technique for projection of improvement actions. To process the data obtained, softwares such as Statgraphics Centurion, Microsoft Excel, Microsoft Office Visio and SPSS are used.

As fundamental results of the investigation, the Natural Mineral Water Production Process is documented and the fulfillment with the main quality characteristics that affect the problems identified in the process under study is verified. The causes that affect the instability and the low capability of the process are also determined, as well as the proposal of improvement actions based on the deficiencies identified.

Finally, the conclusions and recommendations that derive from the study and that allow defining an adequate follow-up path are presented to give continuity to the thematic developed in the research.

Keywords: water, Six Sigma, quality, improvement.

Índice



Índice

Resumen	10
Summary	12
Introducción	7
Capítulo I: Marco teórico referencial.....	14
1.1. Introducción.....	14
1.2. Generalidades de la calidad. Relación calidad-productividad-competitividad.	14
1.3. Gestión de la calidad.....	17
1.4. Control estadístico de la calidad	20
1.4.1. Herramientas para el control estadístico de procesos	25
1.5. Metodologías de mejoramiento de procesos	29
1.5.1. Reingeniería de procesos de negocio	30
1.5.2. Seis Sigma como metodología de mejora de procesos	33
1.6. Generalidades sobre la producción de agua mineral natural. Beneficios para la salud. ..	39
1.6.1. Tendencias en el consumo de aguas minerales	42
1.6.2. Control de calidad en la producción de agua mineral natural	43
1.7. Conclusiones del Capítulo	44
Capítulo II: Caracterización de la Embotelladora de Agua Mineral Ciego Montero y descripción de la metodología de mejora de procesos Seis Sigma.	46
2.1. Introducción.....	46
2.2. Caracterización de la Embotelladora de Agua Mineral Ciego Montero	46
2.3. Descripción de la Metodología Seis Sigma.....	54
2.4. Descripción de las principales herramientas relacionadas con la investigación.....	63
2.5. Conclusiones del Capítulo II	71
Capítulo III: Implementación de la Metodología Seis Sigma para la mejora de la calidad del Proceso de Producción de Agua Mineral Natural.....	73
3.1. Introducción.....	73
3.2. Implementación de la Metodología Seis Sigma en el proceso objeto de estudio.....	73



3.2.1. Etapa I: Definir.....	73
3.2.2. Etapa II: Medir	84
3.2.3. Etapa III: Analizar las causas raíces	96
3.2.4. Etapa IV: Mejorar.....	98
3.3. Conclusiones del Capítulo.....	98
Conclusiones	100
Recomendaciones	101
Bibliografía.....	102
Anexos.....	117



Introducción

Introducción

En la actualidad la calidad se ha convertido en una meta de todas las organizaciones, tanto en las productivas como en las de servicios. Esta disciplina permite que las organizaciones desarrollen una favorable reputación que las posiciona en un determinado estatus a nivel empresarial. La calidad viene definida por las necesidades y expectativas del cliente. La idea fundamental es que los productos y servicios deben cumplir siempre sus especificaciones (Berovides y Michelena, 2013).

El nuevo enfoque integral de la calidad brinda un sistema de gestión que asegura que las organizaciones satisfagan los requerimientos de los clientes, y a su vez hagan uso racional de los recursos, asegurando su máxima productividad. Así mismo permite desarrollar en la organización una fuerte ventaja competitiva como es la cultura del "mejoramiento continuo" con un impacto positivo en la satisfacción del cliente, del personal y un incremento de la productividad (Gómez, 2017).

A nivel internacional se marcan tendencias en el tema de calidad, siendo uno de los más publicados los trabajos relacionados con la Metodología Seis Sigma, la cual constituye una estrategia de mejora continua que busca encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos, enfocándose hacia aquellos aspectos que son críticos para el cliente (Gutiérrez y De la Vara, 2013). Seis Sigma se apoya en una metodología altamente sistemática y cuantitativa orientada a la mejora de la calidad del producto o del proceso y tiene tres áreas prioritarias de acción: satisfacción del cliente, reducción del tiempo de ciclo y disminución de defectos (García, 2014).

La misma puede ser aplicada a cualquier tipo de organización, existiendo un sin número de investigaciones que la utilizan, sobresaliendo las empresas de manufactura, donde ha demostrado su utilidad durante décadas (Shirazi, Ali y Pintelon, 2012). Autores como Idrissi y Benazzouz (2019) sugieren que con la utilización de Seis Sigma (SS), se ha fomentado el uso de datos y el pensamiento estadístico, metodología que se enfoca en mejorar el nivel de desempeño y la capacidad de los procesos organizacionales mediante la reducción de la variabilidad.

Durante varias décadas la comercialización de agua mineral (embotellada) ha sido un referente, cuyo mercado ha ido creciendo expresamente en las últimas tres décadas. Lo anterior se fundamenta en su disponibilidad, asequibilidad, seguridad alimentaria y beneficios para la salud que presenta el producto, considerando los avances tecnológicos en la operabilidad de los procesos, cada vez más automatizados y el cumplimiento de las normas vigentes (Ribeiro, 2021).

La Organización Mundial de la Salud conceptualiza el término como toda agua no contaminada bacteriológicamente que procedente de una fuente subterránea natural o perforada, contiene una determinada mineralización y puede inducir efectos favorables para la salud, debiendo estar así reconocido por la autoridad pertinente del país origen (Reyes, Valmaseda y Rodríguez, 2017). Constituye un producto único y de alta calidad, siendo de los más regulados en materia de seguridad y calidad alimentaria (ANEABE, 2020).

En este contexto, todos los elementos químicos presentes en el agua deben tener las concentraciones y la calidad adecuadas representadas por la ausencia de contaminantes que pueden causar enfermedades como gusanos, la fiebre tifoidea, el cólera y otras enfermedades infecciosas (Ribeiro, 2021).

Las aguas de bebida envasada deben someterse a un estricto control farmacológico y microbiológico que garantice su calidad para el embotellamiento y su consumo seguro. Se realiza en base a diferentes criterios de calidad como características microbiológicas, características físico químicas y organolépticas (Sánchez, Reynerio, González y Suárez, 2005).

En el caso concreto de Cuba la producción de agua mineral embotellada se realiza a través de tres plantas: Ciego Montero en Cienfuegos, Amaro en Villa Clara y Sierra Canasta en Guantánamo, comercializándose a través de la red mayorista y minorista. La industria de agua mineral en el país ha permitido el acceso al sector turístico y a la población a nuevas fuentes de agua potable mediante el aprovechamiento de las aguas minerales y su comercialización tanto en hoteles, bares, restaurantes como en supermercados (Grupo Termas, 2016).

Las características de calidad del agua mineral natural en Cuba así como sus especificaciones se encuentran establecidos en la Norma Cubana NC 297: 2005 “Aguas Minerales Naturales Envasadas. Especificaciones”, la cual es aplicable a todas las aguas minerales naturales envasadas que se ofrecen a la venta como alimento.

La Embotelladora de Agua Mineral Ciego Montero, objeto de estudio de la presente investigación, se dedica a la producción y comercialización de agua mineral natural con destino al mercado interno y a la exportación en Moneda Libremente Convertible (MLC). Es la encargada de abastecer más del 92% del mercado de agua mineral natural en el país; así como exportar a algunas naciones del área del Caribe y Centroamérica, lo que la convierte en una organización líder a nivel nacional.

La entidad tiene como premisa la elevación de la calidad de sus producciones mediante el desarrollo de programas de mejoramiento continuo que contribuyan a la satisfacción de las necesidades y expectativas de los clientes. Es válido destacar que la organización pretende mantenerse como institución líder en el mercado nacional según se declara en la visión para lo cual la calidad constituye un aspecto indispensable a desarrollar de manera sistemática. Entre sus prioridades está fomentar el uso de herramientas y técnicas estadísticas que permitan el control de la calidad de sus producciones con un enfoque de mejora continua.

Durante el año 2021 la organización reportó un total de 10 quejas de consumidores relacionadas con la calidad del producto, identificándose la mayor cantidad en el trimestre de octubre a diciembre. La principal queja corresponde a los sólidos en suspensión, representando un 50% del total.

Además durante el segundo semestre del año 2021 y el primero del 2022 se devolvieron 520 unidades por parte de las agencias distribuidoras. Entre las principales causas de devolución figuran la presencia de partículas, presencia de hongos y botellas escachadas y con cuello deformado, representando la primera el 54,04% del total. El 80,76% de las devoluciones se enviaron al área de productos reciclables para su destrucción con la consiguiente generación de desechos sólidos (botellas PET).

Unido a lo anterior se tiene que en el banco de problemas de la Embotelladora se identifican como problemas que afectan la calidad del producto los cuerpos extraños en las botellas sopladas e inadecuada generación de ozono. Lo anterior constituye la **situación problemática** de la presente investigación.

Por lo que se define como **problema de investigación**:

¿Cómo contribuir a la mejora de la calidad de la producción de agua mineral natural en la Embotelladora de Agua Mineral Ciego Montero?

En función de ello se formulan los siguientes **objetivos**:

Objetivo General:

Implementar la Metodología Seis Sigma para la mejora de la calidad en el Proceso de Producción de Agua Mineral Natural en la Embotelladora de Agua Mineral Ciego Montero.

De ahí se establecen los **Objetivos Específicos**:

1. Documentar el proceso de producción de agua mineral natural en la Embotelladora de Agua Mineral Ciego Montero.

2. Evaluar la estabilidad y capacidad de las principales características que inciden en los problemas identificados en el proceso de producción de agua mineral natural.
3. Proponer acciones de mejora a partir de las deficiencias identificadas en el proceso de producción objeto de estudio.

Justificación de la investigación:

La justificación de la investigación está dada por la necesidad que tiene la organización de aplicar herramientas del control estadístico mediante la implementación de la Metodología Seis Sigma para conocer el estado actual del proceso de producción de agua mineral natural en cuanto a estabilidad y capacidad para cumplir con especificaciones en aquellas características de calidad que se relacionan con los principales problemas planteados. Entre los beneficios fundamentales se encuentran la verificación del cumplimiento de las principales características de calidad del agua mineral natural así como la propuesta de acciones de mejora en función de las deficiencias identificadas.

La presente investigación está estructurada de la siguiente manera:

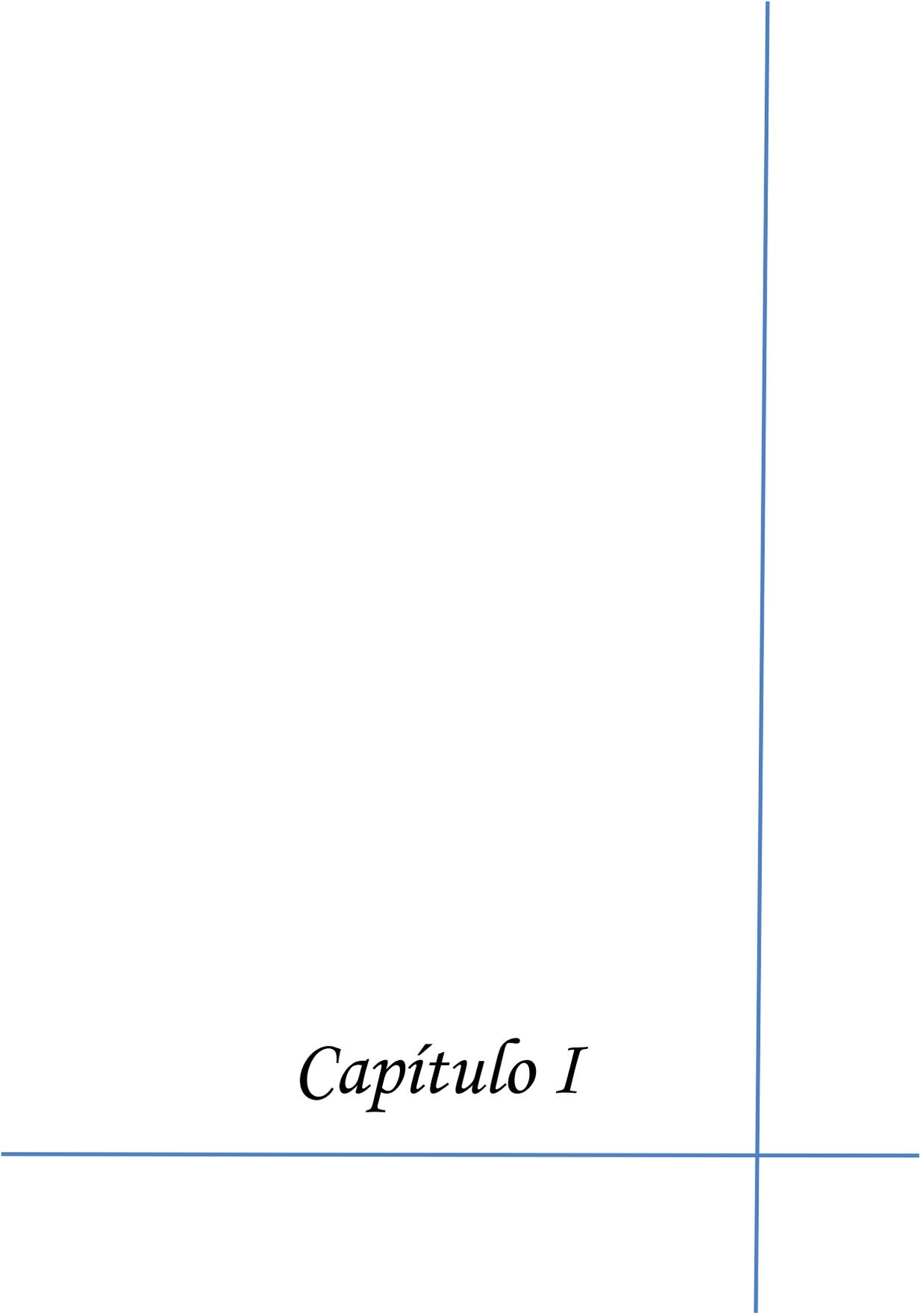
Capítulo I: Se elabora el marco teórico referencial. Comprende aspectos relacionados con la gestión de la calidad con énfasis en el control estadístico de la calidad. Como elemento clave se realiza un análisis de las diferentes metodologías de mejoramiento de procesos. Por último se abordan los elementos generales sobre la producción de agua mineral natural.

Capítulo II: Se realiza una caracterización de la Embotelladora de Agua Mineral Ciego Montero así como se justifica la necesidad de realizar el estudio en el proceso de producción de agua mineral natural. Por último se describen la metodología de mejora de procesos Seis Sigma y las técnicas y herramientas empleadas en la investigación.

Capítulo III: Se presentan los resultados de la implementación de la metodología Seis Sigma para la mejora de la calidad en el proceso de producción de agua mineral natural, que culmina con el conocimiento de los principales factores que influyen en la calidad del producto así como la propuesta de acciones de mejora a partir de las deficiencias identificadas.

Finalmente se expresan las principales conclusiones y recomendaciones que permiten sintetizar los resultados, así como la bibliografía utilizada y los anexos correspondientes.

Capítulo I



Capítulo I: Marco teórico referencial

1.1. Introducción

En el presente capítulo cuyo hilo conductor se muestra en la Figura 1.1, se analizan aspectos relacionados con la gestión de la calidad y el control estadístico de la calidad así como las principales herramientas que se utilizan en esta. Como elemento clave se describen cuestiones generales sobre la producción de agua mineral natural, objeto de estudio de la investigación.

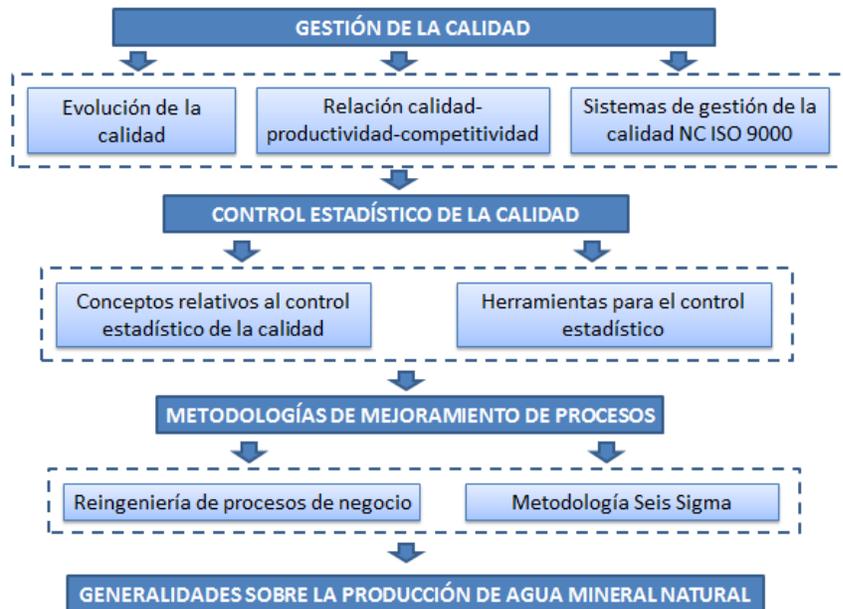


Figura 1.1: Hilo conductor. Fuente: Elaboración propia.

1.2. Generalidades de la calidad. Relación calidad-productividad-competitividad.

La calidad es un término que se ha mantenido en constante desarrollo, paralelo al cambio de enfoque en la gestión empresarial (Pérez, 2009), existiendo una gran variedad de significados que deben tenerse en cuenta en el contexto de la época en la que surgieron (Hurtado, 2016).

Dicho término ha ido evolucionando hacia una visión cada vez más global, pasando de entenderse como requisito a cumplir en el área de producción, a tratarla como un factor estratégico (Gómez, 2017), siendo imprescindible para el éxito y la supervivencia de cualquier empresa (Blasco, Gisbert y Pérez, 2015). Entre las definiciones consultadas se tienen:

- ✓ Cumplir con los requisitos. El consumidor es la parte más importante de la actividad productiva (Deming, 1982).
- ✓ Es la pérdida mínima para la sociedad en la vida del producto (Taguchi, 1986).
- ✓ Cumplimiento de requisitos de los consumidores, incluyendo el costo (Ishikawa, 1988).
- ✓ Es la adecuación del producto al uso requerido (Juran, 1995).

- ✓ Cumplimiento de las características de un producto/servicio que son de interés del consumidor final (Giaccio, Canfora y Del Signore, 2013).
- ✓ Conjunto de propiedades o características de un producto o servicio, que le confieren su aptitud para satisfacer unas necesidades expresadas o implícitas (Rendón, 2013).
- ✓ Grado en el que un conjunto de características inherentes de un objeto cumple con los requisitos (NC ISO 9000: 2015).

La autora de la presente investigación se identifica con el concepto dado por la norma NC ISO 9000: 2015, siendo este el manejado en el sistema empresarial, tanto a nivel nacional como internacional.

Según Gutiérrez y De la Vara (2013) la calidad la define el cliente, es el juicio que éste tiene sobre un producto o servicio. Un cliente queda satisfecho si se le ofrece todo lo que él esperaba encontrar y más. Así, la calidad es ante todo la satisfacción del cliente. Una definición que sintetiza la idea de enfocar la empresa hacia los clientes es la que afirma “Calidad es la creación continua de valor para el cliente”.

Las organizaciones que tienen una clara orientación hacia la calidad promueven una cultura que da como resultado comportamientos, actitudes, actividades y procesos para proporcionar valor mediante el cumplimiento de las necesidades y expectativas de los clientes y otras partes interesadas pertinentes (NC ISO 9000: 2015). En la Tabla 1.1 se muestra un cuadro comparativo sobre las teorías de calidad, especificando definiciones, objetivos, entre otros.

Tabla 1.1: Cuadro comparativo de teorías de calidad. Fuente: Andrade (2013)

Características	Deming	Juran	Crosby	Ishikawa	Taguchi
Definición de calidad	Sistema sin fallas	Conformidad con las especificaciones	Conformidad con los requerimientos	Uniformidad en los objetivos	Desempeño respecto a los requerimientos del cliente
Orientación hacia la calidad	Técnica	Proceso	Motivacional	Revolución conceptual	Técnico proactivo
Objetivos de la calidad	Cumplir las necesidades del cliente	Satisfacer las necesidades del cliente	Cero imperfecciones	Mejoramiento continuo	Cumplir los requerimientos del cliente
Método para lograr la calidad	Estadístico	Planeación, Control y Mejoramiento	Marco de 14 puntos	Modalidad Japonesa. Control Total de la Calidad	Procesos y Diseños Robustos
Decisión	Optimizar la medición directa de la calidad.	Minimizar la medición directa de la calidad	Medición directa de la calidad para implementación cero imperfecciones	Optimizar medición directa de la calidad; cero imperfecciones	Optimizar medición directa de la calidad
Objetivo del Programa	Mejorar posición competitiva	Disminuir el costo de la calidad	Disminuir costos	Mejoramiento continuo (Kaizen)	Eficacia de la calidad del diseño

Para Abreu y Cañedo (1998) según Ortiz y Felizzola (2014) las necesidades y expectativas de los clientes son el principal insumo de toda organización. A partir de estas se diseñan los sistemas de calidad y producción que hacen posible la fabricación de bienes y servicios.

Es preciso destacar además que la competitividad de una empresa, definida como la capacidad de esta para generar valor para el cliente y sus proveedores de mejor manera que sus competidores, y la satisfacción del cliente, están determinadas por tres factores críticos: la calidad del producto, la calidad del servicio y el precio (Gutiérrez y De la Vara, 2013). Es así como en mercados altamente competitivos, la calidad se convierte en elemento diferenciador, capaz de generar ventajas competitivas sostenibles en las empresas (Marín, 2015).

La calidad también está estrechamente relacionada con la productividad ya que los defectos de fabricación ocasionan baja calidad en el producto lo que afecta a la productividad global de la empresa y a su rentabilidad final (Orlandoni, 2012). Cuando se tiene mala calidad en las diferentes actividades, hay equivocaciones y fallas de todo tipo (Gutiérrez y De la Vara, 2013). Por ejemplo, reprocesos, desperdicios y retrasos en la producción, pagar por elaborar productos malos, paros y fallas en el proceso, inspección excesiva para evitar que los productos de mala calidad salgan al mercado, reinspección y eliminación de rechazos, gastos por devoluciones, clientes insatisfechos y pérdidas en ventas, entre otras.

Por otra parte, al mejorar la forma en que se hacen todas las actividades se logra una reacción en cadena que trae importantes beneficios, por ejemplo: se reducen los reprocesos, errores, retrasos, desperdicios y artículos defectuosos; disminuye la devolución de artículos y las quejas de los clientes. Al lograr disminuir las deficiencias se reducen los costos y se liberan recursos humanos y materiales que se pueden destinar a elaborar más productos o a resolver otros problemas. De esta forma se incrementa la productividad y se es más competitivo en calidad y precio (Gutiérrez y De la Vara, 2013).

Chase, Jacobs y Aquilano (2009) afirman que para lograr una calidad sobresaliente se requiere liderazgo de la alta dirección, enfoque en el cliente, participación total de la fuerza laboral y mejoramiento continuo basado en un análisis riguroso de los procesos.

Autores como Xiaofen (2013), Myszewski (2013), Antony (2013), Blasco, Gisbert y Pérez (2015) y Hernández, Barrios y Martínez (2018) aseguran además que los métodos de calidad están siendo el pilar sobre el cual se apoya toda empresa para garantizar su futuro. Quién no esté en proceso de normalizar su empresa, implantar un sistema de calidad y obtener la certificación, no tiene futuro. En el siguiente epígrafe se abordan aspectos fundamentales relacionados con los sistemas de gestión de la calidad.

1.3. Gestión de la calidad

La gestión de calidad en la actualidad constituye una estrategia para impulsar la competitividad empresarial que permite, desde una perspectiva integral, observar la organización como un conjunto de procesos interrelacionados cuyo fin último es, entre otros, lograr la satisfacción del cliente (Hernández, Barrios y Martínez, 2018). La NC ISO 9000: 2015 conceptualiza el término como el conjunto de actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización con respecto a la calidad.

En la propia norma se define como sistema de gestión de la calidad a la parte de un sistema de gestión que está relacionada con la calidad (NC ISO 9000: 2015). El sistema comprende actividades mediante las que la organización identifica sus objetivos y determina los procesos y recursos requeridos para lograr los resultados deseados. En este se gestionan los procesos que interactúan y los recursos que se requieren para proporcionar valor y lograr los resultados para las partes interesadas pertinentes. Posibilita además a la alta dirección optimizar el uso de los recursos considerando las consecuencias de sus decisiones a largo y corto plazos (NC ISO 9000: 2015).

La adopción de un sistema de gestión de la calidad es una decisión estratégica para una organización, que le puede ayudar a mejorar su desempeño global y proporcionar una base sólida para las iniciativas de desarrollo sostenible (NC ISO 9001:2015).

Esta norma propone un sistema de gestión de la calidad bien definido, basado en un marco de referencia que integra conceptos, principios, procesos y recursos fundamentales establecidos relativos a la calidad, para ayudar a las organizaciones a hacer realidad sus objetivos. La norma pretende incrementar la conciencia de la organización sobre sus tareas y su compromiso para satisfacer las necesidades y las expectativas de sus clientes y sus partes interesadas y lograr la satisfacción con sus productos y servicios (NC ISO 9000: 2015).

Los beneficios potenciales para una organización de implementar un sistema de gestión de la calidad basado en la norma NC ISO 9001: 2015 son:

- ✓ Capacidad para proporcionar regularmente productos y servicios que satisfagan los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables.
- ✓ Facilitar oportunidades de aumentar la satisfacción del cliente.
- ✓ Abordar los riesgos y oportunidades asociadas con su contexto y objetivos.
- ✓ La capacidad de demostrar la conformidad con requisitos del sistema de gestión de la calidad especificados.

Según la NC ISO 9001: 2015 las organizaciones deben establecer, implementar, mantener y mejorar continuamente un sistema de gestión de la calidad, incluidos los procesos necesarios y sus interacciones. Al aplicar los principios de gestión de calidad enunciados en la NC ISO 9000: 2015 es posible dirigir una organización de forma exitosa. A continuación, se muestran dichos principios:

- ✓ Enfoque al cliente: El enfoque principal de la gestión de la calidad es cumplir los requisitos del cliente y tratar de exceder sus expectativas. El éxito sostenido se alcanza cuando una organización atrae y conserva la confianza de los clientes y de otras partes interesadas pertinentes. Cada aspecto de la interacción del cliente proporciona una oportunidad de crear más valor y entender las necesidades actuales y futuras de los mismos y de otras partes interesadas, lo que contribuye al éxito sostenido de la organización.
- ✓ Liderazgo: Los líderes en todos los niveles establecen la unidad de propósito y la dirección, y crean condiciones en las que las personas se implican en el logro de los objetivos de la calidad de la organización. La creación de la unidad de propósito y la dirección y gestión de las personas permiten a una organización alinear sus estrategias, políticas, procesos y recursos para lograr sus objetivos.
- ✓ Compromiso de las personas: Las personas competentes, empoderadas y comprometidas son esenciales para aumentar la capacidad de la organización para generar y proporcionar valor. Para gestionar una organización de manera eficaz y eficiente, es importante respetar e implicar activamente a todas las personas en todos los niveles. El reconocimiento, el empoderamiento y la mejora de la competencia facilitan el compromiso de las personas en el logro de los objetivos de la calidad de la organización.
- ✓ Enfoque a procesos: Se alcanzan resultados coherentes y previsibles de manera más eficaz y eficiente cuando las actividades se entienden y gestionan como procesos interrelacionados que funcionan como un sistema coherente. El sistema de gestión de la calidad consta de procesos interrelacionados. Entender cómo este sistema produce los resultados permite a una organización optimizar el sistema y su desempeño.
- ✓ Mejora: Las organizaciones con éxito tienen un enfoque continuo hacia la mejora. La mejora es esencial para que una organización mantenga los niveles actuales de desempeño, reaccione a los cambios en sus condiciones internas y externas y cree nuevas oportunidades.

- ✓ Toma de decisiones basada en la evidencia: Las decisiones basadas en el análisis y la evaluación de datos e información tienen mayor probabilidad de producir los resultados deseados. La toma de decisiones puede ser un proceso complejo, y siempre implica cierta incertidumbre. Con frecuencia involucra múltiples tipos y fuentes de entradas, así como su interpretación, que puede ser subjetiva. Es importante entender las relaciones de causa y efecto y las consecuencias potenciales no previstas. El análisis de los hechos, las evidencias y los datos conduce a una mayor objetividad y confianza en la toma de decisiones.
- ✓ Gestión de las relaciones: Para el éxito sostenido, las organizaciones gestionan sus relaciones con las partes interesadas pertinentes, tales como los proveedores. Las partes interesadas pertinentes influyen en el desempeño de una organización. Es más probable lograr el éxito sostenido cuando una organización gestiona las relaciones con sus partes interesadas para optimizar el impacto en su desempeño. Es particularmente importante la gestión de las relaciones con la red de proveedores y socios.

El ciclo de mejora PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) puede aplicarse a todos los procesos y al sistema de gestión de la calidad como un todo (NC ISO 9001: 2015). La Figura 1.2 ilustra cómo los diferentes elementos del sistema analizado pueden agruparse en relación con el ciclo PHVA. Autores como Okorie, Adubisi y Ben (2017) plantean que la mejora de la calidad es un factor clave que conduce al éxito empresarial, al crecimiento y a la mejora de la posición competitiva.

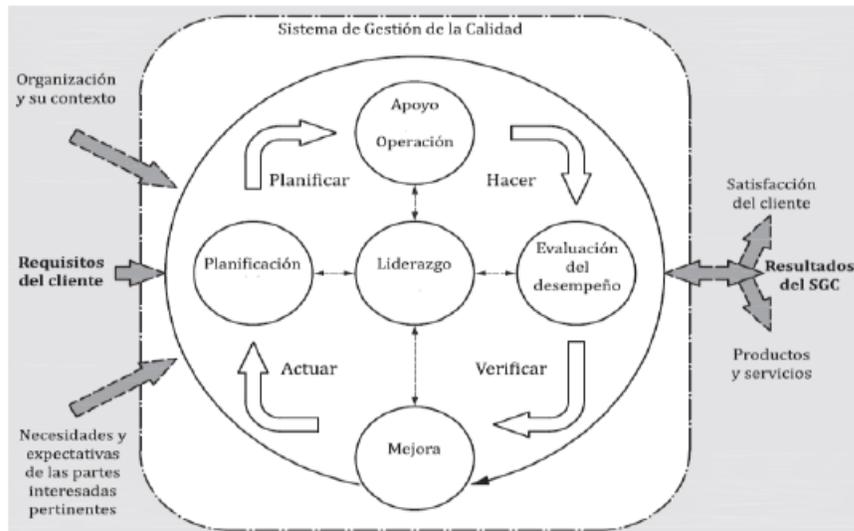


Figura 1.2: Representación de la estructura de la NC ISO 9001:2015 con el ciclo PHVA.

Fuente: NC ISO 9001:2015

Se evidencia que uno de los principios básicos es el enfoque a procesos, dado que lo que se busca es conseguir la calidad de productos o servicios mediante la calidad de los procesos. Es decir, si se obtiene un producto de calidad mediante la puesta en práctica de un proceso definido, la repetición invariable de ese proceso debe dar lugar a productos de calidad (Ortiz, 2021).

Otro de los principios que la autora de la presente investigación considera fundamental es el de toma de decisiones basada en la evidencia. Esto se debe a que el análisis de datos y el pensamiento estadístico han sido ampliamente utilizados dentro del movimiento de la calidad para hacer grandes avances (Yvonne, 2013; Galvania y Carpinettib, 2013).

Luego de analizar el concepto de calidad y las generalidades sobre la gestión de la calidad, se hace necesario adentrarse en el estudio del control estadístico y la capacidad de los procesos.

1.4. Control estadístico de la calidad

El control estadístico de la calidad constituye un factor importante requerido por cualquier industria exitosa que opere en un entorno empresarial altamente competitivo con el fin de garantizar los estándares de calidad (Ariyo, Titilayo y Esemé, 2016). Con este criterio coinciden Okorie, Adubisi y Ben (2017) quienes plantean que el control estadístico de la calidad ha sido reconocido y aceptado como herramienta vital del control de calidad.

Se aplicó inicialmente en la industria de manufactura, pasando de las áreas de producción a formar parte de la gestión misma de la empresa (Chero, 2019). Ishikawa (2007) enfatiza en que el control de la calidad comenzó con el control estadístico de la calidad y ha evolucionado hasta el control de calidad total.

La estadística es un componente fundamental en el mejoramiento de la calidad, y sus técnicas pueden emplearse para describir, comprender y controlar la variabilidad que se presenta entre objetos, aún si se han producido presumiblemente bajo las mismas condiciones (Montgomery, 2009). Ramírez y Ramírez (2018) han indicado también que los métodos estadísticos son útiles en el seguimiento y mantenimiento de la calidad de productos y servicios.

Montgomery (2009) establece que el control estadístico de la calidad es una poderosa colección de herramientas útiles en la resolución de problemas para lograr la estabilidad del proceso y mejorar la capacidad mediante la disminución de la variabilidad. Su propósito principal es percibir y reducir las variaciones de causas especiales para la solidez del proceso.

Ariyo, Titilayo y Esemé (2016) lo definen como una rama del control de calidad que involucra la recopilación, análisis e interpretación de datos para su uso en actividades de control de calidad

mediante la utilización de herramientas estadísticas que ayuden a identificar la fuente de variación de los procesos y del producto acabado en sí.

Otros autores como Soriano, Oprime y Lizarelli (2017) conceptualizan el término como el conjunto de técnicas estadísticas que se centra en el control de los procesos, su seguimiento y el análisis de las causas de variación en las características de calidad y/o parámetros de estos, para mejorar la calidad, la competitividad y el desempeño empresarial. Estos autores establecen además que otros investigadores no lo ven solo como una colección de técnicas, sino también como un concepto capaz de definir los criterios para interpretar las variabilidades y sus causas.

Por su parte Alubel, Kropi, Hong y Pu (2018) puntualizan que el control estadístico de la calidad se utiliza para controlar, gestionar, analizar y mejorar el rendimiento de un proceso eliminando causas especiales de variación. Sus técnicas han sido ampliamente reconocidas como efectivas para el seguimiento y diagnóstico de los procesos al proporcionar el uso de los principios y técnicas estadísticas en cada etapa de la producción (Alubel, Kropi, Hong y Pu, 2018).

Autores como Gutiérrez y de la Vara (2013) plantean que el control estadístico de la calidad ha demostrado su utilidad tanto para empresas de manufactura como de servicio, esto es debido a que las exigencias de mejora a la que se ven expuestas las organizaciones dado la alta competitividad de los mercados globalizados, ha hecho más evidente la necesidad de ampliar la comprensión y utilización del pensamiento estadístico, y de aplicar conceptos y técnicas estadísticas para una diversidad de tareas y propósitos, por ejemplo:

- ✓ Identificar dónde, cómo, cuándo y con qué frecuencia se presentan los principales problemas.
- ✓ Analizar los datos procedentes de las guías clave del negocio, para así identificar las fuentes de variabilidad, analizar su estabilidad y pronosticar su desempeño.
- ✓ Detectar con rapidez, oportunidad y a bajo costo anomalías en los procesos y sistemas de medición (monitoreo eficaz).
- ✓ Ser objetivos en la planeación y toma de decisiones y expresar los hechos en forma de datos y evaluar objetivamente el impacto de acciones de mejora.
- ✓ Analizar lógica, sistémica y ordenadamente la búsqueda de mejoras.

El objetivo del control de calidad y la mejora continua es realizar actividades recurrentes para incrementar la habilidad para cumplir con requerimientos (necesidad o expectativa que es especificada por el cliente), o sea, implementar la mejora continua en las características de calidad. A continuación se especifican algunos conceptos relativos al control de calidad (Gutiérrez y de la Vara, 2013):

- ✓ Características de calidad (variables de salida, variables de respuesta o variables dependientes): Son las variables en las que se reflejan los resultados obtenidos por un proceso de transformación. A través de los valores que toman estas variables se evalúa la eficacia del proceso, por lo que generalmente son características de calidad del producto que se obtienen con el proceso. Estas se clasifican en variables continuas y de atributos según se muestra en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2: *Clasificación de las características de calidad.*

Fuente: *Elaborado a partir de Gutiérrez y De la Vara (2013).*

Tipo de variable	Descripción
Variables continuas	Son aquellas características que son medibles de un modo continuo. Son las que al medirse sus resultados se ubican en una escala continua que corresponde a un intervalo de los números reales.
Variables discretas o de atributos	Características resultado de procesos de conteo, que conllevan ya en si una valoración cualitativa sobre la calidad de piezas, productos o servicios. Son elementos que pueden cuantificarse con la simple observación.

- ✓ Especificaciones o valores para una variable: Son el rango de valores que una variable de salida de un proceso puede tomar a fin de que el desempeño del mismo sea satisfactorio. Existen tres tipos de variables de salida de acuerdo al tipo de especificaciones que deben cumplir, todo lo que se muestra en la Tabla 1.3.

Tabla 1.3: *Clasificación de las variables de salida según tipo de especificaciones.*

Fuente: *Elaborado a partir de Gutiérrez y De la Vara (2013).*

Tipo de variable	Descripción
Cuanto más pequeña mejor	Son características de calidad cuya única exigencia es que no excedan un cierto valor máximo tolerado o una especificación superior (ES), y cuanto más pequeño sea su valor, mejor.
Cuanto más grande mejor	Son características de calidad a las que se les exige que sean mayores que un valor mínimo o que cierta especificación inferior (EI), y cuanto más grande sea el valor de la variable mejor.
Valor nominal es el mejor	Son variables que deben tener un valor específico, y que por tanto no deben ser menores que una especificación inferior (EI), pero tampoco mayores que una superior (ES).

- ✓ Variables de entrada del proceso: Son las que definen las condiciones de operación de este, y por lo regular de su valor depende la eficacia del proceso. Pueden ser variables de control del proceso y/o características de algún insumo o material, entre otras. Se

espera que los cambios en estas variables, también llamadas variables independientes, se reflejen en las variables de salida.

- ✓ Límites reales o naturales de un proceso: Indican la amplitud real de la variación de la salida del proceso. En un estudio de capacidad, estos límites reales se comparan contra las especificaciones para la característica de calidad.
- ✓ Variabilidad: Se refiere a la diversidad de resultados de una variable o de un proceso.

En un proceso industrial interactúan materiales, máquinas, mano de obra, mediciones, medio ambiente y métodos. Estos seis elementos conocidos como las 6 M's determinan de manera global todo proceso y cada uno aporta algo, no necesariamente igual, de la variabilidad y de la calidad de la salida del proceso. El resultado de todo proceso se debe a la acción conjunta de las 6 M's, por lo que si hay un cambio significativo en el desempeño del proceso, sea accidental u ocasionado, la razón del tal cambio se encuentra en una o más de las 6 M's. En la Figura 1.3 se muestra un resumen de estos factores.

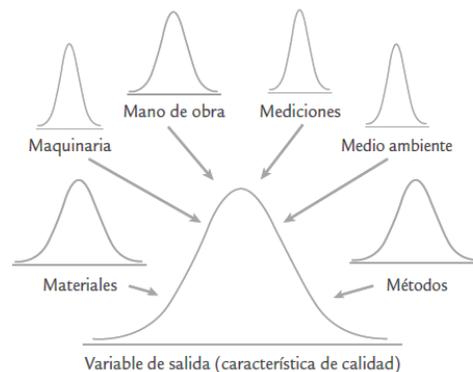


Figura 1.3: Variabilidad de un proceso. Fuente: Gutiérrez y De la Vara (2013)

Bajo condiciones normales o comunes de trabajo todas las M's aportan variación a las variables de salida del proceso, en forma natural o inherente (causas comunes), pero además pueden aportar variaciones especiales o fuera de lo común (causas especiales), ya que a través del tiempo las 6M's son susceptibles de cambios, desajustes, desgastes, errores, descuidos, fallas, entre otras (Gutiérrez y De la Vara, 2013).

De esta forma se identifican dos tipos de variabilidad. La variación por causas comunes (o por azar) es aquella que permanece día a día, lote a lote; y la aportan en forma natural las actuales condiciones de las 6M's. Esta variación es inherente a las actuales características del proceso y es una combinación de diferentes causas que son difíciles de identificar y eliminar, debido a que son inherentes al sistema y porque la contribución individual de cada causa es pequeña. La variación por causas especiales o atribuibles es causada por situaciones o circunstancias especiales que no son permanentes en el proceso (Gutiérrez y De la Vara, 2013).

Según Sislema (2012) el control estadístico es una herramienta que permite de una forma adecuada y consistente analizar procesos con el fin de estudiar su comportamiento y poder evaluarlo, de tal forma que si se hallan procesos fuera de control puede haber variables que ejercen ese comportamiento.

Durante la búsqueda bibliográfica se identifican disímiles estudios relacionados con el control estadístico de la calidad, principalmente en la industria manufacturera (Madanhire y Mbohwa, 2016). Entre los trabajos consultados se encuentran los estudios de Rábago, Padilla y Rangel (2014), Abdul, Antony y Arshed (2016), Okorie, Aduhisi y Ben (2017), Lestari y Rahmat (2018), Chero (2019) y Guerra (2020) aplicados en la industria química y/o alimentaria, los de Acuña, Silva, De Almeida, Da Silva y Dos Santos (2018) y Hurtado (2016) en el sector agroindustrial y el de Alubel, Kropi, Hong y Pu (2018) en la industria textil.

En la industria automotriz está la investigación de Godina, Matias y Azevedo (2016), mientras que en el sector de la construcción están los trabajos de Dike, Buba y Dike (2018), Skzypczak, Kokoszka, Pytlowany, Radwański (2020), Loganina (2020) y Rodríguez (2021). Por su parte en el sector de la salud se identifican los estudios de Pereira, Seghatchian, Caldeira, Xavier y De Sousa (2018) y Gaurav y Deo Raj (2018) y los trabajos de Wehrlé y Stamm (2008), Chopra, Bairagi, Trivedi y Nagar (2012), Essam y Mahson (2018), Cui (2020) y Ortíz (2021) en la industria farmacéutica.

Específicamente en el sector de producción de agua embotellada se pueden citar los trabajos de Smeti, Thanasoulis, Kousouris y Tzoumerkasc (2007), Usman y Kontagora (2010), Eleveli, Uzgören, Bingöl y Eleveli (2016), Da Conceição, Vilas Boas, Sampaio, Remor y Bonaparte (2018), Endey, Lapian y Tumewu (2018), Amel Hizni'am, Karnaningroem y Mardyanto (2019), Hotma Uli Tumanggor, Kurniawan y Lestari (2020), Cohen, Cui, Song, Xia, Huang, Yan, Guo, Sun, Colford Jr y Ray (2022) y Uliasz – Misiak, Lewandowska – Śmierzchalska y Matuła (2022).

Subbulakshmi, Kachimohideen, Sasikumar y Bangusha (2017) realizaron una revisión de más de 41 investigaciones publicadas entre 1980 y 2014 que muestran evidencia de la aplicación de herramientas del control estadístico de la calidad, principalmente del control estadístico de procesos. Estos autores establecen la necesidad de realizar más investigaciones en esta área, puesto que consideran que es una herramienta dominante para mejorar el rendimiento de los procesos al reducir la variabilidad del producto y mejorar la eficiencia de la producción.

Aunque la aplicación de técnicas estadísticas ha tomado importancia en el control de calidad y la mejora continua, si no existe una adecuada identificación y selección de la técnica más idónea en función de las diferentes características de un proceso, el beneficio en la aplicación

de estas se pierde (Andrade, 2013). En el siguiente epígrafe se abordan las herramientas para el control estadístico de procesos.

1.4.1. Herramientas para el control estadístico de procesos

Los procesos tienen variables de salida o de respuesta que deben cumplir con ciertas especificaciones para así considerar que el proceso está funcionando de manera satisfactoria. Evaluar la habilidad o capacidad de un proceso es analizar qué tan bien cumplen sus variables de salida con las especificaciones. Los índices de capacidad son mediciones especializadas para evaluar la capacidad por excelencia (Gutiérrez y De la Vara, 2013).

Es importante asegurarse de que el proceso esté en control estadístico antes de evaluar la capacidad. El rendimiento de un proceso bajo control es predecible; por lo tanto, se puede evaluar la capacidad del proceso para producir unidades que se encuentren dentro de las especificaciones y así poder predecir el número de artículos fuera de estas (Mosquera, Mosquera y Medina, 2010).

Un proceso que trabaja con causas comunes de variación se dice que está en control estadístico o su variación a través del tiempo es estable. Independientemente de que su variabilidad sea mucha o poca, el desempeño del proceso es predecible sobre el futuro inmediato, en el sentido de que su tendencia central y la amplitud de su variación se espera que se mantengan al menos en el corto plazo. Un proceso en el que están presentes causas especiales de variación se dice que está fuera de control estadístico o simplemente que es inestable. Este tipo de procesos son impredecibles sobre el futuro inmediato porque en cualquier momento pueden aparecer de nuevo esas situaciones que tienen un efecto especial sobre la tendencia central o sobre la variabilidad. No distinguir entre estos dos tipos de variabilidad lleva a cometer dos errores en la actuación sobre los procesos, siendo estos (Gutiérrez y De la Vara, 2013):

- ✓ Error 1: Reaccionar ante un cambio o variación (efecto o problema) como si proviniera de una causa especial, cuando en realidad surge de algo más profundo en el proceso, como son las causas comunes de variación.
- ✓ Error 2: Tratar un efecto o cambio como si proviniera de causas comunes de variación, cuando en realidad se debe a una causa especial.

Cada uno de estos dos errores causa pérdidas y se puede evitar uno u otro, pero no ambos. No es posible reducir a cero ambos errores (Gutiérrez y De la Vara, 2013).

Una carta de control es un gráfico que sirve para observar y analizar con datos estadísticos la variabilidad y el comportamiento de un proceso a través del tiempo, es decir para evaluar su estabilidad. Esto permitirá distinguir entre variación por causas comunes y especiales, lo que ayudará a caracterizar el funcionamiento del proceso y así decidir las mejores acciones de control y de mejora. Un gráfico de control es una herramienta empleada para controlar el comportamiento de una característica de calidad durante el proceso de fabricación. Cuando se habla de variabilidad se refiere principalmente a las variables de salida (características de calidad), pero las cartas también pueden aplicarse para analizar la variabilidad de alguna variable de entrada o de control del proceso mismo (Gutiérrez y De la Vara, 2013).

Para Kume (1993) como se cita en Hernández y Da Silva (2016) un gráfico de control consiste en una línea central y un par de límites de control. Uno se localiza debajo y el otro encima de la línea central, y los valores característicos marcados en el gráfico representan el estado del proceso (Ver Figura 1.4). Según Gutiérrez y De la Vara (2013) los límites de control marcan el campo de variación de la característica controlada observado hasta el presente considerado normal, que no debe ser superado, mientras el proceso se mantenga estable.

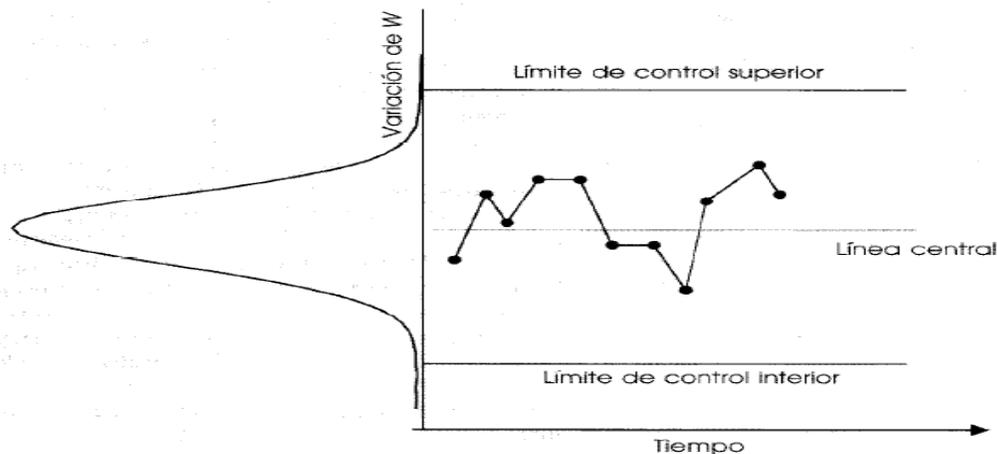


Figura 1.4: Elementos de un gráfico de control. Fuente: Gutiérrez y De la Vara (2013)

Si todos los puntos caen dentro de los límites de control y fluctúan o varían aleatoriamente (con una apariencia errática, sin un orden) a lo ancho de la carta, el proceso se considera bajo control, mientras que cuando los puntos inciden fuera de los límites de control o presentan una disposición atípica, el proceso es considerado fuera de control (Ver Figura 1.5).



Figura 1.5: Estado de un proceso en cuanto a estabilidad. Fuente: Ortíz (2021)

Los patrones que indican que el proceso está funcionando con causas especiales de variación son (Gutiérrez y De la Vara, 2013):

- ✓ Desplazamiento o cambios de nivel en el proceso: Cuando uno o más puntos se salen de los límites de control o cuando hay una tendencia larga y clara a que los puntos consecutivos caigan de un solo lado de la línea central.
- ✓ Tendencias en el nivel del proceso: Este patrón consiste en una tendencia a incrementarse o disminuirse los valores de los puntos en la carta.
- ✓ Ciclos recurrentes (periodicidad): Desplazamientos cíclicos de un proceso que se detectan cuando se dan flujos de puntos consecutivos que tienden a crecer y luego se presenta un flujo similar pero de manera descendente en ciclos.
- ✓ Mucha variabilidad: Se manifiesta mediante la alta proporción de puntos cerca de los límites de control, a ambos lados de la línea central, y pocos o ningún punto en la parte central de la carta.
- ✓ Falta de variabilidad: Es cuando prácticamente todos los puntos se concentran en la parte central de la carta, es decir, que los puntos reflejen poca variabilidad o estatificación.

Los gráficos de control de procesos se pueden clasificar en dos grupos: gráficos de control por variables y gráficos de control por atributos. El tipo de gráfico depende de la naturaleza de la característica de calidad a controlar. Si la característica de calidad es medible se suele utilizar el control por variables. Cuando no es medible y el producto se clasifica como conforme o no conforme dependiendo de si posee ciertos atributos o donde se cuenta el número de no conformidades que tienen los productos analizados se utilizan, habitualmente, los gráficos del control por atributos (Ver Tabla 1.4). López y López (2014) enfatizan en que en algunos casos resulta menos costoso realizar un control por atributos.

Tabla 1.4: Tipos de cartas de control. Fuente: Gutiérrez y De la Vara (2013)

Tipos de gráficos de control	
Gráficos de control para variables	✓ Carta \bar{X} : De promedios
	✓ Carta R: De rangos
	✓ Carta S: De desviaciones estándar
	✓ Carta X: De medidas individuales
Gráficos de control para atributos	✓ Carta p: Proporción o fracción de artículos defectuosos por subgrupo
	✓ Carta np: Número de unidades defectuosas por subgrupo
	✓ Carta c: Número de defectos por subgrupo
	✓ Carta u: Número promedio de defectos por unidad

Evaluar el estado de un proceso en cuanto a estabilidad y capacidad permitirá caracterizarlo y mejorarlo. En función de ello se identifican cuatro categorías: Proceso tipo D (inestable e incapaz), proceso tipo C (estable e incapaz), proceso tipo B (inestable y capaz) y proceso tipo A (estable y capaz). En el Anexo 1 se muestran los posibles estados de un proceso y las estrategias de mejora a seguir.

De manera general puede decirse que, para mejorar los procesos se requieren tres actividades básicas (Gutiérrez y De la Vara, 2013):

- ✓ Estabilizar los procesos (lograr control estadístico), mediante la identificación y eliminación de causas especiales.
- ✓ Mejorar el proceso mismo, reduciendo la variación debida a causas comunes.
- ✓ Monitorear el proceso para asegurar que las mejoras se mantienen y para detectar oportunidades adicionales de mejora.

La primera de ellas implica que los puntos del gráfico de control fluctúen en forma aleatoria entre los límites de control, sin seguir ningún patrón que se pueda reconocer. Alcanzar un estado de control estadístico es el primer paso para las siguientes aplicaciones. Para ello es necesario identificar las causas (causas especiales) de ese cambio inesperado. Una vez identificadas las causas se efectúan los ajustes necesarios para lograr regresar al estado de control. Generalmente, las causas especiales son por períodos cortos y se corrigen cambiando los parámetros del proceso (Evans, 2008 según Dionisio, 2014).

La segunda actividad hace referencia a implementar una mejora de la calidad. Una manera es realizar ciertas correcciones para que se reduzca la variabilidad debida a causas comunes. Sólo es posible si el proceso tiene capacidad para reducir la varianza y además se conocen los límites de especificación de la característica de calidad. Los límites de especificación son

definidos por razones técnicas y no tienen relación con conceptos estadísticos (Evans, 2008 según Dionisio, 2014).

Además de los gráficos de control y los índices de capacidad se identifican en la literatura consultada otras herramientas tradicionales básicas que pueden emplearse en el control estadístico de procesos, entre las que pueden citarse: histograma, diagrama de Pareto, hoja de verificación, diagrama de flujo del proceso, pruebas de hipótesis y diagrama causa-efecto. En el siguiente apartado se abordan las metodologías para el mejoramiento de procesos. Muchas de ellas han sido de amplia utilización tanto en el ámbito internacional como en el nacional.

1.5. Metodologías de mejoramiento de procesos

Una de las metas estratégicas para la perfeccionamiento de la calidad de toda empresa es aplicar metodologías de mejoramiento a sus sistemas productivos e instalaciones, con la participación y el compromiso de todos los integrantes de la organización (Alvarado y Pumisacho, 2017). “Mejorar” según Juran consiste en alcanzar un nuevo nivel de prestaciones (performance) que es superior a cualquier nivel previamente alcanzado (Gadea, 2005).

Brown (2013) quien explica la dirección futura de la calidad, enfatiza en un grupo de metodologías de mejoramiento de procesos y de la calidad, realizando una valoración de cada una de ellas a partir de fortalezas y debilidades. En este sentido el propio autor destaca que dentro de las metodologías de mejoramiento de procesos sobresalen la Reingeniería de Procesos de Negocio y Seis Sigma, criterio con el que coincide Gómez (2017) y la autora de la presente investigación.

Serrano y Ortiz (2012) en el estudio que realizan, plantean que uno de los temas importantes a la hora de seleccionar y analizar los modelos para el mejoramiento de procesos está dado en el grado de cambio o tipo de mejora que se busca lograr en el rendimiento de los procesos y de la organización con la aplicación de cada uno de ellos. En función de lo anterior estos autores los agrupan en tres categorías o enfoques, según el nivel de mejora, el riesgo y los recursos utilizados e impactos generados por cada uno de ellos. Estos enfoques son: a) el incremental, es decir aquel que aporta pequeños cambios como pueden ser la solución de problemas específicos de calidad del producto o servicio; b) el rediseño de procesos, que busca lograr los resultados de las organizaciones satisfaciendo a sus clientes y logrando reducción de costos y de tiempos de ciclo en los procesos; c) y el enfoque de la reingeniería con mejoras más radicales como en la estructura organizacional, o en la forma de gestión con nuevas orientaciones estratégicas.

Por su parte Parrado (2019) realiza un análisis de varias de las metodologías existentes para el mejoramiento continuo según el criterio de autores como Andersson, Eriksson y Torstensson (2006), Farooq, Akhtar, Ullah y Memon (2007), Suárez y Miguel (2009), Atehortua y Restrepo (2010), Huerga, Abad y Blanco (2012), Herrera, D'Armas y Arzola (2012), Mahesh y Lewlyn (2014), Marín, Bautista y García (2014), Selvi y Majumdar (2014), Rivero (2017), Kil (2015), Ferger (2017) y Pava, Ramírez y Marín (2019). Entre ellas analiza el Método Kaizen, el Justo a Tiempo (Just in Time), Seis Sigma, Método de Philip Crosby, Modelo al Premio Europeo de la Calidad (EFQM) y el Ciclo Deming.

De todas las metodologías analizadas, la autora concluye a través una comparación entre las mismas en función de objetivos, aplicación dentro de la entidad, herramientas, beneficios, desventajas y enfoques, que la metodología Seis Sigma ofrece importantes ventajas como son: el uso de técnicas avanzadas y herramientas estadísticas (análisis de capacidad, gráficos de control, diseño de experimentos, entre otras), reducción de errores, promoción del trabajo en equipo, resolución de problemas con un nivel más acertado de las expectativas de los clientes, mejora de la calidad y capacidad del proceso, entre otras, lo que permite la obtención de resultados fiables y concretos sobre los problemas que atentan contra la organización. Además alega que la metodología Seis Sigma posee un marcado enfoque al cliente.

Por su parte Alvarado y Pumisacho (2017) enfatizan en que una de las metas estratégicas de toda empresa debe ser aplicar técnicas de mejoramiento continuo a sus sistemas productivos e instalaciones, con la participación y el compromiso de todos los integrantes de la organización. Según estos autores, la mejora continua se asocia con una diversidad de desarrollos organizacionales incluyendo la adopción de enfoques modernos. Implica la transición por diferentes etapas, dígame: razón para la mejora, situación actual, análisis, identificación de soluciones posibles, evaluación de los efectos, implementación y normalización de la nueva solución y evaluación de la eficacia y eficiencia del proceso al complementarse la acción de mejora.

En los siguientes epígrafes se abordan las dos metodologías de mejoramiento de procesos que sobresalen en la literatura consultada según el criterio de Brown (2013), Gómez (2017) y Parrado (2019), las cuales son Reingeniería de Procesos de Negocio y Seis Sigma.

1.5.1. Reingeniería de procesos de negocio

La Reingeniería de Procesos de Negocio (Business Process Reengineering, BPR) surge a partir de los trabajos pioneros de Hammer (1990) y Davenport y Short (1990). La definición más extendida de BPR en la literatura especializada es la proporcionada por Hammer y Champy

(1993), para quienes esta práctica empresarial consiste en “la revisión fundamental y el rediseño radical de procesos para alcanzar mejoras espectaculares en medidas críticas y contemporáneas de rendimiento, tales como costes, calidad, servicio y rapidez”.

Posteriormente, Lefcovich (2006) citado por Ospina (2006) en su obra la Reingeniería de Procesos de Negocios, retoma el desarrollo histórico de la reingeniería y la define como "el proceso destinado a remover los paradigmas existentes, generando de manera creativa nuevas y radicales formas de realizar las actividades con la participación plena de todos los estratos de la organización, logrando con ello una ventaja competitiva en los mercados".

El BPR consiste en un cambio esencial en el modo de trabajar de una organización para lograr mejoras radicales en cuanto a la calidad, costes, rapidez en la entrega, cuota de mercado y rendimiento de la inversión. La reingeniería asume que el proceso actual no es pertinente, no funciona, por lo cual debe empezarse a diseñar un nuevo proceso en lugar de perfeccionar lo existente. Es un enfoque para planear y controlar el cambio (Brown, 2013).

El BPR tiene como objetivo mejorar de forma drástica el rendimiento de la organización, entendido este en sentido amplio como el resultado que obtiene la empresa de la utilización de sus recursos. El BPR persigue esta mejora drástica del rendimiento a través del rediseño de los procesos basado en las tecnologías de la información (Escobar y González, 2007).

La reingeniería constituye una recreación y reconfiguración de las actividades y procesos de la empresa, lo cual implica volver a crear y configurar de manera radical él o los sistemas de la compañía a efecto de lograr incrementos significativos en un corto período de tiempo, en materia de rentabilidad, productividad, tiempo de respuesta y calidad, lo cual implica la obtención de ventajas competitivas (Ospina, 2006).

Por su parte Escobar y González (2007) plantean que en función del tipo de proceso a rediseñar y del grado de mejora perseguido por el BPR es posible distinguir entre: BPR al menor grado de cambio, dirigido a aumentar la eficiencia de los procesos; BPR para la consecución de un mejor estatus en uno o más procesos clave de negocio y BPR como innovación radical que provocará una redefinición de las reglas del mercado en el que opera la compañía, proporcionándole una ventaja competitiva. Este último tipo de BPR es el único reconocido por los ortodoxos de la reingeniería (Escobar y González, 2007).

Roberts (1994) citado por Gómez (2017) presenta un procedimiento concentrado en un conjunto de nueve pasos que exponen la forma en que las compañías deben ejecutar la reingeniería del proceso como una pauta para lograr el éxito. Estos son: identificación de la oportunidad, análisis de la capacidad actual del proceso, diseño del proceso, riesgo y valoración del impacto, plan de transición, prueba piloto, modificaciones de la infraestructura, aplicación, transición y evaluación

del desempeño del proceso. Después de la realización de todos los pasos, el autor mencionado enfatiza en la necesidad de la mejora continua.

Entre los factores que son considerados críticos para la implantación del BPR según Escobar y González (2007) y Pérez, Gisbert y Pérez (2017) se encuentran: compromiso de la alta dirección, liderazgo, comunicación, participación de los empleados y estructura de equipo.

Escobar y González (2007) también precisan que la implantación del BPR puede ser descrita como un proceso que comprende una sucesión de etapas que abarcan desde convencer al personal de la organización de la necesidad de emprender el BPR hasta la nueva situación caracterizada por el funcionamiento de los procesos ya rediseñados. Estos autores establecen cuatro etapas para implantar el BPR, lo que se muestra de manera resumida en la Figura 1.6. No obstante Andreu, Ricart y Valor (1996) y Smeds (2001) reconocen que los proyectos BPR implican numerosos cambios cuyos efectos no se pueden conocer con certeza por su complejidad.

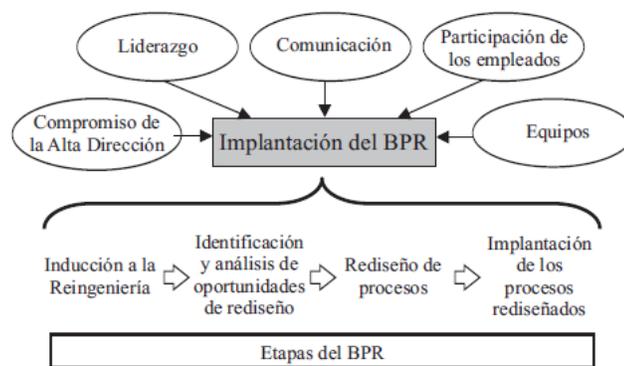


Figura 1.6: Factores críticos para la implantación del BPR.

Fuente: Escobar y González (2007).

El BPR se ha difundido ampliamente entre las organizaciones como una práctica organizativa orientada a alcanzar importantes mejoras del rendimiento mediante la transformación radical de los procesos empresariales (González, 2012). Algunas de las aplicaciones más recientes se encuentran en los trabajos de Escobar y González (2007), González (2012), Chavarría, Collado y Rodríguez (2013), Franco (2015) y Moreno y Parra (2017). A pesar de la amplia difusión, el porcentaje de fracaso según Escobar y González (2007) oscila entre el 50 y el 70% de los proyectos de reingeniería considerados, debido principalmente a la inadecuada implantación.

Aubyn (2008) y Diallo (2009) citado por Rondón (2013) resumen un grupo de críticas, algunas de ellas son:

- ✓ Asume que el factor que limita el desempeño de la organización es la ineficacia de sus procesos.

- ✓ Las recomendaciones de forma general se basan en la reestructuración radical, reduciendo el número de departamentos y de empleados, sobre todo los que están relacionados con el trato de clientes.
- ✓ Se utiliza como medio para reducir la mano de obra.
- ✓ Requiere una alta inversión, sobre todo en tecnología y capacitación.
- ✓ Implica un alto riesgo, pues los cambios son radicales.
- ✓ Mayor resistencia al cambio.

1.5.2. Seis Sigma como metodología de mejora de procesos

Seis Sigma es una estrategia de mejora continua del negocio que busca encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos del negocio, enfocándose hacia aquellos aspectos que son críticos para el cliente. Se apoya en una metodología altamente sistemática y cuantitativa, orientada a la mejora de la calidad del producto o del proceso (Gutiérrez y De la Vara, 2013).

Su desarrollo se centra en el contexto industrial, donde ha demostrado su utilidad durante décadas (Shirazi, Ali y Pintelon, 2012). Se introdujo por primera vez en el año 1987 en la Empresa Motorola con el propósito de reducir los defectos de productos electrónicos (Gutiérrez y De la Vara, 2013). Desde entonces Seis Sigma ha sido extendida y adoptada por otras empresas de clase mundial, tales como: General Electric, Sony, Dupont, NASA, Toshiba, Ford, entre otras (Drohomeretski, Gouvea, Pinheiro y Da Rosa, 2014).

El objetivo de Seis Sigma es reducir la variabilidad del proceso a través de la aplicación de métodos estadísticos y herramientas de gestión de la calidad, donde las variables pueden ser controladas y se utilizan como un medio de gestión de la calidad destinadas al cero error (McCarty, Bremer, Daniels y Gupta, 2004; Gygi, Williams y Gustafson, 2006; Mergulhão y Martins, 2008; Schroeder, Linderman, Liedtke, y Choo, 2009; ISO 13053: 2011; Gremyr y Fouquet, 2012; Galvania y Carpinettib, 2013; Duarte y Cruz, 2013; Arthur, 2014; Ingelsson y Martensson, 2014). Además obliga a las personas a medir los procesos (Eckes, 2003; Gygi, DeCarlo y Williams, 2005; ISO 13053: 2011; Galvania y Carpinettib, 2013 y Panat et al., 2014).

Pande, Neuman y Cavanagh (2001) plantean que en términos estadísticos, el propósito de Seis Sigma es reducir la variación para conseguir desviaciones estándar muy pequeñas, de manera que prácticamente la totalidad de sus productos o servicios cumplan, o excedan, las expectativas de los clientes.

También se considera como una metodología para fortalecer el talento humano de la organización y mejorar su impacto en la productividad (Gómez y Barrera, 2012). Permite a las organizaciones aumentar sus ganancias a través de la eficiencia de los procesos mediante la mejora la calidad y la eliminación de fallos y errores (Reyes, 2002; Vidal, 2016; Pacora, 2018). Estudios realizados en empresas manufactureras instaladas en Brasil, Tailandia y los Estados Unidos demuestran lo planteado anteriormente (Reyes, 2002; Calia y Guerrini, 2005; Pinto y Carvalho, 2006; Fernández y Turrioni, 2007; Andrietta y Miguel, 2007; Lertwattanapongchai y Swierczek, 2014). Además el programa Seis Sigma está atrayendo la atención de ganancias financieras obtenidas por algunas empresas con el desarrollo de proyectos de este tipo (Mergulhão y Martins, 2008; Mergulhão y Cruz, 2013; Arthur, 2014), coincidiendo con estos criterios autores tales como Gremyr y Fouquet (2012) y Galvania y Carpinettib (2013).

Algunas aplicaciones de Seis Sigma a nivel internacional se encuentran en los trabajos de Ocampo y Pavón (2012), Ocampo (2012), Pérez y García (2014), Díaz, Díaz, Barroso y Pico (2015), Saglimbeni (2015), Garza, González, Rodríguez y Hernández (2016), Sriram y Revathi (2016), Rubio (2016), Cardiel, Baeza y Lizarraga (2017), Sathe y Allampallewar (2017), Abdul, Antony, Arshed y Albliwi (2017), Sangabriel, Temblador y De la Rosa (2017), Pérez y León (2018), Message, Godhino, Fredendall y Gómez (2018), Santillan (2019), Idrissi y Benazzouz (2019), Gómez (2019) y Kapre y Sekar (2020).

En el ámbito nacional se consultan los estudios de Sánchez (2009), Puerto, Suárez, Dubé, Hevia y Lima (2014), Barrera, Cambra y González (2017), Rodríguez (2021), Ortiz (2021) y González, Barrera, Guerra y Medina (2022).

Seis Sigma tiene tres áreas prioritarias de acción: satisfacción del cliente, reducción del tiempo de ciclo y disminución de los defectos (Gutiérrez y De la Vara, 2013). Presenta una sistematicidad para la mejora continua de la calidad y para el logro de la excelencia operativa (Kumar, Antony y Tiwari, 2011; Gutiérrez y De la Vara, 2013).

La meta, que le da el nombre, es lograr procesos con una calidad 6σ , es decir, procesos que como máximo generen 3.4 defectos por millón de oportunidades (García, 2014). El proceso "Seis Sigma" es un método sistemático que utiliza datos, rigurosamente medidos y analizados, para identificar las fuentes de error (causas raíces de un problema) y las formas de eliminarlas, generando mayor satisfacción del cliente y ahorros económicos sustanciales. Tiene seis niveles, donde 1 Sigma es cometer muchos errores y 6 Sigma muy pocos. Si se quiere saber en qué nivel Sigma se encuentra una organización la Tabla 1.5 puede ayudar (García, 2014).

Tabla 1.5: Defectos por millón de unidades producidas de acuerdo con el nivel de calidad sigma. Fuente: Garcés (2016)

Nivel	% Rendimiento	Defectos por millón de oportunidades (DPMO)
1 Sigma	30,9	690 000
2 Sigma	69,2	308 538
3 Sigma	93,26	66 807
4 Sigma	99,37	6 210
5 Sigma	99,98	233
6 Sigma	99,99	3,4

Esta filosofía se basa en el ciclo iterativo definir, medir, analizar, mejorar y controlar (DMAIC, acrónimo por sus siglas en inglés *define – measure – analyze - improve - control*) (Ver Figura 1.7) empleada para optimizar los procesos existentes (ISO 13053: 2011). El objetivo de DMAIC es elevar la calidad (John et al., 2008).

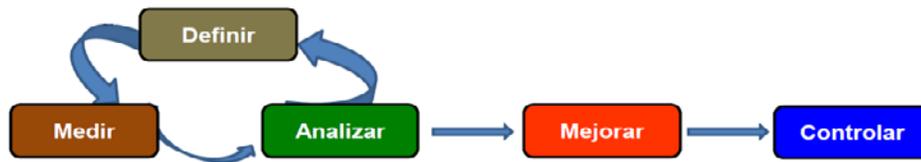


Figura 1.7: Secuencia Seis Sigma DMAIC. Fuente: ISO 13053: 2011.

A continuación se explican cada una de las etapas de Seis Sigma a partir de lo expuesto por García (2014) coincidiendo con este criterio Gutiérrez y de la Vara (2013) y Navarro, Gisbert y Pérez (2017).

- ✓ **Definir:** Consiste en realizar un diagnóstico de la situación actual de la empresa identificando cuáles son los elementos seleccionados para aplicar la metodología. Ello puede partir de sus objetivos estratégicos, desempeño de los procesos y los aspectos deficientes de servicio al cliente que dan respuesta a los requisitos del producto y/o servicio.
- ✓ **Medir:** Se deben determinar cuáles son las características críticas que influyen sobre las variables resultantes del proceso y medirlas. Se debe preparar un plan de recolección de datos, para lo que es importante asegurarse de la confiabilidad de los dispositivos de medición que pueden ser instrumentos de medición o cuestionarios de evaluación para el servicio.

- ✓ Analizar: Consiste en analizar los datos obtenidos de la etapa de medición identificando las fuentes de variabilidad. En la misma se deducen las relaciones existentes entre las variables de entrada y de salida del proceso. Esta etapa es la de mayor contenido técnico ya que se comprueban las teorías o hipótesis sobre el funcionamiento del proceso, para lo cual es necesario acudir a herramientas estadísticas avanzadas. Como salidas de esta etapa se tiene el análisis de la influencia de estas variables, capacidad de procesos, identificación de las fuentes de variabilidad y preparación de la etapa de mejora a partir de las causas raíces.
- ✓ Mejorar: Comienza una vez que se han identificado las citadas causas vitales. Se desarrolla un plan de implantación de mejoras que aporte soluciones sólidas para eliminar los defectos en los que incurre el proceso y se realiza un análisis costo - beneficio de las soluciones, de forma que puedan ser una ayuda a la toma de decisiones de la dirección de la empresa. Generalmente, antes de ser implantadas las mejoras, es recomendable hacer una prueba piloto de las mismas para determinar su alcance.
- ✓ Controlar: Se comprueban la validez de las soluciones propuestas y probadas en escala piloto. Se deben establecer controles, no sólo sobre las salidas del proceso sino también sobre las causas vitales que inciden en su consecución. En ocasiones los procesos, pasado un tiempo, pierden regularidad en su comportamiento, por lo que para evitarlo, la metodología Seis Sigma impone controles que monitorizan de forma permanente los procesos con el fin de mantener las ganancias conseguidas.

Entre los principios o características fundamentales en que se basa Seis Sigma se tienen enfoque al cliente, enfoque a procesos, gestión orientada a datos y hechos y el apoyo en una metodología robusta para la realización de proyectos (Gutiérrez y De la Vara, 2013; Bohigues, 2015 y Navarro, Gisbert y Pérez, 2017). Gutiérrez y De la Vara (2013) agregan a lo anterior, el liderazgo comprometido de arriba hacia abajo, la capacitación, la comunicación, el reconocimiento del trabajo a los líderes y equipos que logran proyectos exitosos y logro de ahorros y/o aumento en ventas. Bohigues (2015) añade la gestión proactiva, la colaboración sin fronteras y la búsqueda de la perfección pero a la vez, tolerancia a los errores. Navarro, Gisbert y Pérez (2017) definen también como principio la lucha contra la variación.

Lo anterior está en concordancia con varios de los principios establecidos en la NC ISO 9000: 2015, con marcado énfasis en el enfoque al cliente, la toma de decisiones basada en la evidencia, el enfoque a procesos, el liderazgo y compromiso de las personas y la mejora.

Pyzdek y Keller (2003) enfatizan en que Seis Sigma es una metodología que articula el uso de diferentes técnicas propias de la gestión de la calidad, el control estadístico y el diseño de experimentos que, combinadas con la medición del desempeño de procesos, permite centrarse en mejoras focalizadas o de toda la organización.

Por su parte Pérez y García (2014) plantean que en los proyectos Seis Sigma se utilizan dos tipos de herramientas. Unas, de tipo general que se emplean para la recogida y tratamiento de datos como: las siete herramientas de calidad, carta de proyecto, plan de recolección de datos, matriz de asignación de responsabilidades, diagrama SIPOC (Suppliers/proveedores, inputs/entradas, process/proceso, outputs/salidas, customers/clientes) y mapa de la cadena de valor. Las otras, son herramientas estadísticas, entre las que cabe citar los estudios de capacidad del proceso, análisis de varianza, contraste de hipótesis, diseño de experimentos, simulación de procesos y también algunas utilizadas en el diseño de productos o servicios, como el despliegue de la función calidad (QFD Quality function deployment) y el análisis de modo y efecto de las fallas (AMFE). En el Anexo 2 se muestra un resumen de las principales herramientas que se pueden utilizar para cada una de las etapas de la metodología Seis Sigma.

Bohigues (2015) también enfatiza en que Seis Sigma funciona especialmente gracias a una comprensión total de las necesidades del cliente, del uso disciplinado del análisis de los hechos y datos, y de la atención constante a la gestión, mejora y reinversión de los procesos empresariales.

Cambra (2017) coincide con lo anterior y alega que es un sistema completo y flexible para conseguir, mantener y maximizar el éxito en los negocios, aportando beneficios que incluyen: reducción de costos, mejora de la productividad, aumento de la cuota del mercado, fidelización de los clientes, reducción de tiempo de ciclo, reducción de defectos, cambio de cultura, desarrollo de productos y servicios, entre otras.

Uriarte (2018) plantea que Seis Sigma tiene como objetivos permitir la eliminación de las actividades que no generan valor, maximizar la calidad y aumentar la rentabilidad. A partir de los objetivos descritos, se puede indicar que Seis Sigma debe permitir ahorros en los costos, así como oportunidades para retener a los clientes, captar nuevos mercados y desarrollar un enfoque de empresa de clase mundial.

Autores como Huang, Chen, Sheu y Hsut (2010) y Goodman (2012) consideran que Seis Sigma es aplicable a cualquier área de trabajo y que si se utiliza de manera continua puede convertirse en una filosofía para cualquier organización. La metodología Seis Sigma ha sido empleada por grandes empresas para mejorar el rendimiento de sus procesos de fabricación, sin embargo, el interés y la aplicación de esta en empresas pequeñas y medianas es algo

emergente en la actualidad (Gonçalves et al., 2015) y constituye todavía un reto (Felizzola y Luna, 2014; McAdam et al., 2014 y Trujillo, 2018).

Estudios realizados por Galvania y Carpinettib (2013) definen once factores críticos para la implementación efectiva de un programa Seis Sigma. Entre ellos destacan el cambio cultural, la capacitación y la capacidad para la gestión de proyectos. Marín (2015), Gómez (2017) y la autora de la presente investigación coinciden con estos criterios.

Además la metodología Seis Sigma utiliza un sistema de indicadores para diagnosticar el estado de un proceso, así como para medir los resultados de un proyecto de mejora. Algunos de uso frecuente son el “Índice de defectos por unidad (DPU)”, el “Índice de defectos por oportunidad (DPO)”, el “Índice de defectos por millón de oportunidades (DPMO)” y el “Índice o Nivel Sigma”. Como todo indicador, permiten establecer comparaciones entre distintos procesos dentro de una misma empresa o entre procesos similares de distintas empresas. El cálculo de cualquiera de estos índices requiere de un período de inspección del proceso, ya sea por muestreo o por inspección completa. También pueden obtenerse a partir de registros históricos existentes en la empresa (García, 2014).

Según García (2014), los valores de los indicadores tratados dependen de la variabilidad de los procesos que se analizan. Mientras mayor dispersión tengan las variables que se estudian, mayor es la proporción de unidades que estarán fuera de las especificaciones. Por lo tanto, el nivel de desempeño o rendimiento de cada proceso se evalúa en términos de su variabilidad, medida en unidades de desviación estándar. En el caso del último índice, este permite ubicar al proceso bajo análisis en función del objetivo establecido por la estrategia Seis Sigma.

Por su parte Aubyn (2008) plantea que Seis Sigma también tiene sus limitaciones. Entre estas pueden citarse que los procesos se mejoran de forma independiente, la infraestructura requiere una inversión significativa, se trabaja solo sobre la calidad y la meta Seis Sigma (3.4 defectos por millón de oportunidades) no siempre necesita ser cumplida de manera rigurosa. Otros autores como Reosekar y Pohekar (2014) establecen también la necesidad de la integración de Seis Sigma con otras filosofías.

La autora de la presente investigación coincide con los criterios de Martínez (2014), Marín (2015), Rodríguez (2021), Ortiz (2021) y González, Barrera, Guerra y Medina (2022) que seleccionan Seis Sigma como la metodología a utilizar en sus trabajos de campo, puesto que se basa en herramientas estadísticas y de gestión de la calidad que permiten identificar y eliminar las causas de variación, controlar el desempeño de los resultados y mejorar la capacidad de los procesos. Además es una metodología fácil de aplicar que está en concordancia con varios de los principios de la NC ISO 9000: 2015. En el siguiente apartado se abordan los elementos

generales sobre la producción de agua mineral natural, objeto de estudio de la presente investigación.

1.6. Generalidades sobre la producción de agua mineral natural. Beneficios para la salud.

El agua es un recurso primordial para la vida en la tierra. Su calidad para consumo humano representa un factor de mayor relevancia, ya que el agua de calidad promueve la salud (Ribeiro, 2021).

El agua mineral natural es un agua de origen subterráneo, protegida contra riesgos de contaminación, microbiológicamente sana y con una composición constante en minerales que le confiere propiedades favorables para la salud (Uliasz – Misiak, Lewandowska - Smierzchalska y Matuła, 2022). Su nombre comercial lo recibe del nombre del manantial del que procede, pues sus características vienen determinadas por la identidad de la zona donde se ubica (IIAS, 2022).

La definición de agua mineral natural difiere de un país a otro. En la Unión Europea, de acuerdo con la Directiva 54: 2009 se define como aquella agua que es microbiológicamente segura procedente de un depósito subterráneo o acuífero y extraído de estas fuentes por una o más tomas naturales o pozos perforados. El agua mineral natural se caracteriza por el contenido de minerales, oligoelementos u otros componentes.

Por su parte de acuerdo con las regulaciones estadounidenses, las aguas minerales naturales son *“aguas que contienen no menos de 250 partes por millón (ppm) de sólidos totales disueltos, proveniente de una fuente en uno o más pozos o manantiales, que se origina en una fuente de agua subterránea protegida geológica y físicamente”* (Code of Federal Regulations, 2012).

Reyes, Valmaseda y Rodríguez (2017) la definen como aquella agua que se extrae del subsuelo ya mineralizado naturalmente desde su origen, debido a los materiales por los cuales atraviesa y, cuanto más profunda se encuentre la fuente, más pura será. Esto se debe a que está más alejada de la contaminación microbiológica y química de la superficie terrestre.

La Organización Mundial de la Salud conceptualiza el término como toda agua no contaminada bacteriológicamente que procedente de una fuente subterránea natural o perforada, contiene una determinada mineralización y puede inducir efectos favorables para la salud, debiendo estar así reconocido por la autoridad pertinente del país origen (Reyes, Valmaseda y Rodríguez, 2017).

Específicamente la Norma Cubana NC 297: 2005 “Aguas minerales naturales envasadas – Especificaciones” define como agua mineral natural como aquella agua que:

- a) Se caracteriza por su contenido de determinadas sales minerales y sus proporciones relativas, así como por la presencia de oligoelementos o de otros constituyentes.
- b) Se capta directamente de manantiales naturales o fuentes perforadas de agua subterránea procedente de estratos acuíferos, en los cuales, dentro de los perímetros protegidos, deberían adoptarse todas las precauciones necesarias para evitar que las calidades químicas o físicas del agua mineral natural sufran algún tipo de contaminación o influencia externa.
- c) Su composición y la calidad de su flujo (caudal) son constantes, teniendo en cuenta los ciclos de las fluctuaciones naturales menores.
- d) Se capta en condiciones que garantizan la pureza microbiológica original y la composición química en sus constituyentes esenciales.
- e) Se envasa cerca de su punto de captación, adoptando las precauciones higiénicas sanitarias correspondientes.
- f) No se somete a otros tratamientos que los permitidos por la propia norma.

Es preciso aclarar que esta norma se aplica a todas las aguas minerales naturales envasadas que se ofrecen a la venta como alimento. En el Anexo 3 se muestra una clasificación de las mismas.

Durante el proceso de envasado del agua mineral natural se deben seguir rígidos protocolos con el fin de asegurar que su pureza original se mantenga inalterable, ayudando a conservar todas sus propiedades y características naturales (IIAS, 2022).

Es importante señalar que las aguas envasadas, al tener una composición química constante y característica, están obligadas por ley a indicar su origen y composición en su etiquetado, lo que facilita al consumidor la elección del agua que mejor satisface sus necesidades de acuerdo a los minerales que incorpora (IIAS, 2022).

El agua mineral natural constituye un producto único y de alta calidad. Entre sus principales características figuran (Codex Stan 108: 1981; Minoprio y Germán, 2011; ANEABE, 2020):

- ✓ Pureza original: Son aguas puras y sanas desde su origen, ya que proceden de acuíferos subterráneos que se encuentran protegidos de toda contaminación. Se envasan cerca del punto de emergencia de la fuente, adoptando precauciones higiénicas especiales.
- ✓ Singularidad: Cada agua mineral tiene una composición única en minerales que le otorga una personalidad propia e inimitable. Se caracteriza por su contenido de determinadas sales minerales y sus proporciones relativas, así como por la presencia de oligoelementos o de otros constituyentes.

- ✓ Saludable y cero calorías: El agua mineral natural aporta minerales y oligoelementos esenciales para la salud. Está recomendada por numerosos expertos en nutrición y salud como acompañamiento ideal en comidas principales, ya que favorece la absorción y disolución de nutrientes y activa las enzimas esenciales para suministrar energía al organismo. Además no contiene calorías, convirtiéndose en una bebida ideal para llevar una dieta equilibrada y unos hábitos saludables.
- ✓ Ausencia de tratamientos químicos: No requiere ningún tratamiento químico ni microbiológico para su consumo al ser sana desde su origen.
- ✓ Seguridad y calidad: Las aguas minerales son uno de los productos más regulados en materia de seguridad y calidad alimentaria. En su proceso de envasado se deben seguir estrictos protocolos de control, con el fin de proteger su pureza microbiológica original y la composición química en sus constituyentes esenciales.

Maraver, Vitoria, Morer y Armijo (2014) enfatizan en que el agua mineral natural puede contener diversos elementos que son beneficiosos para la salud según se muestra en el Anexo 4. En función de lo anterior Reyes, Valmaseda y Rodríguez (2017) plantean que existen muchos tipos de agua mineral, según la presencia y la cantidad de ciertos elementos en su composición, como el sodio, el calcio, cloruro, magnesio. Entre ellas pueden citarse: las aguas hiposódicas diuréticas, aguas de débil mineralización, aguas de mineralización fuerte, aguas bicarbonatadas, aguas sulfatadas, aguas cloruradas, aguas ferruginosas, aguas sódicas, aguas cálcicas, aguas magnésicas y aguas fluoradas.

Por ejemplo las aguas ferruginosas tienen indicación terapéutica para problemas de anemia, alergias y tratamiento de la parasitosis; las aguas sulfurosas han ayudado a personas con problemas reumáticos, mientras que las aguas minerales magnesianas tienen una función laxante por lo que contribuyen a la regulación del intestino y al funcionamiento del estómago (Ribeiro, 2021).

Por su parte las aguas yodadas tienen funciones terapéuticas en situaciones orgánicas inflamatorias, insuficiencia de la glándula tiroidea y problemas de reumatismo, hígado y riñones y las aguas ricas en calcio tienen grandes propiedades terapéuticas para el fortalecimiento óseo, la enfermedad de osteoporosis y la mejora de las condiciones musculares (Ribeiro, 2021). De lo anterior se deduce el incuestionable beneficio para la salud que tiene el consumo de aguas minerales, considerando su efectividad para contribuir a la nutrición y la salud del organismo.

1.6.1. Tendencias en el consumo de aguas minerales

Durante varias décadas la comercialización de agua mineral (embotellada) ha sido un referente, cuyo mercado ha ido creciendo expresamente en las últimas tres décadas. Así, el uso de aguas industrializadas tiene un significado importante en el contexto de la sociedad, considerando que los avances en la comunicación han proporcionado una mayor interacción de las personas, quienes cada día han mostrado mayor interés en la adquisición de alimentos más saludables entre ellos el agua mineral industrializada. Lo anterior se fundamenta en su disponibilidad, asequibilidad, seguridad alimentaria y beneficios para la salud que presenta el producto, considerando los avances tecnológicos en la operacionalidad de los procesos, cada vez más automatizados y el cumplimiento de las normas vigentes (Ribeiro 2021).

Autores como Cohen, Cui, Song, Xia, Huang, Yan, Guo, Sun, Colford Jr y Ray (2022) comentan que a partir de la década de 1990, el consumo mundial de agua embotellada ha crecido rápidamente, ya que se ha expandido de mercados centrados principalmente en países de ingresos altos a países de ingresos bajos y medianos. Según estos autores el crecimiento global en el consumo de agua embotellada se atribuye a la demanda de los consumidores, impulsada por la percepción de que es segura y conveniente.

El agua mineral natural mantiene su posición de preferencia en la cesta de compra de los consumidores a nivel mundial y durante el período de 2013-2018 experimentó un crecimiento del 5,3% (ANEABE, 2020).

Específicamente el mercado global de agua mineral embotellada en el año 2017 registró un crecimiento del 10%, alcanzando los 437.000 millones de litros y 238.000 millones de dólares en valores de mercado. Este aumento se debe, entre otros motivos, al creciente interés en el consumo de bebidas saludables, a la preocupación con relación a la calidad del agua corriente en algunas regiones, y por el incremento en los ingresos disponibles en las regiones de Asia-Pacífico y América (Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto de Brasil, 2018)

Un estudio realizado por la *European Federation of Bottled Waters* (EFBW) a consumidores europeos señala que el agua envasada es la bebida no alcohólica más consumida con un 48% del total; seguida de los refrescos, con un 39%; zumos y néctares, con un 7% y las bebidas solubles con un 6%. También se corroboró que la población está cada vez más comprometida con el cuidado de su alimentación, y se observa una clara tendencia hacia el consumo de productos naturales y de calidad, que les ayuden a mantener un estilo de vida sano. En concreto, el 57% de los consumidores afirman que en su decisión de compra influye que el producto tenga un claro impacto positivo en su salud y bienestar (ANEABE, 2020).

El agua mineral natural responde perfectamente a esa preocupación de los consumidores, al ser un producto sano, saludable y sostenible desde el origen. Asimismo, la Secretaria General de Asociación de Aguas Minerales de España (ANEABE) explica que, *“el agua mineral es un producto 100% natural, que llega al consumidor con las mismas características y propiedades que las que tiene en la naturaleza, que no necesita ni recibe ningún tratamiento químico para su consumo y que, además, se puede conocer su composición mineral con tan solo consultar el etiquetado impreso en cada botella”* (ANEABE, 2020).

Entre los países que ocupan los primeros lugares en el consumo per cápita mundial de agua mineral figuran Italia, Emiratos Árabes, México, Bélgica, España, Francia y Alemania (ANEABE, 2021). Por solo citar un ejemplo en el caso de España el agua mineral natural en el año 2020 fue la bebida más consumida, suponiendo el 43,7% del volumen total de bebidas consumidas, ya que cada español consumió una media de 67,45 litros al año, incrementándose el consumo de agua envasada en un 10,8%. Estos datos reflejan la preocupación de los españoles por el uso de productos naturales, sostenibles y de calidad que ayudan a mantener un estilo de vida saludable (ANEABE, 2021).

Por su parte Ribeiro (2021) especifica que el agua mineral es el producto que en los últimos treinta años ha tenido un crecimiento exponencial en el consumo entre los brasileños, posicionando a Brasil entre los 10 países más grandes que consumen agua mineral en el mundo. Según consultoras privadas, el mercado de agua embotellada en Brasil movió 7.250 millones de dólares con la comercialización de 10.300 millones de litros. Estos resultados representan un crecimiento del 12,9% en la facturación y del 3,7% en el volumen de ventas, en comparación con el año anterior (Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto de Brasil, 2018).

En el caso concreto de Cuba la producción de agua mineral embotellada se realiza a través de tres plantas: Ciego Montero en Cienfuegos, Amaro en Villa Clara y Sierra Canasta en Guantánamo, comercializándose a través de la red mayorista y minorista. La industria de agua mineral en el país ha permitido el acceso al sector turístico y a la población a nuevas fuentes de agua potable mediante el aprovechamiento de las aguas minerales y su comercialización tanto en hoteles, bares, restaurantes como en supermercados (Grupo Termas, 2016).

1.6.2. Control de calidad en la producción de agua mineral natural

El proceso para hacer del agua subterránea un recurso disponible para ser industrializada, requiere etapas de investigación, minería y tratamientos de laboratorio en la determinación de la capacidad de atención cuantitativa a la industria, así como las condiciones de asepsia y control

microbiológico para asegurar la calidad al consumo humano, condición necesaria e importante como vector de promoción de la salud (Ribeiro, 2021).

Ribeiro (2021) especifica que el agua mineral debe cumplir con los estándares de potabilidad, pues si no está perfectamente envasada, puede convertirse en un vehículo para la transmisión de enfermedades a través de agentes infecciosos. Teniendo en cuenta que el agua es un alimento presente en la vida cotidiana de todo ser humano, un agua de mala calidad disponible puede traer un gran daño a la comunidad. En este contexto, todos los elementos químicos presentes en el agua deben tener las concentraciones y la calidad adecuadas representadas por la ausencia de contaminantes que pueden causar enfermedades como gusanos, la fiebre tifoidea, el cólera y otras enfermedades infecciosas.

Las aguas de bebida envasada deben someterse a un estricto control farmacológico y microbiológico que garantice su calidad para el embotellamiento y su consumo seguro. El análisis del agua mineral natural proporciona una fotografía de la calidad y composición del agua. Se realiza en base a diferentes criterios de calidad como: características microbiológicas, características generales y propias del agua, composición química de esta (Concentración de sustancias presentes) y detección de posibles contaminantes orgánicos e inorgánicos (Sánchez, Reynerio, González y Suárez, 2005). Entre las características de calidad más relevantes a evaluar en la producción de agua mineral natural se identifican (Sánchez, Reynerio, González y Suárez, 2005):

- ✓ Características físico químicas: pH, conductividad eléctrica, temperatura, residuo seco, turbidez, ozono, alcalinidad y dureza total; además de elementos mayoritarios indispensables como bromatos, cloruro, sulfato, bicarbonato, calcio, magnesio, sodio y nitrato.
- ✓ Características microbiológicas: Conteo total de aerobios mesófilos viables, pseudomona aeruginosa, coliformes totales, enterococos y bacterias anaerobias esporuladas reductoras de sulfito.
- ✓ Características organolépticas: Color, olor y sabor.

Es preciso destacar que deben adoptarse todas las precauciones necesarias para evitar que las calidades químicas o físicas del agua mineral sufran algún tipo de contaminación o influencia externa.

1.7. Conclusiones del Capítulo

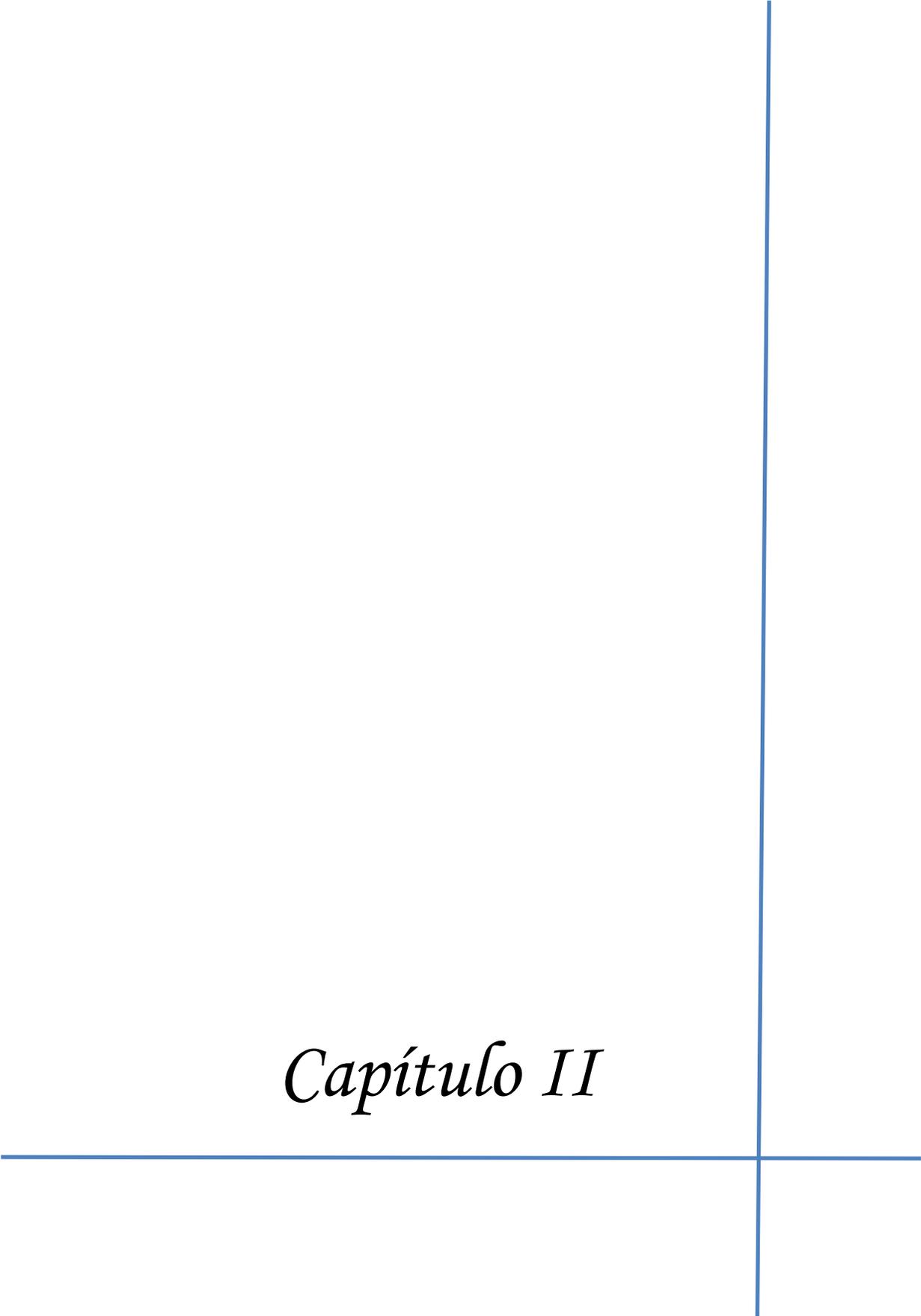
Al término del presente Capítulo se arriban a las siguientes conclusiones:

1. Existe una base conceptual acerca de la calidad y del control estadístico de procesos, donde se evidencian coincidencias de opiniones en cuanto a la necesidad de estos

conceptos y su aplicación en el ámbito empresarial, tomándose estos criterios como sustento para la investigación. El control estadístico de procesos concibe herramientas que permiten medir la calidad de la producción en tiempo real, determinando así si se mantienen los ajustes y parámetros del proceso-producto.

2. La Metodología Seis Sigma constituye un proceso de mejora continua basado en herramientas estadísticas y de gestión de la calidad, al permitir identificar y eliminar las causas de variación, controlar el desempeño de los resultados y mejorar la capacidad de los procesos. Aún, cuando se plantea por los autores que puede ser empleada en cualquier tipo de entorno, es en la actividad productiva en la que se reportan la mayor cantidad de aplicaciones.
3. Las aguas minerales naturales son uno de los productos más regulados en materia de seguridad y calidad alimentaria. Los procesos de producción de agua mineral natural envasada requieren de un control estricto para mantener inalterable la pureza microbiológica original y la composición química en sus constituyentes esenciales, lo que garantiza su consumo seguro.
4. Durante el proceso de revisión bibliográfica se evidenció la carencia de aplicaciones de metodologías de mejora como Seis Sigma en la producción de agua embotellada en Cuba, razón por la que se considera un aporte práctico su implementación en este tipo de organizaciones.

Capítulo II



Capítulo II: Caracterización de la Embotelladora de Agua Mineral Ciego Montero y descripción de la metodología de mejora de procesos Seis Sigma.

2.1. Introducción

En el presente Capítulo se realiza la caracterización de la Embotelladora de Agua Mineral Ciego Montero, así como se justifica la necesidad de realizar el estudio en el proceso de producción de agua mineral natural. Por último se describen la metodología de mejora de procesos Seis Sigma y las técnicas y herramientas empleadas en la investigación.

2.2. Caracterización de la Embotelladora de Agua Mineral Ciego Montero

La Embotelladora de Agua Mineral Ciego Montero, perteneciente a la Empresa Mixta Los Portales S.A, que a su vez, es una sociedad entre la Corporación Alimentaria de Cuba (CORALSA) y la multinacional de alimentos Nestlé, se consolida en el país como líder en la producción y comercialización de agua. Se ubica a once kilómetros del municipio Palmira en la provincia de Cienfuegos, en una zona rural y sin cercanía a otras instalaciones. La planta se inaugura en el año 1974 y en 1994 introduce la tecnología PET (Polietileno Tereftalato), tipo de plástico utilizado en envases y botellas de agua.

La organización tiene como **objeto social** la producción y comercialización de aguas minerales con destino al mercado interno y la exportación en moneda libremente convertible.

Su misión y visión se definen como:

Misión: Producir y comercializar agua mineral natural que satisfaga las necesidades crecientes del mercado.

Visión: Somos una institución líder en el mercado nacional con reconocimiento internacional de nuestra marca.

Se trata de una planta de ciclos de producción constante de 24 horas, encargada de abastecer más del 92% del mercado de agua mineral natural en el país; así como exportar a algunas naciones del área del Caribe y Centroamérica.

La planta explota tres fuentes naturales, situadas en un rango espacial no mayor de dos kilómetros, que garantiza el agua para llenar 12 000, 8 000 y 1 700 botellas por hora en los formatos de 0.5, 1.5 y 5 litros respectivamente. Para ello cuenta con dos líneas de producción, una destinada a pomos de 0.5 y 1.5 litros y otra a pomos de 5 litros.

Para el uso del agua como recurso natural cuenta con 2 concesiones mineras, respaldada por la Ley No. 76 “Ley de Minas de la República de Cuba”, aprobada por la Asamblea Nacional del Poder Popular y promulgada el 23 de enero de 1995, en la cual se establece la política minera del país y las regulaciones jurídicas de dicha actividad para la protección, el desarrollo y el aprovechamiento racional de los recursos minerales en función de los intereses del país. En este sentido la organización tiene el derecho de utilizar este recurso natural y a su vez el deber de gestionar todas las acciones necesarias para garantizar la protección de este.

La embotelladora tiene implementado un Sistema Integrado de Gestión basado en las exigencias de las normas NC ISO 9001: 2015 “Sistema de Gestión de la Calidad”, NC ISO 14001: 2015 “Sistema de Gestión Ambiental”, NC ISO 18001: 2015 “Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo” y NC ISO 22000: 2005 “Sistema de Gestión de la Inocuidad de los Alimentos”.

La organización cuenta con una plantilla de 66 trabajadores, la cual se encuentra totalmente cubierta. Las categorías ocupacionales con el número de trabajadores por cada una se muestran en la Tabla 2.1. Se evidencia que el 58 % son obreros.

Tabla 2.1: *Cantidad de trabajadores por categoría ocupacional.*

Fuente: *Elaboración propia*

Categoría	Total
Dirigentes	2
Administrativos	3
Técnicos	20
Operarios	38
Servicios	3
Total	66

El nivel educacional de los trabajadores se muestra en la Figura 2.1 donde el 40% de estos son de nivel superior.

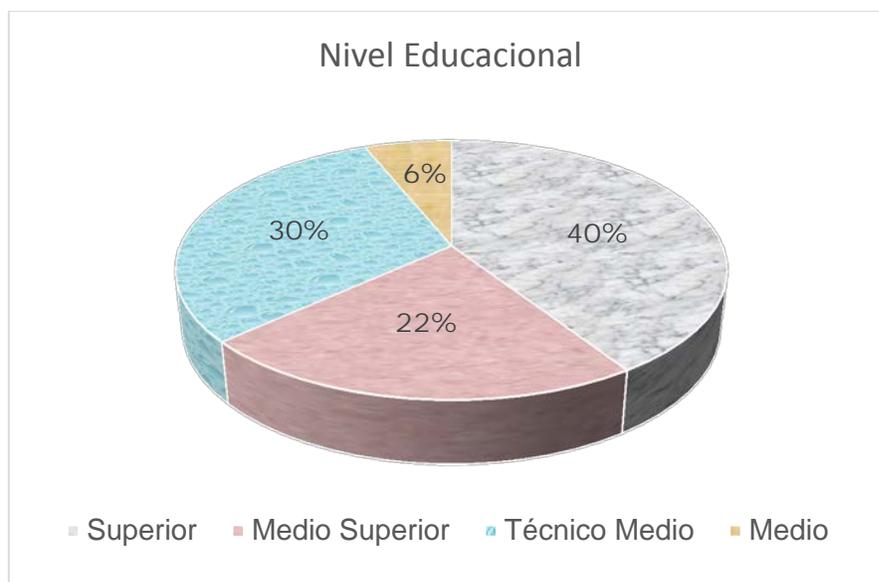


Figura 2.1: Nivel Educativo de los trabajadores. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 2.2 se expone la distribución de los trabajadores por área ubicándose el 36% en el área de producción.



Figura 2.2: Distribución de los trabajadores por áreas. Fuente: Elaboración Propia.

La relación de los trabajadores por edad y sexo se muestra en la Tabla 2.2. Se observa que el 39,39% de estos se encuentran en el rango de edades entre 46 y 55 años. Además el 80,30% de los trabajadores son hombres.

Tabla 2.2: Distribución de los trabajadores por edad y sexo.

Fuente: Elaboración propia.

Rango de Edades	Mujeres	Hombres	Total
20-35	-	10	10
36- 45	1	14	15
46-55	10	16	26
más de 56	2	13	15
Total	13	53	66

En la Figura 2.3 se muestra la estructura organizativa de la organización con sus niveles de dirección, departamentos y áreas funcionales.

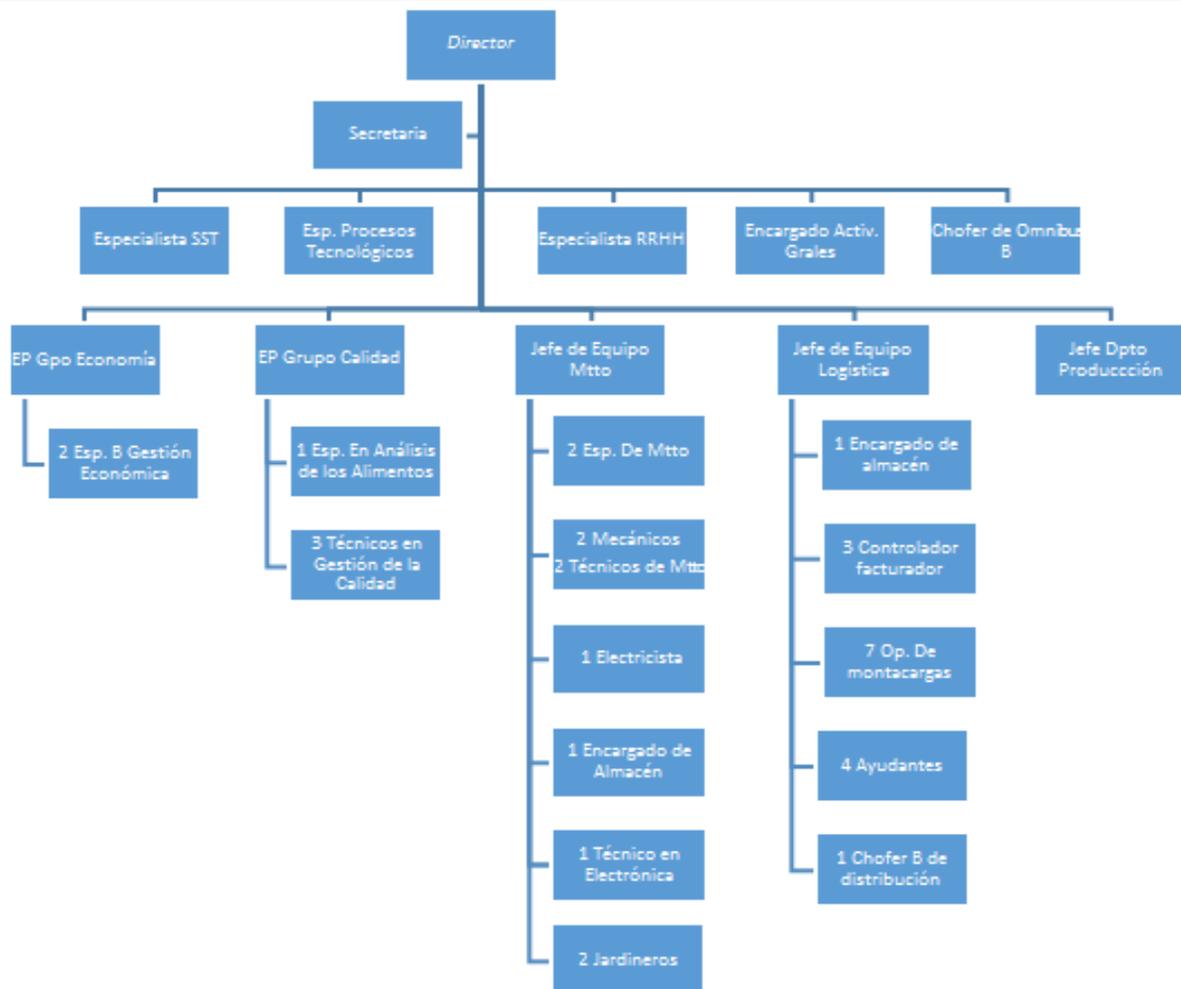


Figura 2.3: Estructura organizacional de la empresa. Fuente: Elaboración propia.

La empresa comercializa sus producciones en pesos cubanos (CUP) y en moneda libremente convertible (MLC), siendo estas:

- ✓ Agua mineral natural en botellas de 0.5 litros
- ✓ Agua mineral natural en botellas de 1.5 litros
- ✓ Agua mineral natural en formato de 5 litros

Entre sus principales **proveedores** figuran:

- ✓ Empresa Militar Industrial EMI “Che Guevara”.
- ✓ NOVAPET
- ✓ POLYKON
- ✓ Inplast
- ✓ Corvaglia
- ✓ GEOCUBA
- ✓ Macresac
- ✓ HENKEL

Sus principales **clientes** son:

- ✓ Agencia de Distribución Villa Clara
- ✓ Agencia de Distribución Wajay
- ✓ Agencia de Distribución Santiago de Cuba
- ✓ Agencia de Distribución Varadero
- ✓ Agencia de Distribución Camagüey
- ✓ Agencia de Distribución Holguín

Como resultado del diagnóstico estratégico realizado por la organización es posible puntualizar en las debilidades, fortalezas, oportunidades y amenazas (DAFO) de mayor impacto que presenta actualmente.

Debilidades

- ✓ Bajo aprovechamiento de las capacidades industriales instaladas para la producción de agua.
- ✓ Proveedores únicos para insumos fundamentales en las condiciones de Cuba.
- ✓ Carencia de stocks de inventarios básicos y suministros necesarios fuera de fecha que paralizan la producción.

- ✓ Prórroga de los mantenimientos y reparaciones corrientes planificados por entrada fuera de fecha de las partes y piezas de repuesto necesarias.
- ✓ Paralización de la producción y la distribución por no disponibilidad de combustibles.
- ✓ Falta de capacidad de almacenaje, que provoca paralización de producción por abarrote de la fábrica con producción terminada.
- ✓ Problemas de comunicación con los trabajadores y sus organizaciones sindicales que afectan procesos de participación activa en la toma de decisiones importantes.
- ✓ No se cuenta con sucesores para puestos clave.
- ✓ Deficiencias en la determinación de las necesidades de capacitación a partir de las evaluaciones anuales del desempeño.
- ✓ Baja automatización de los procesos logísticos.
- ✓ Parque de montacargas en mal estado técnico.

Fortalezas

- ✓ Tecnología de punta en los equipos industriales y procesos de producción flexibles para asimilar nuevas producciones.
- ✓ Marca posicionada y de prestigio en el mercado.
- ✓ Presentación del producto.
- ✓ Conocimiento de las necesidades del mercado meta y alta cuota de participación en el mercado de aguas.
- ✓ Fomento y consolidación de una cultura de innovación empresarial.
- ✓ Fuerza de trabajo suficiente, calificada, eficaz, eficiente, comprometida y con sentido de pertenencia.
- ✓ Sistema integrado de gestión certificado.
- ✓ Empleo anual del Programa de Máximo Potencial.
- ✓ Política de sustitución de importaciones y encadenamientos productivos.
- ✓ Cuadros y personal de dirección con experiencia, preparación y estabilidad.
- ✓ Sistema de estimulación en CUP colectivo e individual.
- ✓ Sistema de control interno, que detecta vulnerabilidades, se retroalimenta, perfecciona y fortalece la prevención de los riesgos.
- ✓ Se cuenta con eventos y actividades que promueven la cultura por la sostenibilidad.
- ✓ Fidelidad de los consumidores por nuestras producciones.

Oportunidades

- ✓ Empleo del CUP como único medio de pago con curso legal en todo el territorio nacional y la devaluación del CUP frente a las monedas extranjeras con una sola tasa de cambio para toda la economía.
- ✓ Adopción de medidas encaminadas a incrementar la autonomía y flexibilizar la gestión empresarial.
- ✓ Nuevas formas para acceder al financiamiento en MLC, que promueven cambios en la gestión empresarial.
- ✓ Experiencia del socio extranjero.
- ✓ Recuperación gradual de la demanda en el sector del turismo.
- ✓ Campañas a favor de elevar la cultura de alimentación sana y la calidad de vida de las personas.
- ✓ Incremento del consumo interno a partir del crecimiento del salario medio mensual.
- ✓ Industria nacional convocada a sustituir importaciones, estableciendo encadenamientos productivos con la inversión extranjera.
- ✓ Incremento en la utilización de las redes sociales por la población.

Amenazas

- ✓ Repercusión de la crisis económica y financiera mundial en la economía nacional, agravada por las medidas de control y prevención de la pandemia de COVID-19.
- ✓ Recrudescimiento del bloqueo económico y financiero de los Estados Unidos y de sus políticas de descrédito, desestabilización y amenazas hacia Cuba.
- ✓ Dificultad de los consumidores para acceder al agua en los mercados minoristas tradicionales.
- ✓ Nuevas medidas para la actividad empresarial del sector estatal de la economía que no aplican a las empresas mixtas; en particular las relacionadas con la participación de los trabajadores en la distribución de utilidades y la facultad de las empresas para aprobar su organización salarial.
- ✓ Empresas con ingresos salariales superiores y oportunidades de las nuevas formas de gestión no estatales.
- ✓ Falta de liquidez externa.
- ✓ Insuficiente y deficiente disponibilidad material para realizar compras en plaza.
- ✓ No asignación del combustible planificado.
- ✓ Incremento de precios de materias primas, materiales, insumos, medios de protección personal y servicios prestados, en el mercado nacional e internacional.

- ✓ No observancia de las regulaciones establecidas para la zona de protección 3 por parte de la agricultura y los productores privados.

El mapa general de procesos de la organización se muestra en la Figura 2.4 donde se evidencia como uno de los procesos claves el de Producción de agua mineral natural, razón de ser de la organización.

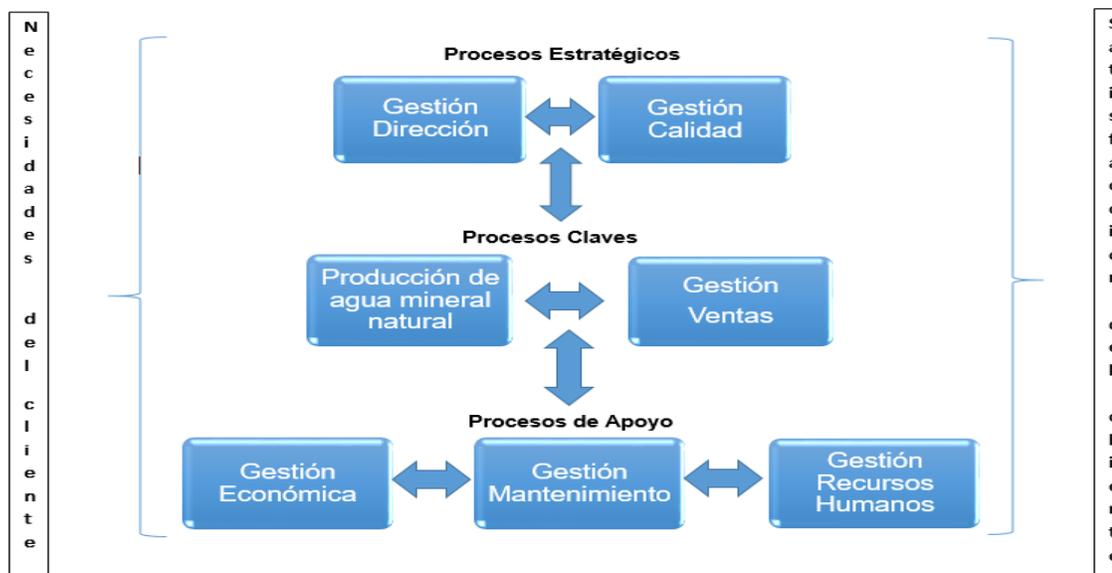


Figura 2.4: Mapa de procesos de la Embotelladora.

Fuente: Embotelladora de Agua Mineral Ciego Montero.

Como se comentó anteriormente la Embotelladora de Agua Mineral Ciego Montero se dedica a la producción y comercialización de agua mineral natural con destino al mercado interno y la exportación en MLC. Es la encargada de abastecer más del 92% del mercado de agua mineral natural en el país; así como exportar a algunas naciones del área del Caribe y Centroamérica, lo que la convierte en una organización líder a nivel nacional.

La entidad tiene como premisa la elevación de la calidad de sus producciones mediante el desarrollo de programas de mejoramiento continuo que contribuyan a la satisfacción de las necesidades y expectativas de los clientes. Es válido destacar que la organización pretende mantenerse como institución líder en el mercado nacional según se declara en la visión para lo cual la calidad constituye un aspecto indispensable a desarrollar de manera sistemática. Entre sus prioridades está fomentar el uso de herramientas y técnicas estadísticas que permitan el control de la calidad de sus producciones con un enfoque de mejora continua.

Es preciso destacar que en el año 2020 se ejecutan mejoras en el proceso de producción. Entre ellas destacan la introducción de una nueva sopladora y de un horno ecológico interno así como la sustitución de los compresores, modificaciones en el diseño de las botellas, el ajuste de los caudales de bombeo y el cambio del alumbrado fluorescente por LED, lo que ha permitido la mejora de la calidad de las producciones.

No obstante durante el año 2021 la organización reportó un total de 10 quejas de consumidores relacionadas con la calidad del producto, identificándose la mayor cantidad en el trimestre de octubre a diciembre. La principal queja corresponde a los sólidos en suspensión, representando un 50% del total.

Además durante el segundo semestre del año 2021 y el primero del 2022 se devolvieron 520 unidades por parte de las agencias distribuidoras. Entre las principales causas de devolución figuran la presencia de partículas, presencia de hongos y botellas escachadas y con cuello deformado, representando la primera el 54,04% del total. El 80,76% de las devoluciones se enviaron al área de productos reciclables para su destrucción con la consiguiente generación de desechos sólidos (botellas PET).

Unido a lo anterior se tiene que en el banco de problemas de la Embotelladora se identifican como problemas que afectan la calidad del producto los cuerpos extraños en las botellas sopladas e inadecuada generación de ozono.

Por todo lo antes expuesto se hace evidente la necesidad de aplicar herramientas de control estadístico para conocer el estado actual del proceso de producción de agua mineral natural en cuanto a estabilidad y capacidad para cumplir con especificaciones en aquellas características de calidad que se relacionan con los principales problemas planteados.

La autora de la actual investigación selecciona la Metodología Seis Sigma para ser aplicada en el proceso objeto de estudio, puesto que se basa en herramientas estadísticas y de gestión de la calidad que permiten identificar y eliminar las causas de variación, controlar el desempeño de los resultados y mejorar la capacidad de los procesos. Además es una metodología fácil de aplicar que está en concordancia con varios de los principios de la NC ISO 9000: 2015. En el siguiente apartado se aborda la misma.

2.3. Descripción de la Metodología Seis Sigma

El procedimiento para la mejora de procesos seleccionado en la presente investigación es el de Gómez (2017). Dicho procedimiento se encuentra fundamentado en la filosofía Seis Sigma para

el mejoramiento continuo de procesos, la cual se basa en el ciclo gerencial básico de Deming. Para su elaboración el autor utilizó criterios de diferentes metodologías, dadas por investigadores como: Gutiérrez y de la Vara (2013); ISO 13053: 2011; Gibbons, Kennedy, Burgess y Godfrey (2012) y García (2014).

El procedimiento se organiza en cinco etapas básicas: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (Ver Figura 2.5), cada una de ellas con su correspondiente sistema de actividades y herramientas (Ver Tabla 2.3). Gómez (2017) plantea que antes de comenzar la investigación se debe conformar un grupo de trabajo, el cual debe capacitarse en el tema de ser necesario.

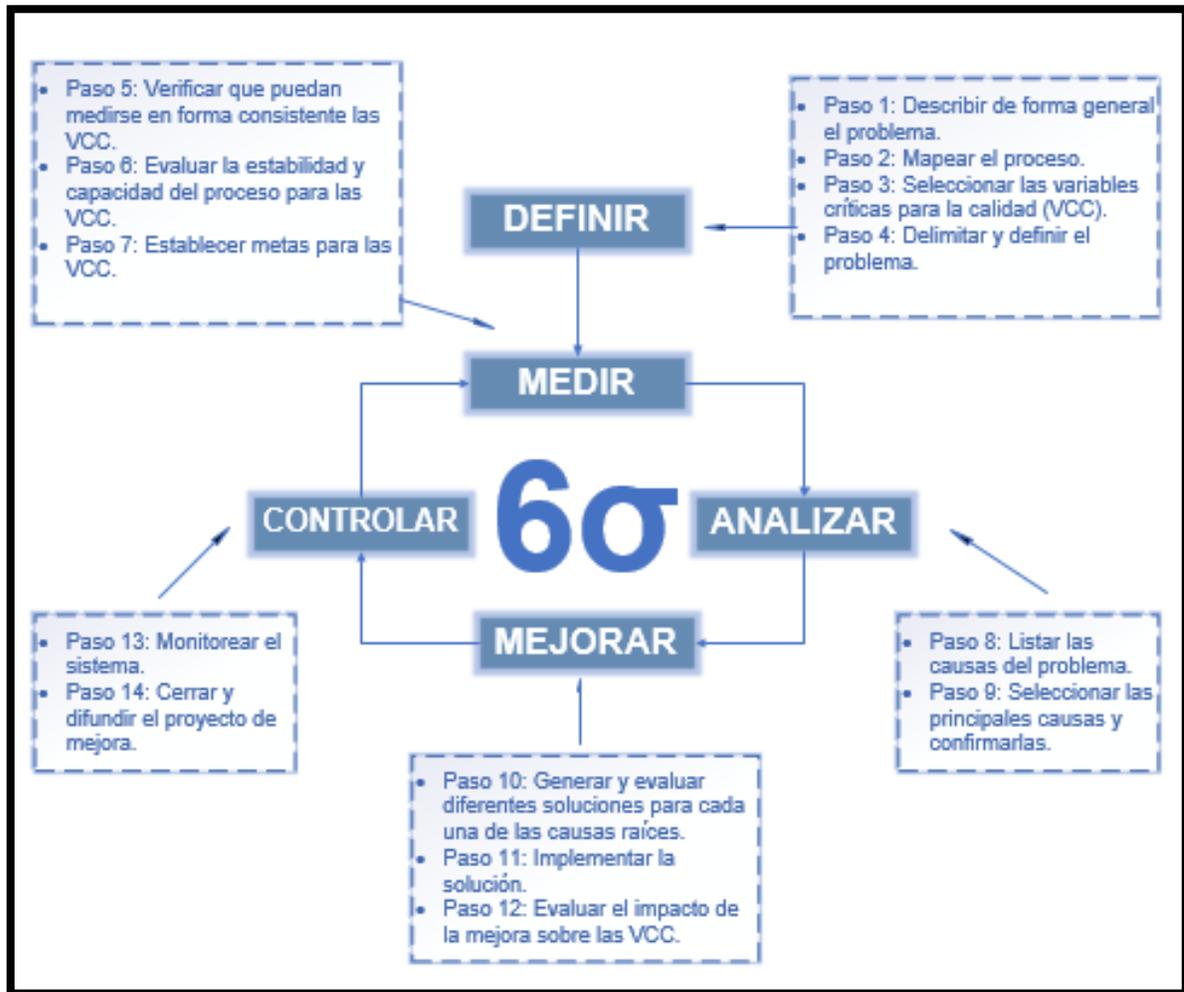


Figura 2.5: Procedimiento para la mejora de procesos a partir de la utilización de la metodología Seis Sigma. **Fuente:** Gómez (2017).

Tabla 2.3: Aspectos básicos del procedimiento para la mejora de procesos.

Fuente: Gómez (2017).

Etapa	Actividad	Herramientas
Definir	Describir de forma general el problema	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Documentación descriptiva del proceso objeto de análisis ✓ Reuniones participativas ✓ Trabajo de grupo ✓ Diagrama de Pareto
	Mapear el proceso	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reuniones participativas ✓ Revisión de documentos ✓ Observación directa ✓ Diagrama SIPOC ✓ Diagrama de flujo ✓ Ficha de proceso
	Seleccionar las variables críticas para la calidad (VCC)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Selección ponderada ✓ Voz del cliente
	Delimitar y definir el problema	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Trabajo en grupo
Medir	Verificar que puedan medirse en forma consistente las VCC	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Trabajo en grupo
	Evaluar la estabilidad y capacidad del proceso para las VCC.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Trabajo en grupos ✓ Estudio de estabilidad (Gráficos de control) ✓ Estudio de la capacidad del proceso (Índices de capacidad y métricas Seis Sigma)
	Establecer metas para las VCC	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Trabajo en grupo ✓ Tormenta de ideas
Analizar	Listar las causas del problema	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diagrama causa – efecto ✓ Matriz de relación
	Seleccionar las principales causas y confirmarlas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Trabajo en equipo ✓ Votación ✓ FMEA

		✓ Método Delphi
Mejorar	Generar y evaluar diferentes soluciones para cada una de las causas raíces	✓ Trabajo en grupos ✓ Tormenta de ideas
	Implementar la solución	✓ 5W y 2H ✓ Simulación de procesos ✓ Diseño de experimentos ✓ Pruebas piloto
	Evaluar el impacto de la mejora sobre las VCC	✓ Técnicas estadísticas ✓ Análisis costo - beneficio
Controlar	Monitorear el sistema	✓ Planes de control ✓ Gráficos de control y capacidad de procesos
	Cerrar y difundir el proyecto de mejora	✓ Reuniones participativas

A continuación se describen cada una de las etapas y pasos de la metodología Seis Sigma.

Etapas I: Definir

Consiste en realizar un diagnóstico de la situación actual de la empresa identificando cuáles son los elementos seleccionados para aplicar la metodología. Ello puede partir de los objetivos estratégicos, desempeño de los procesos y los aspectos deficientes de servicio al cliente que dan respuesta a los requisitos del producto y/o servicio.

Luego es fundamental identificar las variables críticas para la calidad, establecer metas, definir el alcance del proyecto, precisar el impacto que sobre el cliente tiene el problema y los beneficios potenciales que se esperan del proyecto. Todo lo anterior se debe hacer con base en el conocimiento que el equipo tiene sobre las prioridades del negocio, de las necesidades del cliente y del proceso que necesita ser mejorado (Gutiérrez y de la Vara, 2013 y García, 2014). Los siguientes pasos componen esta secuencia inicial:

Paso 1: Describir de forma general el problema

Se hace necesario responder la pregunta, ¿Cuál es el actual funcionamiento del proceso? Para realizar un examen profundo del trabajo es necesario: conversar con los clientes (fundamentalmente los trabajadores), recopilar datos y obtener información relevante sobre el

comportamiento del proceso y obtener una visión global de la actividad. De forma general se debe explicar en qué consiste el problema y por qué es importante resolverlo.

Paso 2: Mapear el proceso

Este paso incluye la descripción de las actividades y de las características del proceso. El mapeo del proceso permite visualizar cada una de las operaciones (subprocesos) involucradas, de manera aislada o interrelacionadas, debido a que este flujo detallado deja clara la trayectoria de la actividad desde su inicio hasta su conclusión. Este paso tiene por objetivo mostrar los subprocesos u operaciones principales del proceso completo donde se presenta el problema, para lo cual es necesario:

- Descripción de las actividades del proceso: Para ello debe dársele respuesta a las siguientes preguntas:
 - ✓ ¿Cuál es la naturaleza del proceso?
 - ✓ ¿Para qué sirve?
 - ✓ ¿Qué actividades se realizan?
 - ✓ ¿Quién realiza las actividades?
 - ✓ ¿Cómo se realizan las actividades?
- Descripción de las características del proceso.
 - ✓ ¿Cómo es el proceso?
 - ✓ ¿Cuál es su propósito?
 - ✓ ¿Cómo se relaciona con el resto?
 - ✓ ¿Cuáles son sus entradas y salidas?
 - ✓ ¿Cuáles son sus proveedores y clientes?
 - ✓ ¿Cuáles son los requisitos de los clientes y proveedores?

Sin duda alguna, es fundamental que se establezca una comunicación directa, positiva y efectiva entre los responsables de la actividad, los clientes y los proveedores. Se debe además describir con claridad el proceso para tener una visión amplia sobre él. El producto final esperado de esta etapa de caracterización del proceso, es un documento que permita entender y visualizar de manera global en qué consiste el mismo. El diagrama de procesos contribuye al esclarecimiento y visualización de todas las actividades que se ejecutan para obtener el producto final.

Paso 3: Seleccionar las variables críticas para la calidad (VCC)

En este paso se deben especificar las variables críticas para la calidad mediante las cuales se evaluará qué tan bien se cumplen los objetivos del proyecto, ejemplo de esto: tiempo de ciclo, costos, calidad de alguna variable de salida, quejas, productividad, entre otras. Estas variables deben estar ligadas a la satisfacción del cliente o en general al desempeño del proceso. La clave aquí es preguntarse qué aspectos del producto final son importantes para dicho cliente y por qué, además de los resultados del diagnóstico realizado en el paso anterior. Luego es necesario actuar sobre aquellas variables que más repercuten en el deterioro del desempeño.

Paso 4: Delimitar y definir el problema

En este paso se hace necesario delimitar el problema, para decidir qué parte del este o del proceso será abordado en la investigación en función de su magnitud. Para la definición final del problema deben utilizarse los datos de las variables críticas para la calidad (ya sea que se refieren al cliente o al desempeño del proceso), es decir, expresar el problema en términos cuantitativos, de conjunto con los resultados del proceso.

Etapa II: Medir

Una vez definido el problema sobre el cual se va a incidir, se hace necesaria su medición, con ello se conoce la capacidad del proceso analizado. Medir es una etapa clave en el camino de Seis Sigma. El propósito de esta etapa es verificar que la información que se utilizará para tomar decisiones es realmente correcta. Esta segunda etapa está compuesta por la siguiente secuencia de pasos.

Paso 5: Verificar que puedan medirse en forma consistente las VCC

En la aplicación de la metodología Seis Sigma, es necesario contar con datos confiables que realmente permitan tomar decisiones acertadas. Lo primero que se debe hacer dentro de la fase de medición, es verificar que las VCC que se han elegido en la etapa anterior (definir) pueden medirse en forma consistente. Con independencia del tipo de variable, el equipo de mejora debe revisar con detalle la forma en que se miden sus VCC y asegurar que estas mediciones se hacen en forma consistente, ya que a través de estas variables se medirá el impacto del proyecto de mejora.

Paso 6: Evaluar la estabilidad y capacidad del proceso para las VCC.

A las VCC especificadas en la etapa anterior se les debe hacer un estudio detallado para determinar su estado en cuanto a estabilidad y capacidad para saber con mayor precisión la magnitud del problema actual y generar bases para encontrar la solución. Si las VCC no se han venido analizando mediante una carta de control, entonces se debe hacer un esfuerzo por establecer una perspectiva clara sobre su magnitud y como han variado a través del tiempo. Para ello se emplean herramientas del control estadístico de la calidad, en específico los gráficos de control y los índices de capacidad. Se verifica el estado de control estadístico de los datos analizados, sobre la base del tipo de gráfico de control correspondiente.

El estudio de la capacidad del proceso es una herramienta fundamental en la aplicación de la metodología Seis Sigma. Al evaluar la capacidad del proceso se comprueba qué tan bien cumplen sus variables de salida con las especificaciones, sea una variable de tipo valor nominal o de atributos. Estos análisis se pueden realizar utilizando software como: Statgraphics, Minitab, SPSS, entre otros.

Paso 7: Establecer las metas para las variables críticas de calidad

Tomando en cuenta la situación para las variables críticas de calidad, se deben establecer metas para éstas. Dichas metas deben balancear el que sean ambiciosas pero alcanzables.

Etapa III: Analizar

La meta de esta fase es identificar la(s) causa(s) raíz del problema, entender cómo es que éstas generan el problema y confirmar las causas con datos. Por tanto en esta fase se deben desarrollar teorías que explican cómo es que las causas raíces generan el problema, confirmar estas teorías con datos, para después de ello tener las pocas causas vitales que están generando el problema. Las herramientas que son de utilidad en esta fase son muy variadas, algunas de ellas son: lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa, cartas de control, entre otras.

Paso 8: Listar las causas del problema

En la etapa anterior queda definido el estado del proceso en cuanto a la variable crítica de calidad definida, por tanto en función de estos resultados se deben generar las causas que pueden estar incidiendo en el estado del proceso mediante una lluvia de ideas, y organizarlas mediante un diagrama de Ishikawa.

Paso 9: Seleccionar las principales causas y confirmarlas

En este paso se deben seleccionar las que se crean que son las causas principales, explicar cuál es la razón y confirmar con datos la situación existente.

Etapa IV: Mejorar

En esta etapa se está listo para que se propongan, implementen y evalúen las soluciones que atiendan las causas raíces detectadas. El objetivo es demostrar con datos que las soluciones propuestas resuelven el problema y conllevan a las mejoras buscadas.

Paso 10: Generar y evaluar diferentes soluciones para cada una de las causas raíz

Es recomendable generar diferentes alternativas de solución que atiendan las diversas causas. Luego es importante evaluarlas a partir de diferentes criterios o prioridades sobre las que se debe tomar la solución.

Paso 11: Implementar la solución

Para implementar la solución es importante elaborar un plan en el cual se especifiquen las diferentes tareas, su descripción (en qué consiste, cómo se va a hacer, dónde se va a implementar), las fechas para cada una, los recursos monetarios que se requieren, las personas responsables y participantes. Para este fin se recomienda utilizar la técnica de las 5W2H. En el caso que sea conveniente, inicialmente, puede adoptarse un procedimiento de carácter experimental, que consista en:

- ✓ Realizar un proyecto piloto.
- ✓ Observar, controlar y evaluar la experiencia implantada.
- ✓ Realizar la implantación definitiva como consecuencia de los resultados positivos obtenidos.

Paso 12: Evaluar el impacto de la mejora sobre las variables críticas de calidad

Para la evaluación de la solución se debe comparar el estado del proceso antes y después de las acciones tomadas. Este tipo de estudio obedece a una búsqueda permanente del mejoramiento continuo de un proceso. Si los resultados no son satisfactorios, entonces se debe revisar por qué se obtiene lo esperado y con esa base revisar lo hecho nuevamente.

Etapa V: Controlar

Una vez que las mejoras deseadas han sido alcanzadas, se diseña un sistema que mantenga las mejoras logradas. En otras palabras, el objetivo de esta etapa es que el equipo de trabajo desarrolle un conjunto de actividades con el propósito de mantener el estado y desempeño del proceso a un nivel que satisfaga las necesidades del cliente y esto sirva de base para buscar la mejora continua. En este sentido, es necesario establecer un sistema de control para:

- ✓ Prevenir que los problemas que tenía el proceso no se vuelvan a repetir (mantener las ganancias).
- ✓ Impedir que las mejoras y conocimientos obtenidos se olviden.
- ✓ Mantener el desempeño del proceso.
- ✓ Alentar la mejora continua.

Paso 13: Monitorear el sistema

Para el monitoreo de los resultados, se dirige a responder la pregunta; ¿Funciona el proceso de acuerdo con los patrones?, lo que consiste en verificar si el mismo está funcionando de acuerdo con los patrones establecidos, así como la ejecución de las acciones correctivas. Este monitoreo del proceso es permanente y forma parte de la rutina diaria de trabajo de todas las personas que participan en el proceso, siempre sobre la base del ciclo gerencial básico de Deming (PHVA).

Paso 14: Cerrar y difundir el proyecto de mejora

El objetivo de este último paso es asegurarse que el proyecto de mejora sea fuente de evidencia de logros, de aprendizaje y que sirva como herramienta de difusión. Por ello el equipo de trabajo debe desarrollar los siguientes aspectos:

- ✓ Documentar el proyecto: Integrar todos los documentos que reflejen el trabajo realizado en las cinco etapas.
- ✓ Principales logros alcanzados: Elaborar un resumen de los cambios y soluciones dadas para el problema, así como el impacto de las mejoras.
- ✓ Difundir lo hecho y logros alcanzados: Presentación ante colegas y directivos, difusión interna por los canales adecuados.

2.4. Descripción de las principales herramientas relacionadas con la investigación

En el Capítulo I se describen un gran número de herramientas a emplear en la metodología Seis Sigma. A continuación se describen aquellas que son utilizadas en la presente investigación.

Revisión y análisis de documentos

Consiste en revisar documentos existentes en las organizaciones y analizarlos para obtener información necesaria para la investigación que se realice, cuyo sustento teórico nace de la revisión de la literatura. En cuanto a la información existente en documentos y en la literatura, son útiles (Hernández, Fernández y Baptista, 1998):

- ✓ Revisión de fuentes primarias de información: libros, antologías, artículos de publicaciones periódicas, monografías, tesis y disertaciones, documentos oficiales, trabajos presentados en conferencias o seminarios, artículos periodísticos, revistas científicas, que proporcionen datos de primera mano.
- ✓ Revisión de fuentes secundarias y terciarias de información: Consisten en compilaciones, listados de referencias publicadas en un área del conocimiento en particular, bases de datos, son publicaciones que se refieren a las fuentes primarias y secundarias.

Particularmente la revisión de la literatura puede iniciarse con el apoyo de medios de búsqueda como los que se encuentran en Internet, mediante el acercamiento a especialistas en el tema, o acudiendo a bibliotecas, tres de las variantes más empleadas en la actualidad.

Tormenta de ideas

La tormenta o lluvia de ideas es una forma de pensamiento creativo encaminada a que todos los miembros de un grupo participen libremente y aporten ideas sobre un tema (Gutiérrez y De la Vara, 2013). Los métodos para su realización aparecen en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4: *Métodos para la realización de la tormenta de ideas.*

Fuente: *Curbelo (2013).*

Variantes	¿Cómo se utiliza?
Rueda libre (No estructurado o flujo libre)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Escoger a alguien para que sea el facilitador y apunte las ideas. 2. Escribir en la pizarra una frase que represente el problema y el asunto de discusión.

	<p>3. Escribir cada idea en el menor número de palabras posible. Verificar con la persona que hizo la contribución cuando se está repitiendo la idea. No interpretar o cambiar las ideas.</p> <p>4. Llegar a conclusiones.</p>
<p>Round-Robin (Estructurada o en círculo)</p>	<p>La diferencia consiste en que cada miembro del equipo presenta sus ideas en un formato ordenado. Por ejemplo: de izquierda a derecha. No hay problema si un miembro del equipo cede su turno si no tiene una idea en ese instante.</p>
<p>Tira de papel (Lluvia de ideas escrita o silenciosa)</p>	<p>Los participantes piensan las ideas pero registran en un papel sus ideas en silencio.</p>

Observación directa

La observación consiste, según plantean Cortés e Iglesias (2005) referenciando a Olabuénaga e Ispízu (1989), en contemplar sistemática y detenidamente cómo se desarrolla la vida social, sin manipularla ni modificarla, tal cual ella discurre por sí misma. La observación, por principio, es susceptible de ser aplicada a cualquier conducta o situación (Cortés e Iglesias, 2005).

La observación se ha clasificado, entre otros criterios, en:

- ✓ Directa o indirecta: Dado el conocimiento del objeto de investigación.
- ✓ Participante o no participante: Considerando el nivel de participación del sujeto que se observa.

El modo de efectuarla lo define el investigador en función de las características del estudio que realice.

Diagrama SIPOC

El diagrama SIPOC es una de las herramientas fundamentales que posibilita el comienzo de una gestión por procesos. Se utiliza para identificar todos los elementos relevantes de un determinado proceso y posibilita el establecimiento de los límites y actividades del mismo. Al construir este diagrama deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- ✓ Proveedores del proceso (Suppliers): Suministran al proceso las entradas necesarias para el desarrollo y ejecución de las actividades que constituyen el mismo.

- ✓ Entradas (Inputs): Materiales, informaciones, productos, documentos, energía requeridos por el proceso para poder realizar alguna o algunas de sus actividades. Se generan fuera del propio proceso y son requeridos por éste para funcionar.
- ✓ Proceso (Process): Conjunto de actividades mutuamente relacionadas que utilizan las entradas para proporcionar un resultado previsto. El “resultado previsto” de un proceso puede ser una salida, producto o servicio (NC ISO 9000: 2015).
- ✓ Salidas (Outputs): Son los resultados del proceso, los cuales deben ser coherentes con el objetivo del sistema. Son el producto o servicio creado por el proceso que el cliente o los clientes del mismo reciben.
- ✓ Requerimientos de las salidas: No es más que lo que el cliente del proceso desea, quiere y espera obtener de la salida de un proceso en concreto. Es la definición de las necesidades y/o expectativas del cliente del proceso. Estos requerimientos pueden estar establecidos por la propia organización, el cliente y/o la legislación vigente.
- ✓ Clientes (Customer): Se puede considerar como cliente cualquier persona institución u órgano que recibe el producto o servicio que el proceso genera. El cliente valora la calidad del proceso que pretende servirlo, determinando la medida en que éste con sus salidas ha logrado satisfacer sus necesidades y expectativas. Se identifican dos tipos de clientes:
 - Clientes internos: Individuos o servicios dentro de la propia organización que reciben los productos o servicios para utilizarlos en su trabajo.
 - Clientes externos: Son los clientes finales, los que disfrutan de los productos o servicios de la organización.

Esta herramienta posibilita:

- ✓ Definir y mostrar visualmente un proceso.
- ✓ La identificación de las variables de salida claves del proceso.
- ✓ La identificación de los pasos claves del proceso.
- ✓ La identificación de las variables de entrada claves del proceso.

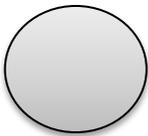
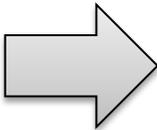
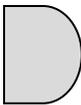
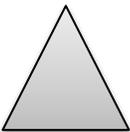
Diagrama de Flujo

Los diagramas de flujo representan la descripción de las actividades de un proceso y sus interrelaciones, es decir, son la representación gráfica de los pasos de un proceso, que se realiza para entenderlo mejor. Facilitan la interpretación de las actividades en su conjunto, pues permiten una percepción visual del flujo y la secuencia de las mismas, incluyendo las entradas y salidas necesarias para el proceso y los límites del mismo. Se les denominan diagramas de flujo

porque los símbolos utilizados se conectan mediante flechas para indicar la secuencia de las operaciones. Existen varios tipos de diagramas de flujo dentro de los que se encuentran: diagrama Quién-Qué, diagrama de flujo OPERIN, diagrama de recorrido y diagrama de flujo OTIDA. En la Tabla 2.5 se muestran los símbolos más habituales que se utilizan en este último diagrama.

Tabla 2.5: Símbolos más habituales para la representación de diagramas de flujo OTIDA.

Fuente: Vaca (2017).

Símbolo	Descripción
	Operación: Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento. Es donde se modifica la pieza, materia o producto, es decir se agrega valor. Hace avanzar al material, elemento o servicio un paso más hacia el final, bien sea al modificar su forma, como en el caso de una pieza que se labra, o su composición, tratándose de un proceso químico, o bien al añadir o quitar elementos, si se hace un montaje. La operación también puede consistir en preparar cualquier actividad que favorezca la terminación del producto.
	Transporte: Indica el movimiento de los trabajadores, materiales y equipos de un lugar a otro. Existe transporte cuando un objeto se traslada de un lugar a otro, salvo que el traslado forme parte de una operación o sea efectuado por un operario en su lugar de trabajo al realizar una operación o inspección.
	Inspección: Indica que se verifica la calidad, la cantidad o ambas. No contribuye a la conversión del material en producto acabado. Sólo sirve para ver si una operación se ejecutó correctamente en lo que se refiere a la calidad y cantidad.
	Depósito provisional o espera: Indica demora en el desarrollo de los hechos: por ejemplo, trabajo en suspenso entre dos operaciones sucesivas, o abandono momentáneo, no registrado, de cualquier objeto hasta que se necesite. Es el caso del trabajo amontonado en el suelo del taller entre dos operaciones, de los cajones por abrir, de las piezas por colocar en sus casilleros o de las cartas por firmar.
	Almacenamiento permanente: Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén donde se recibe o entrega mediante alguna forma de autorización o donde se guarda con fines de referencia. Se está en presencia de un almacenamiento permanente cuando se guarda un objeto y se cuida de que no sea trasladado sin autorización. La diferencia entre almacenamiento permanente y depósito provisional o espera es que, generalmente, se necesita un pedido de entrega, vale u otra prueba de autorización para sacar los

objetos dejados en almacenamiento permanente, pero no los depositados en forma provisional.

La representación de las actividades a través de este esquema facilita el entendimiento de la secuencia e interrelación de las mismas y de cómo estas aportan valor y contribuyen a los resultados.

La utilización del diagrama de flujo es muy útil cuando:

- ✓ Se quiere conocer o mostrar de forma global un proceso.
- ✓ Es necesario tener un conocimiento básico, común a un grupo de personas, sobre el mismo.
- ✓ Se deben comparar dos procesos o alternativas.
- ✓ Se necesita una guía que permita un análisis sistemático del proceso.

Ficha de proceso

Una ficha de proceso se puede considerar como un soporte de información que pretende recabar todas aquellas características relevantes para el control de las actividades definidas en el diagrama, así como para la gestión del proceso (Beltrán et al., 2002). La información a incluir en una ficha de proceso puede ser diversa y debe ser decidida por la propia organización. En la Tabla 2.6 se definen aquellos conceptos que se han considerado relevantes para la gestión de un proceso.

Tabla 2.6: Aspectos que conforman la ficha de proceso. Fuente: Beltrán et al. (2002)

Elemento	Descripción
Misión u objeto	Es el propósito del proceso, su razón de ser. La misión debe inspirar la topología de resultados que interesa conocer. Hay que preguntarse: ¿Cuál es la razón de ser del proceso? ¿Para que existe el proceso?
Propietario del proceso	Es la función a la que se le asigna la responsabilidad del proceso y, en concreto, de que esta obtenga los resultados esperados (objetivos). Es necesario que tenga capacidad de actuación y debe liderar el proceso para implicar y movilizar a los actores que intervienen.
Límites del proceso	Están marcados por las entradas y las salidas, así como por los proveedores y los clientes. Esto permite reforzar las interrelaciones con el resto de los procesos, y es necesario asegurarse de la coherencia con lo definido en el diagrama de proceso y en el propio SIPOC.
Alcance del proceso	Pretende establecer la primera actividad y la última actividad del proceso, para tener noción de la extensión de las actividades en la propia ficha.
Indicadores del	Son los indicadores que permiten hacer una medición y seguimiento de cómo el proceso se orienta hacia el cumplimiento de su misión u objeto.

proceso	Estos indicadores van a permitir conocer la evolución y las tendencias del proceso, así como planificar los valores deseados para los mismos.
VARIABLES DE CONTROL	Se refieren a aquellos parámetros sobre los que se tiene capacidad de actuación dentro del ámbito del proceso (es decir, que el propietario o los actores del proceso pueden modificar) y que pueden alterar el funcionamiento o comportamiento del proceso, y por tanto de los indicadores establecidos.
Inspecciones	Se refieren a las inspecciones sistemáticas que se hacen en el ámbito del proceso con fines de control del mismo. Pueden ser inspecciones finales o inspecciones en el propio proceso.
Documentos y/o registros	Se pueden referenciar en la ficha de proceso aquellos documentos o registros vinculados al proceso. En concreto, los registros permiten evidenciar la conformidad del proceso y de los productos con los requisitos.
Recursos	Son los recursos humanos, la infraestructura y el ambiente de trabajo necesario para ejecutar el proceso.

Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es un gráfico especial de barras cuyo campo de análisis o aplicación son los datos categóricos, y tiene como objetivo ayudar a localizar el o los problemas vitales, así como sus causas más importantes. Es la búsqueda de lo más significativo. Es un tipo de gráfico en el que las barras se representan una junto a la otra en orden decreciente de izquierda a derecha.

La viabilidad y utilidad general del diagrama está respaldada por el llamado *principio de Pareto*, conocido como ‘‘Ley 80-20’’ o ‘‘Pocos vitales, muchos triviales’’, el cual reconoce que unos pocos elementos (20%) generan la mayor parte del efecto (80%), es decir el 80% del problema es resultado directo del 20% de las causas. En general el diagrama de Pareto clasifica defectos, quejas, horas o cualquier otra variable en función de categorías o factores de interés.

Gráficos de control (Estabilidad)

En el Capítulo I en el Acápito 1.4.1 se abordan los gráficos de control, tipos y utilidad práctica de estos.

Análisis de capacidad del proceso (Índices de capacidad y métricas Seis Sigma)

La capacidad de un proceso se define como la manera en que las variables de salida de un proceso cumplen con sus especificaciones (Gutiérrez & De la Vara, 2013). Para este análisis es necesario tener en cuenta el tipo de característica de calidad a estudiar de acuerdo al tipo de especificación. En dependencia del tipo de característica de calidad se calculan diferentes

índices de capacidad y métricas Seis Sigma, que permiten evaluar el proceso en cuanto a capacidad.

La capacidad de un proceso queda determinada por:

- ✓ Los límites de especificación.
- ✓ La variabilidad del proceso y su comportamiento en el tiempo.
- ✓ El centrado del proceso.

La interpretación de estos índices se fundamenta en tres supuestos:

- ✓ Que la característica de calidad siga distribución normal.
- ✓ Que el proceso sea estable o esté en control estadístico.
- ✓ Que la desviación estándar del proceso sea conocida.

Método Delphi

La metodología Delphi consiste en la utilización sistemática del juicio intuitivo de un grupo de expertos para obtener un consenso de opinión. Los pasos que se siguen para ello son (Cortés e Iglesias, 2005):

- 1- Concepción inicial del problema: Esclarecer qué objetivo se persigue en el intercambio con los expertos.
- 2- Selección de los expertos: En cuanto a la selección de los expertos debe calcularse el tamaño de muestra y demostrar, a partir del cálculo del coeficiente de competencia, que poseen conocimientos y argumentación suficiente en el tema que se analiza, tal y como se comentó en la Etapa I del procedimiento.
- 3- Preparación de los cuestionarios o encuestas: Se preparan las encuestas para hacerlas llegar a los expertos y someterlas a su criterio.
- 4- Procesamiento y análisis de la información: En este paso se define si existe concordancia entre los expertos o no mediante una prueba de hipótesis donde:

H_0 : El juicio de los expertos no es consistente. (No comunidad de preferencia)

H_1 : El juicio de los expertos es consistente. (Comunidad de preferencia)

Para esta prueba se debe calcular el coeficiente de Kendall (W) que no es más que un coeficiente de regresión lineal que da el grado de correlación entre los expertos o la llamada concordancia. Este es un índice, entre 0 y 1, que indica que no existe concordancia entre los expertos, o que los expertos concuerdan totalmente con los criterios planteados y el orden de los mismos, respectivamente.

Las hipótesis planteadas pueden probarse si $k \geq 7$ (Cantidad de criterios para la evaluación de los expertos) utilizando el estadígrafo Chi- Cuadrado que se calcula:

$$X_{calculada}^2 = n(k - 1)W X_{tabulada}^2 = X^2(\alpha, k - 1) \quad (2.2)$$

Región crítica: X^2 calculado $>$ X^2 tabulado.

Chi – Cuadrado tabulado se localiza en la tabla estadística que se corresponde con tal distribución para $k - 1$ grados de libertad y un nivel de significación prefijada. Si se procesa la información en el paquete de programas SPSS se considera como región crítica: $P\text{-Value} < \alpha$. De no existir concordancia entre los expertos se sigue a otra ronda de análisis hasta lograrla realizando los cambios pertinentes en función de lo que evalúan.

En caso de que el número de características sea menor que siete ($k < 7$) se tiene:

$$\text{Región crítica: } S_{calculada} = \sum \left(R_i - \frac{\sum R_i}{k} \right)^2 > S_{tabulada} \quad (2.3)$$

Donde:

$S_{tabulada}$: Se encuentra en la Tabla de Friedman (Friedman, 1940)

R_i : Sumatoria de las evaluaciones dadas por los expertos para cada una de los criterios

Diagrama de Ishikawa (o de causa-efecto)

El diagrama de causa-efecto es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan. La importancia de este diagrama radica en que obliga a contemplar todas las causas que pueden afectar el problema bajo análisis y de esta forma se evita el error de buscar directamente las soluciones sin cuestionar a fondo cuáles son las verdaderas causas.

El diagrama de causa-efecto se debe utilizar cuando pueda contestarse “sí” a una o las dos preguntas siguientes:

- ✓ ¿Es necesario identificar las causas principales de un problema?
- ✓ ¿Existen ideas y/u opiniones sobre las causas de un problema?

Existen tres tipos básicos de diagramas de Ishikawa, los cuales dependen de cómo se buscan y se organizan las causas en la gráfica. Estos son (Gutiérrez y De la Vara, 2013):

- ✓ Método de las 6M's: Consiste en agrupar las causas potenciales en seis ramas principales: métodos de trabajo, mano de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente. Estos seis elementos definen de manera global todo proceso y cada uno aporta parte de la variabilidad del producto final.

- ✓ Método de flujo del proceso: Consiste en construir la línea principal del diagrama de Ishikawa siguiendo el flujo del proceso y en ese orden se agregan las causas.
- ✓ Método de estratificación o enumeración de causas: Implica construir el diagrama de Ishikawa yendo directamente a las causas potenciales del problema sin agrupar de acuerdo con las 6M's.

Estadística descriptiva

La estadística descriptiva se refiere a procedimientos para resumir y presentar datos cuantitativos de manera que revele las características de la distribución de los datos. Entre los análisis de la estadística descriptiva que tienden a ser reiteradamente realizados en la literatura revisada se encuentran la determinación de: moda, mediana, media, rangos, la desviación estándar y la varianza, además de las frecuencias. Los resultados que se obtienen permiten caracterizar a las muestras o poblaciones a partir de datos que guardan relación con el objetivo del estudio que se realice. Dichos resultados se pueden obtener haciendo uso de paquetes de programas como el SPSS, el Statgraphics y/o Microsoft Excel.

5Ws y 1H

Se emplea como guía para elaborar los planes de mejoramiento de la calidad (Pons y Villa, 2006) a partir de la respuesta a seis interrogantes. En la Tabla 2.7 se presentan dichas interrogantes.

Tabla 2.7: Resumen de la técnica 5W y 1H. Fuente: Covas (2009)

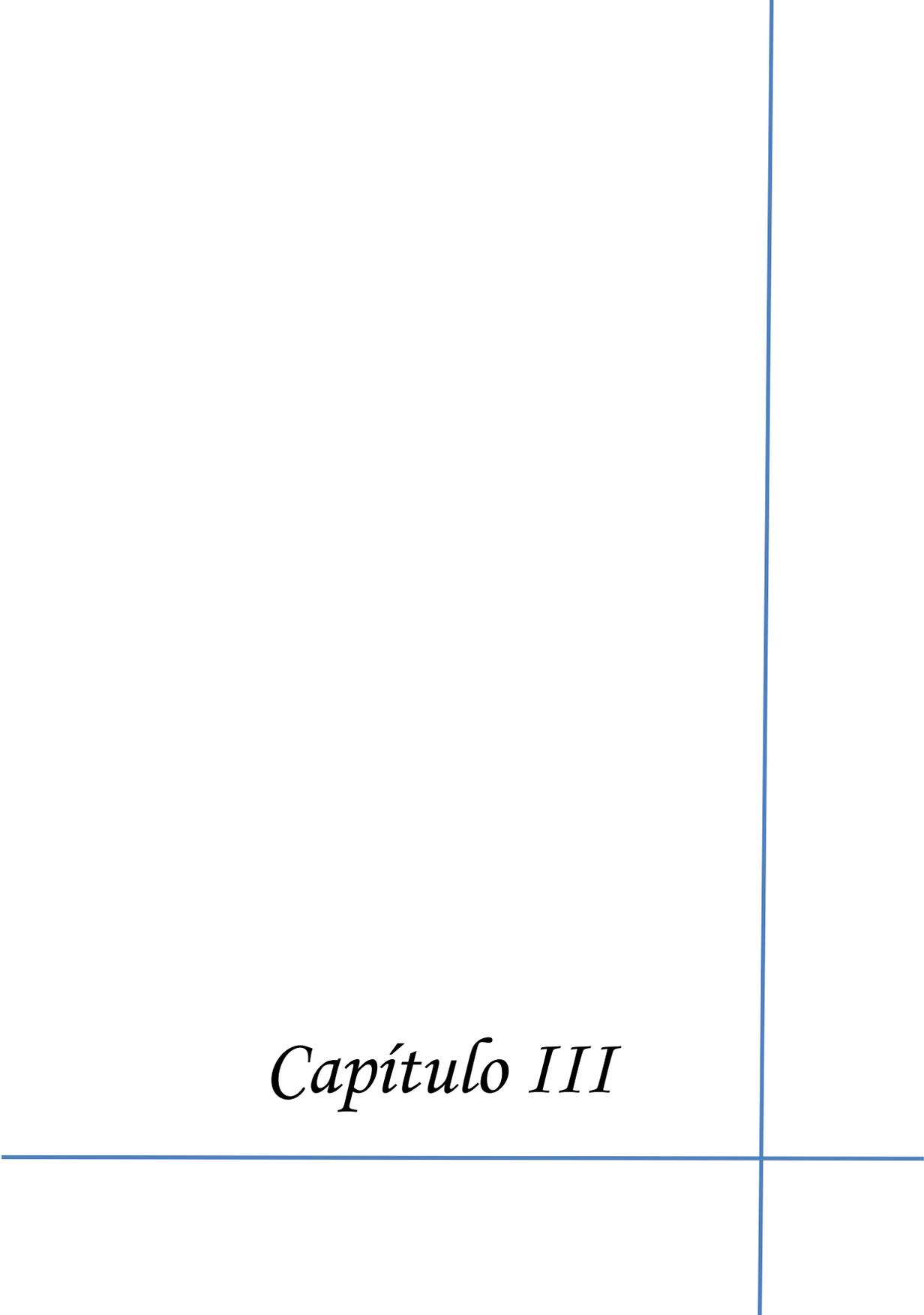
Criterio		Pregunta	Acción
Asunto	¿Qué?	¿Qué se hace?	
Propósito	¿Por qué?	¿Por qué esta actividad es necesaria?	Eliminar tareas innecesarias
Lugar	¿Dónde?	¿Dónde se hace?	
Persona	¿Quién?	¿Quién la realiza?	Cambiar la secuencia o combinación
Secuencia	¿Cuándo?	¿Cuándo es el mejor momento de hacerlo?	
Método	¿Cómo?	¿Cómo se hace?	
		¿Es este el mejor método?	Simplificar la tarea
		¿Hay otro método de hacerlo?	

2.5. Conclusiones del Capítulo II

Al término del presente Capítulo se arriban a las siguientes conclusiones:

1. La Embotelladora de Agua Mineral Ciego Montero identificó un total de 10 quejas de clientes durante el año 2021, representando los sólidos en suspensión el 50% del total. Además fueron devueltas 520 unidades por parte de las agencias distribuidoras durante el segundo semestre del año 2021 y el primero del 2022, donde el 80,76% fueron desechadas con el consiguiente impacto al medioambiente. La principal causa de devolución corresponde a la presencia de partículas (54,04% del total).
2. En el banco de problemas de la Embotelladora se determinan como problemas que afectan la calidad del producto los cuerpos extraños en las botellas sopladas e inadecuada generación de ozono.
3. El procedimiento para el mejoramiento continuo de procesos seleccionado está fundamentado en la filosofía Seis Sigma y en el criterio de autores como Gutiérrez y De la Vara, (2013); ISO 13053: 2011, Gibbons, Kennedy, Burgess y Godfrey (2012) y García (2014). Está compuesto por cinco etapas y catorce pasos donde su correcta aplicación exige la utilización de herramientas estadísticas y de gestión de la calidad.

Capítulo III



Capítulo III: Implementación de la Metodología Seis Sigma para la mejora de la calidad del Proceso de Producción de Agua Mineral Natural.

3.1. Introducción

En el presente Capítulo se implementa la Metodología Seis Sigma en el proceso de producción de agua mineral natural perteneciente a la Embotelladora de Agua Mineral Ciego Montero. El Capítulo se estructura considerando cada una de las etapas del procedimiento.

3.2. Implementación de la Metodología Seis Sigma en el proceso objeto de estudio.

La aplicación del procedimiento se realiza siguiendo el orden de los pasos que se describen en el capítulo anterior y tomando como objeto de estudio el proceso de producción de agua mineral natural.

En el comienzo de la investigación se crea un equipo de trabajo compuesto por el director, la especialista de calidad y trabajadores de experiencia. El 100% de los miembros del equipo de trabajo son graduados de nivel superior. Los integrantes del mismo, cargo y años de experiencia se mencionan en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1: *Composición del equipo de trabajo. Fuente: Elaboración propia.*

Nombre y Apellidos	Cargo	Años de experiencia
Osmany Enríquez Quintana	Director	5
Ángel Friero Guzmán	Jefe de producción	10
Mislady Porres Hernández	Especialista de Calidad	12
Raquel Valdespino Piloto	Jefe de Turno C	8
Evelgys Martínez Hernández	Jefe de Turno B	10
Richard Hernández Medina	Jefe de Turno D	9
Javier Jassa Cabrera	Jefe de Nave	11
Norbey Martínez Hernández	Trabajador	12

3.2.1. Etapa I: Definir

Para la aplicación de esta etapa de la Metodología Seis Sigma, se tiene en cuenta la caracterización de la Embotelladora y los métodos y herramientas propuestos en el Capítulo II. La entidad tiene como premisa la elevación de la calidad de sus producciones mediante el desarrollo de programas de mejoramiento continuo que contribuyan a la satisfacción de las necesidades y expectativas de los clientes. Es válido destacar que la organización pretende mantenerse como institución líder en el mercado nacional según se declara en la visión para lo cual la calidad constituye un aspecto indispensable a desarrollar de manera sistemática.

Paso 1: Describir de manera general el problema

La Embotelladora de Agua Mineral Ciego Montero se dedica a la producción y comercialización de aguas minerales naturales con destino al mercado interno y la exportación en MLC. Es la encargada de abastecer más del 92% del mercado de agua mineral natural en el país; así como exportar a algunas naciones del área del Caribe y Centroamérica, lo que la convierte en una organización líder a nivel nacional.

La planta explota tres fuentes naturales, que garantiza el agua para llenar 12 000, 8 000 y 1 700 botellas por hora en los formatos de 0.5, 1.5 y 5 litros respectivamente. Para ello cuenta con dos líneas de producción, la primera destinada a la producción en pomos de 0.5 y 1.5 litros y la segunda para la producción en pomos de 5 litros.

La organización actualmente tiene entre sus prioridades, fomentar el uso de herramientas y técnicas estadísticas que permitan el control de la calidad de sus producciones con un enfoque de mejora continua.

Durante el año 2021 se reportan en la Embotelladora de Agua Mineral Ciego Montero un total de 10 quejas de consumidores según se muestra en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2: Quejas de clientes en el año 2021. Fuente: Elaboración propia.

Quejas		
Tipo de queja	Cantidad	Descripción
Sólidos en suspensión	5	Los consumidores refieren haber encontrado cuerpos extraños en suspensión así como un asiento en el agua que flota y se hunde.
Daño físico del producto	3	Los clientes plantean el recibo de botellas rotas lo que provoca el derrame del producto.
Olor-Sabor	2	Los consumidores refieren haber encontrado olor y sabor diferente en el agua embotellada (Sabor a agua de pila).
Total	10	

En la Figura 3.1 se muestra la distribución de las quejas por trimestre, donde la mayor cantidad se concentran en el período de octubre a diciembre.

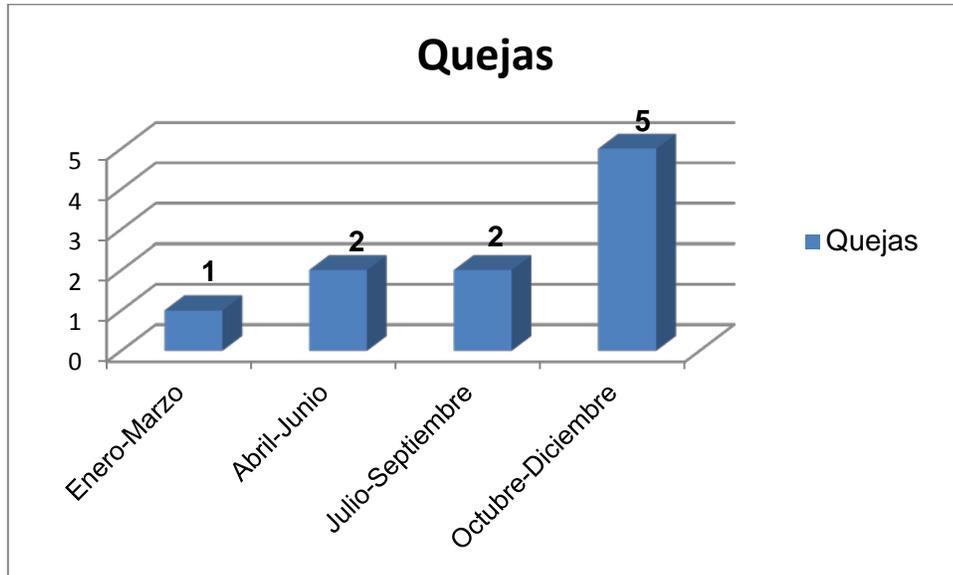


Figura 3.1: Quejas de consumidores por trimestre en el año 2021.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3.2 se representa un Diagrama de Pareto según el tipo de quejas, representando los sólidos en suspensión 50% del total.

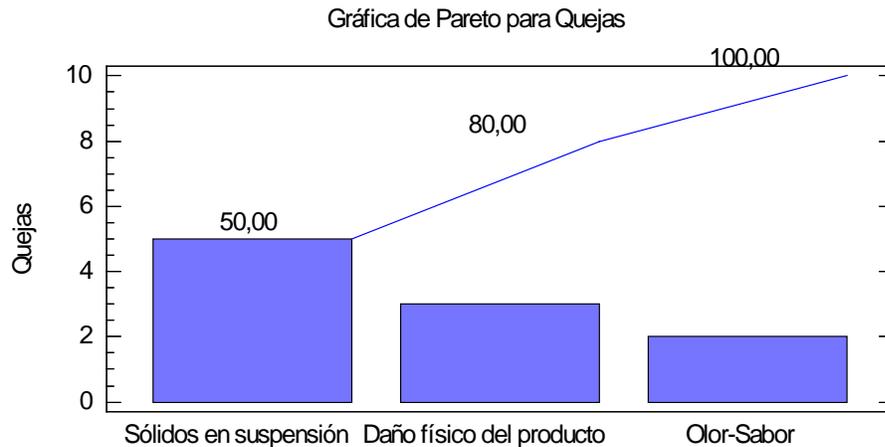


Figura 3.2: Diagrama de Pareto para tipos de quejas en el año 2021.

Fuente: Elaboración propia.

Además durante el segundo semestre del año 2021 y el primero del 2022 se devolvieron un total de 520 unidades por parte de las agencias distribuidoras. La Tabla 3.3 muestra la descripción de las devoluciones. Las unidades escachadas devueltas se destinan para consumo del comedor, mientras que el resto (80,76%) se envían al área de productos reciclables para su destrucción con la consiguiente generación de desechos sólidos (botellas PET).

Tabla 3.3: Devoluciones de clientes en el período de Julio de 2021 a Junio de 2022.

Fuente: *Elaboración propia*

Devoluciones		
Causa de la devolución	Cantidad de unidades	Destino
Presencia de partículas en la botella	281	Se envían al área de productos reciclables para su destrucción
Botellas escachadas	100	Para consumo del comedor
Presencia de hongos	55	Se envían al área de productos reciclables para su destrucción
Botellas con cuello deformado	84	Se envían al área de productos reciclables para su destrucción
Total	520	

En la Figura 3.3 se representa un Diagrama de Pareto según la causa de la devolución, representando la presencia de partículas el 54,04 % del total.

Gráfica de Pareto para Devoluciones

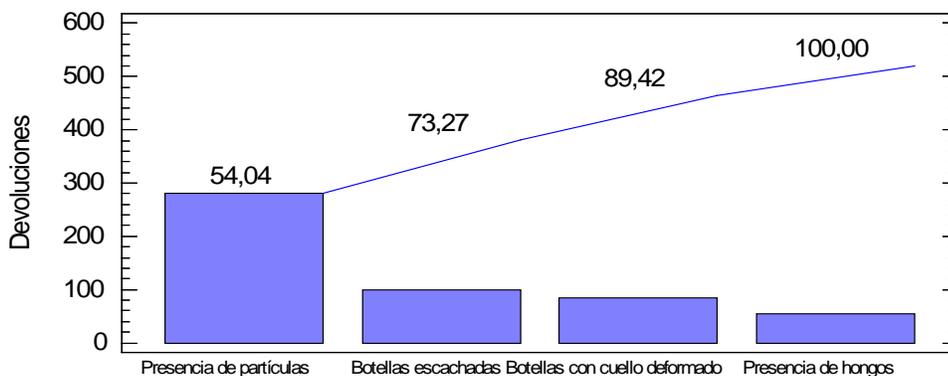


Figura 3.3: Diagrama de Pareto para devoluciones en el período de Julio de 2021 a Junio de 2022. Fuente: *Elaboración propia*

Unido a lo anterior se tiene que en el banco de problemas de la Embotelladora se identifica como problemas que afectan la calidad del producto los siguientes:

- ✓ Cuerpos y partículas extrañas en las botellas sopladas.
- ✓ Inadecuada generación de ozono.

Por todo lo antes expuesto se hace evidente la necesidad de aplicar herramientas de control estadístico para conocer el estado actual del proceso de producción de agua mineral natural en

cuanto a estabilidad y capacidad para cumplir con especificaciones en aquellas características de calidad que se relacionan con los principales problemas planteados.

Paso 2: Mapear el proceso

La cadena de producción de agua mineral natural envasada Ciego Montero se puede simplificar de la siguiente manera: extracción y tratamiento del agua mineral, producción de los envases, embotellamiento y venta. Los distribuidores (mayoristas) compran grandes volúmenes del producto para vender en diferentes regiones. De esta manera la comercialización pasa por la figura del distribuidor siendo el principal canal de distribución los supermercados. La Figura 3.4 muestra un resumen de lo antes expuesto.

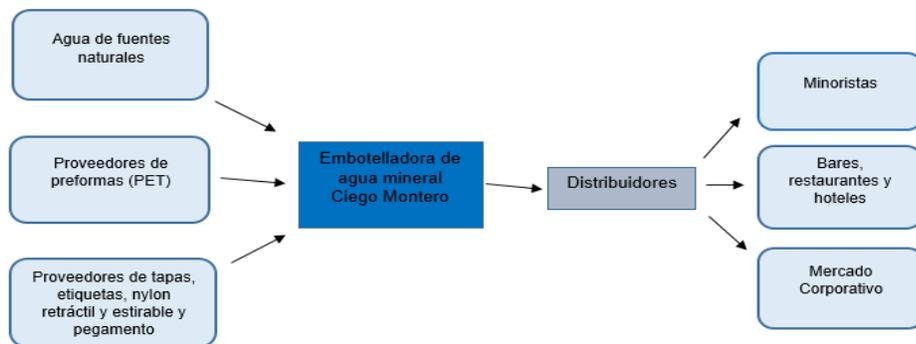


Figura 3.4: Cadena de producción de agua mineral natural envasada Ciego Montero.

Fuente: Elaboración propia.

El proceso de producción de agua mineral natural comienza cuando el agua es extraída de los pozos, que luego es bombeada hasta la planta mediante una conductora de HDPE y depositada en un tanque de 140 litros (Break Tank). El agua pasa por un filtro de 3 micras y es llevada a un tanque de 40 m³. Seguidamente para garantizar la calidad e inocuidad de este recurso es pasada por una serie de filtros:

- ✓ Filtro No. 1: Filtro de carbón para eliminar impurezas.
- ✓ Filtro No. 2: Filtro de 0,5 micras que elimina posibles partículas de carbón.
- ✓ Filtro No. 3: Micro filtro de 0,45/0,2 micras encargado de recolectar microfibras que no se hayan detectado en el agua.
- ✓ Filtro No. 4: Reactor ultravioleta para destruir diferentes bacterias que no se hayan eliminado.

Posteriormente el agua es transportada a un tanque de ozonización para terminar el tratamiento de limpieza de impurezas. Se efectúa un control en el laboratorio de la entidad para verificar que el agua cumpla con las especificaciones de calidad.

Simultáneamente a esto las preformas son transportadas desde el almacén mediante el montacargas y vaciadas en la tolva, luego son llevadas con la ayuda de esteras al horno y seguidamente a la tobera donde ingresa el aire a alta presión que da paso al secado y filtrado. Posteriormente actúa el proceso de estirado-soplado que permite dar la forma adecuada a las botellas.

A continuación las botellas son transportadas mediante transportadores neumáticos a la insufladora que permite ubicarlas en la posición adecuada. A partir de aquí son llevadas al manifold para comenzar el proceso de llenado y finalmente el sellado por medio de la estrella. Las botellas pasan por un control de nivel donde se eliminan las que no cumplen con los parámetros requeridos. Automáticamente ingresan las etiquetas y el pegamento para el proceso de etiquetado.

Luego se procede a la actividad de codificado, marcando las botellas con un láser donde se especifica la fecha de vencimiento, hora de producción, lote, fábrica, turno, número del dígito del año de producción y número alterno con el día del año.

En el momento en que las botellas están listas para ser empaquetadas se toma una muestra y nuevamente se realiza un control de calidad en el laboratorio. Le sigue el retráctilado que se realiza con ayuda de nylon retráctil. Para las botellas de 0,5 litros se agrupan en paquetes de 12 y las de 1,5 litros en paquetes de 6. Los paquetes son transportados hacia el palletizador automático, que los ubica en pallets utilizando separadores.

En el caso de los paquetes de 0,5 litros se unitarizan en 7 camadas de 25 paquetes cada una. Para los paquetes de 1,5 litros se unitarizan en 4 camadas de 28 paquetes cada una. Los pallets son llevados a la envolvente donde son cubiertos con nylon extensible y cubre pallets. Por último los pallets son transportados al almacén de productos terminados por un montacargas.

Para llevar a cabo la descripción de este proceso clave resulta imprescindible desarrollar dos actividades fundamentales. La primera de ellas es la descripción de las actividades del proceso y la segunda es la descripción de las características del proceso. Para desarrollar estas dos actividades es necesario aplicar herramientas como diagrama de flujo, diagrama SIPOC y ficha de proceso.

La descripción de las actividades del proceso se efectúa a través de un diagrama de flujo, donde se representan de manera gráfica la secuencia de actividades y sus interrelaciones (Ver Figura 3.5).

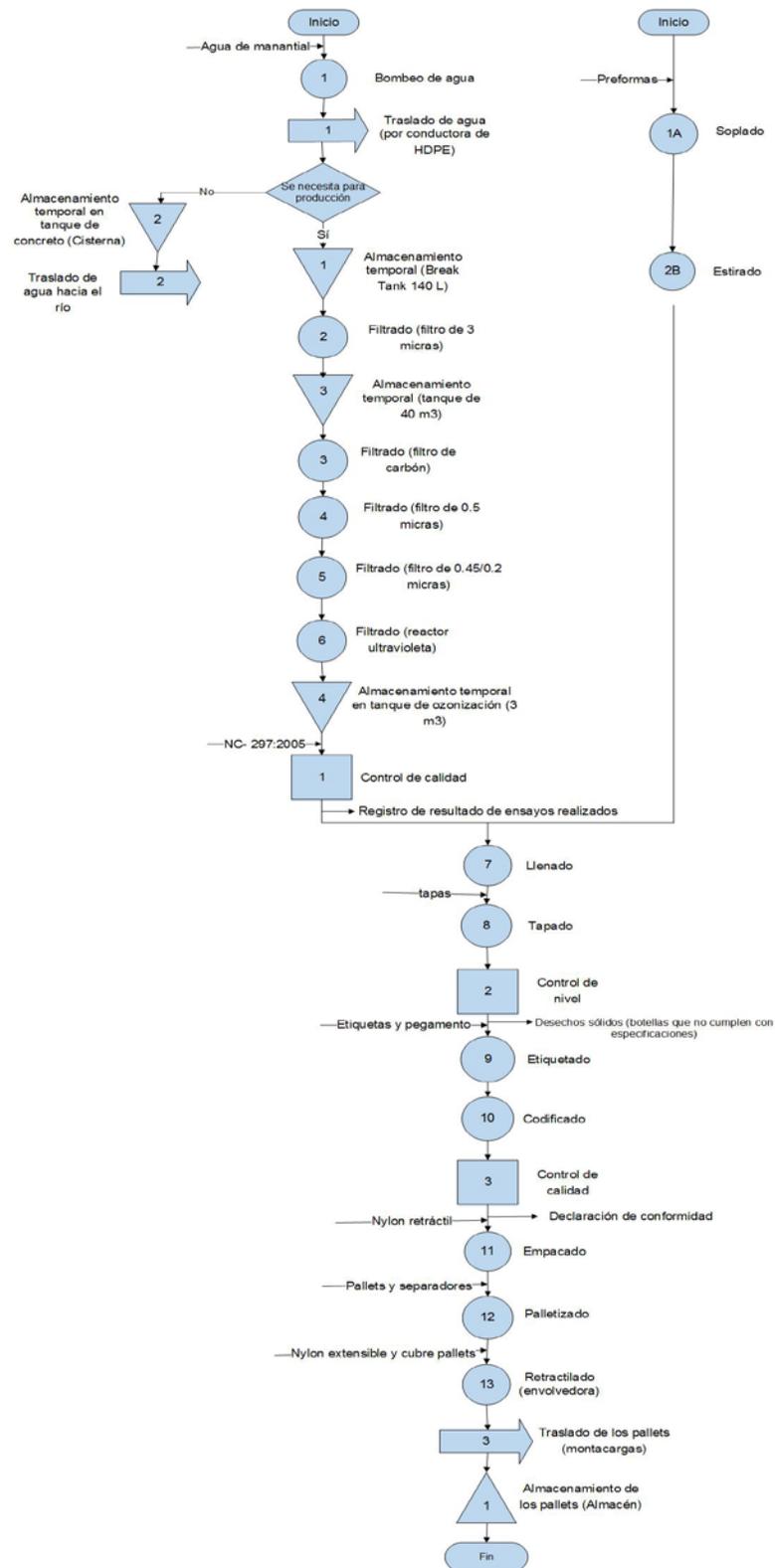


Figura 3.5: Diagrama de flujo del proceso de producción de agua mineral natural.

Fuente: Elaboración propia.

El diagrama SIPOC se muestra en la Figura 3.6. En el mismo se identifican proveedores, entradas, las actividades fundamentales del proceso, las salidas y los clientes finales así como los requerimientos.

Las características más relevantes se reflejan en una ficha de proceso. La misma se muestra en el Anexo 5. Es importante definir de manera adecuada la misión u objeto del proceso como característica fundamental pues refleja la razón de ser del mismo y marca la tipología de resultados a alcanzar en su contexto.

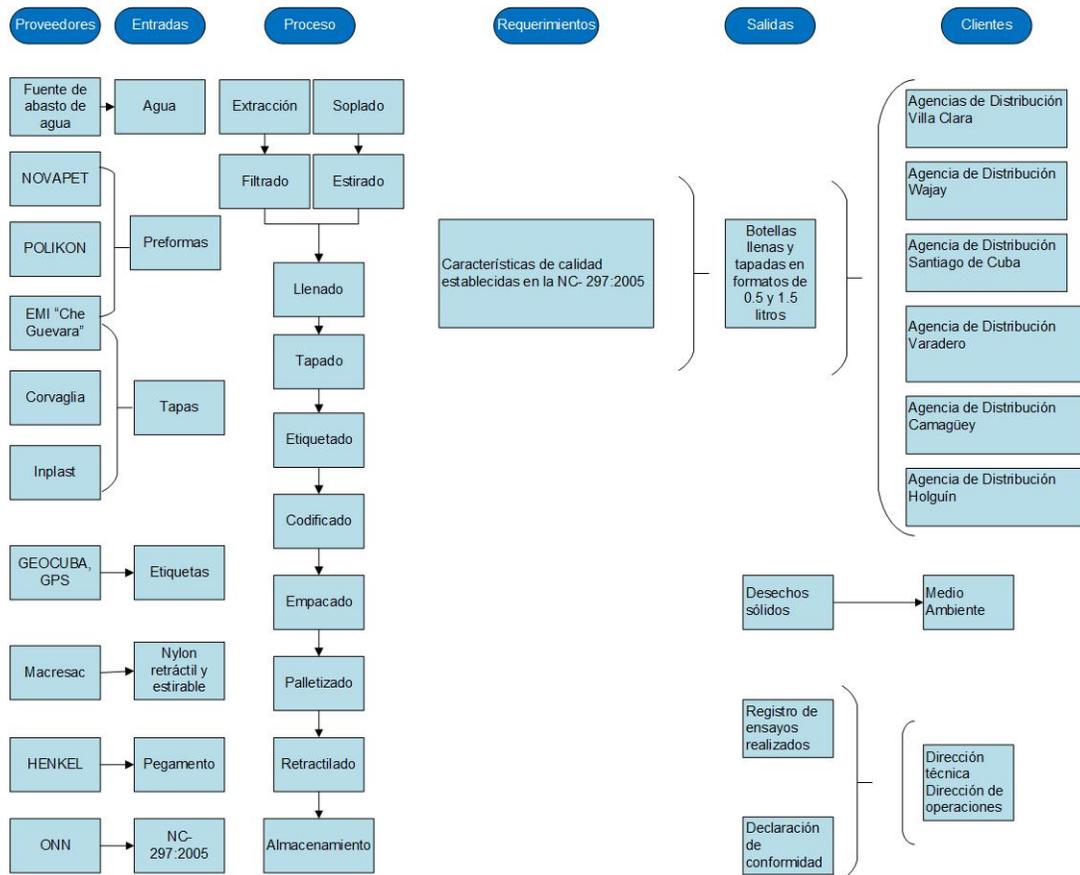


Figura 3.6: Diagrama SIPOC del proceso de producción de agua mineral natural.

Fuente: Elaboración propia.

Paso 3: Seleccionar las variables críticas para la calidad (VCC)

Las características de calidad del producto (agua mineral natural) así como sus especificaciones se encuentran establecidas en la Norma Cubana NC 297: 2005 “Aguas Minerales Naturales Envasadas. Especificaciones”, la cual es aplicable a todas las aguas minerales naturales envasadas que se ofrecen a la venta como alimento. En el Anexo 6 se muestran dichos parámetros.

Es importante destacar que los especialistas consideran que los principales problemas identificados se relacionan con algunas de las características físico-químicas. Para identificar la característica que más se relaciona con el problema "Sólidos en suspensión (presencia de partículas)" se decide realizar un método Delphi. Para ello se calcula el número de expertos necesarios resultando ser 8. Como expertos se seleccionaron los miembros del equipo de trabajo identificados al inicio de la investigación (Ver Tabla 3.1).

$$n = \frac{p(1 - p)k}{i^2} = \frac{0.03(1 - 0.03) * 3.8416}{0.12^2} = 7.76319 \approx 8 \text{ expertos}$$

Donde:

k: Constante que depende del nivel de significación estadística. La determinación de la constante es acorde al nivel de confianza escogido para el trabajo ($\alpha=0.05$).

p: Proporción de error que se comete al hacer estimaciones del problema con n expertos. (0.03)

i: Precisión del experimento. (0.12)

Para el cálculo del coeficiente de competencia se utiliza la metodología de Cortés e Iglesias (2005) (Ver Anexo 7), la cual tiene como objetivo asegurar que los expertos que se consultan puedan aportar criterios significativos. Todos los expertos tienen coeficiente de competencia entre medio y alto según se muestra en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4: Coeficiente de competencia de los expertos. Fuente: Elaboración propia

Expertos	Coeficiente de conocimiento (Kc)	Coeficiente de argumentación (Ka)	Coeficiente de competencia (Kcomp= $\frac{Kc+Ka}{2}$)	Nivel	Selección (x)
1	0,9	0,2+0,4+3*0,05+0,04=0,79	0,845	Alto	x
2	0,8	0,3+0,5+4*0,04=0,96	0,88	Alto	x
3	0,9	0,3+0,5+4*0,04=0,96	0,93	Alto	x
4	0,9	0,3+0,5+4*0,04=0,96	0,93	Alto	x
5	0,9	0,3+0,5+3*0,05+0,04=0,99	0,945	Alto	x
6	0,8	0,2+0,5+3*0,04+0,05=0,87	0,835	Alto	x
7	0,8	0,2+0,4+3*0,05+0,04=0,79	0,75	Medio	x
8	0,8	0,3+0,2+3*0,05+0,04=0,69	0,745	Medio	x

Se utiliza una escala del 1 al 9 donde 9 representa la característica más importante y 1 la menos importante. El planteamiento de la dícima es:

H₀: No hay acuerdo entre los expertos

H₁: Hay acuerdo entre los expertos

Los estadísticos de contraste de la prueba no paramétrica realizada (Ver Tabla 3.5) muestran que la significación asintótica es de 0,000, valor menor que 0,05 (nivel de significación estadística), por lo que se rechaza H_0 , lo que se traduce en que existe comunidad de preferencia entre los expertos con un coeficiente de concordancia W de Kendall de 0,951.

Tabla 3.5: Coeficiente de concordancia de Kendall. Fuente: Elaboración propia

Test Statistics	
N	8
Kendall's W ^a	,951
Chi-Square	60,852
df	8
Asymp. Sig.	,000
a. Kendall's Coefficient of Concordance	

En la Tabla 3.6 se muestra el rango promedio para cada una de las características analizadas, seleccionándose la “Turbidez” como la variable a evaluar, al presentar el mayor rango promedio.

Tabla 3.6: Rango promedio de las características. Fuente: Elaboración propia

Características	Mean Rank
pH	2,25
Conductividad eléctrica	2,75
Temperatura	5,56
Ozono	1,50
Dureza total	3,50
Residuo seco	6,06
Alcalinidad	6,44
Turbidez	9,00
Componentes indispensables	7,94

En el caso del problema relacionado con la “Ozonización”, los expertos determinan por consenso que las características a evaluar son el “Ozono” y el Bromato, siendo este último la principal causa de preocupación en cuanto a la ozonización como método para tratar el agua.

Paso 4: Delimitar y definir el problema

A partir de la información mostrada en pasos anteriores se define como problema a resolver: Verificar el cumplimiento de las especificaciones de calidad para las características Turbidez, Ozono y Bromato, definiéndose como variables críticas para la calidad a desarrollar durante la investigación, dado que son las que más influyen en los principales problemas planteados (sólidos en suspensión y presencia de partículas e inadecuada generación de ozono) según el criterio del equipo de trabajo. Lo anterior permitirá conocer el estado de dichas variables en cuanto a estabilidad y cumplimiento de especificaciones con el objetivo de proponer acciones de mejora a partir de las deficiencias identificadas en el proceso objeto de estudio. La Tabla 3.7 muestra un resumen de ello así como su importancia en la producción de agua mineral natural.

Tabla 3.7: Características de calidad a evaluar. Fuente: Elaboración propia.

Características de calidad	Definición	Unidad de medida	Por qué es importante en la producción de agua mineral natural
Turbidez	Propiedad óptica de una suspensión, que hace que la luz se disperse y no se transmita a través de la suspensión. Es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión.	Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU)	Parámetro relevante en el control de la calidad del agua. Los sólidos dispersos y las partículas en suspensión en el agua turbia pueden actuar como portadores de contaminación microbiológica y también propician la adhesión de metales pesados, compuestos orgánicos tóxicos y pesticidas. A mayor turbiedad, mayor partículas en suspensión en el agua, lo que aumenta la posibilidad de refugio de bacterias, virus y protozoos patógenos en los microhuecos de las partículas en suspensión. El agua turbia puede contener también materia orgánica en suspensión.
Ozono	El ozono (O ₃) es un gas inestable, que está formado por tres átomos de oxígeno.	mg/L	Potente desinfectante que se utiliza previo a la etapa de embotellado del agua. El ozono constituye un componente clave en la industria del agua embotellada, siendo su uso seguro, ya que no deja residuos ni sabores/olores no deseados en el agua. Durante la etapa de desinfección con ozono se crea un ambiente protector contra bacterias, virus y parásitos. El bromato es la principal causa de preocupación en cuanto a la ozonización como método para tratar el agua.
Bromato	El bromato (BrO ₃) es un producto de la	µg/L	Cuando se encuentra fuera del valor establecido es un posible cancerígeno

desinfección del agua, que se forma durante la ozonización, cuando el ozono empleado para desinfectar el agua de bebida reacciona con los iones de bromo presentes de forma natural.

para el ser humano, puede causar daños en los riñones, el hígado y en el sistema nervioso central.

3.2.2. Etapa II: Medir

En esta etapa se realiza la medición de las variables críticas de calidad definidas, con el objetivo de evaluar las mismas.

Pasos 5 y 6: Verificar que puedan medirse en forma consistente las VCC y evaluar la estabilidad y capacidad del proceso para las VCC

La recogida de datos se realiza siguiendo lo indicado en el Procedimiento POE 15 "Muestreo". Para analizar el comportamiento estadístico del proceso de producción de agua mineral natural se toma una observación diaria de Turbidez y Bromato y 12 observaciones diarias de Ozono durante 25 días del mes de julio de 2022. Los datos se obtienen del registro de control del proceso y se muestran en el Anexo 8. Para el procesamiento se utiliza el software Statgraphics Centurion.

✓ Evaluación de la estabilidad del proceso

Para evaluar la estabilidad se utilizaron los gráficos de control para características de calidad de tipo continuo. Este tipo de análisis permite identificar si el proceso está trabajando con causas comunes o especiales de variación.

En el caso particular de la Turbidez y el Bromato se seleccionó la carta de individuales para evaluar la estabilidad en cuanto a tendencia central y la carta de rangos móviles para evaluar la estabilidad de la dispersión del proceso. Se seleccionaron estas cartas, pues se emplean en procesos lentos, en los cuales para obtener una muestra de la producción se requieren periodos relativamente largos, de aquí que lo más razonable sea hacer el control basándose directamente en las mediciones individuales. No obstante estudios recientes han demostrado que la carta de individuales es suficientemente robusta para detectar cambios tanto en la media como en la dispersión del proceso, ya que cuando una medición individual se dispara esto afecta directamente los dos rangos móviles en los que participa.

Para la característica de calidad Ozono se selecciona la carta de medias para evaluar la estabilidad en cuanto a tendencia central y la carta de rangos para evaluar la estabilidad de la amplitud de la variación. Se considera como tamaño del subgrupo la mitad de las observaciones que se realizan diariamente, siendo 6.

- Característica de calidad: Turbidez

Las Figuras 3.7 y 3.8 muestran las cartas de individuales y de rangos móviles para la Turbidez respectivamente, correspondientes al mes de julio de 2022.

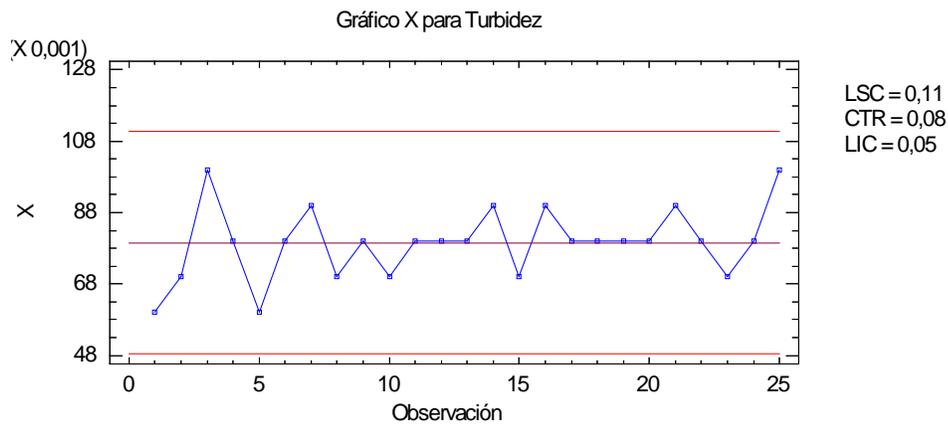


Figura 3.7: Gráfico de control de individuales para la característica de calidad Turbidez en el mes de julio de 2022. Fuente: Elaboración propia.

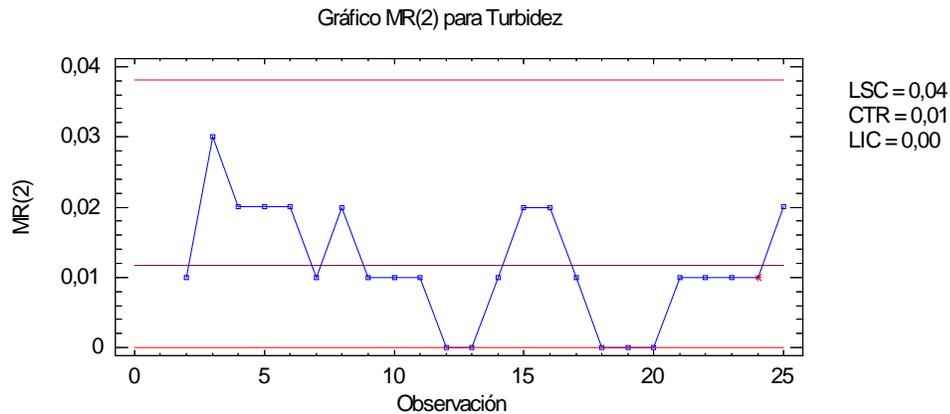


Figura 3.8: Gráfico de control de rangos móviles para la característica de calidad Turbidez en el mes de julio de 2022. Fuente: Elaboración propia.

Para esta característica de calidad se tiene que el proceso se encuentra trabajando con causas comunes de variación en cuanto a tendencia central puesto que sus puntos caen dentro de los límites de control y fluctúan o varían de manera aleatoria a lo ancho de la carta.

En el caso del gráfico de rangos móviles se observan puntos cercanos al límite de control inferior por lo que se decide realizar pruebas de corridas para identificar cualquier patrón inusual en los datos. La Tabla 3.8 muestra el subgrupo en el que se detectó el patrón inusual, así como la regla particular que se ha violado. Se identificó una secuencia inusual en el gráfico de rangos móviles.

Tabla 3.8: Pruebas de corridas para la característica de calidad Turbidez.

Fuente: Elaboración propia

Pruebas de Corridas		
Violaciones		
Subgrupo	Individuos	Gráfico MR(2)
24		A
Reglas		
(A) Secuencias arriba o abajo de la línea central con longitud 8 o mayor.		
(B) Secuencias arriba o abajo de longitud 8 o mayor.		
(C) Conjuntos de 5 subgrupos con al menos 4 más allá de 1,0 sigma.		
(D) Conjuntos de 3 subgrupos con al menos 2 más allá de 2,0 sigma.		

Para proporcionar una medición de qué tan inestable es el proceso se calcula el índice de inestabilidad. Ello permitirá diferenciar los procesos que de manera esporádica tengan puntos o señales especiales de variación, de los que con frecuencia funcionan en presencia de causas especiales de variación. La Tabla 3.9 muestra el índice de inestabilidad calculado, teniendo un valor de 4% para la carta de rangos móviles. Según el criterio de Gutiérrez y De la Vara (2013), puede considerarse que se está en presencia de un proceso regularmente estable. De manera general el proceso está en control estadístico, por lo que su comportamiento es predecible en el futuro inmediato.

Tabla 3.9: Índice de inestabilidad para la característica de calidad Turbidez.

Fuente: Elaboración propia

VCC	Cantidad de puntos especiales		Índice de Inestabilidad	
	Gráfico de individuales	Gráficos de rangos móviles	Tendencia central	Dispersión
Turbidez	0	1	0%	4%

- Característica de calidad: Ozono

Las Figuras 3.9 y 3.10 muestran las cartas de medias y de rangos para el Ozono respectivamente, correspondientes al mes de julio de 2022.

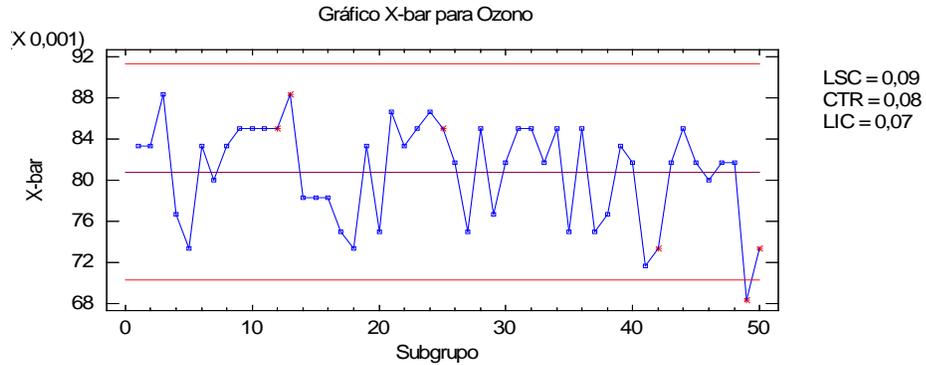


Figura 3.9: Gráfico de control de medias para la característica de calidad Ozono en el mes de julio de 2022. Fuente: Elaboración propia.

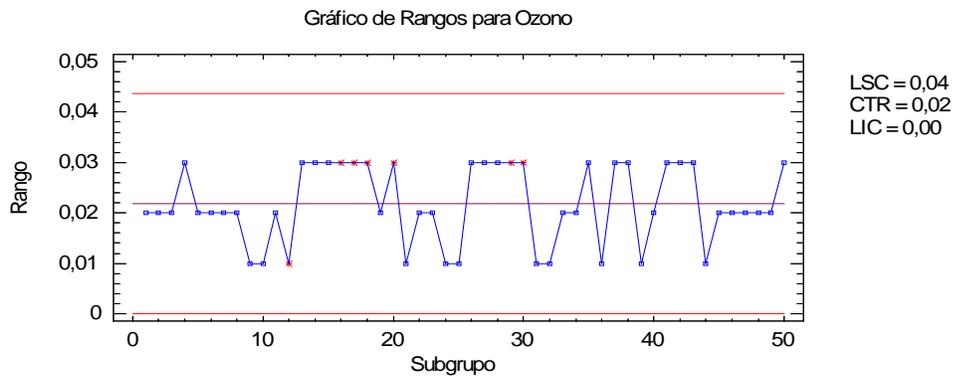


Figura 3.10: Gráfico de control de rangos para la característica de calidad Ozono en el mes de julio de 2022. Fuente: Elaboración propia.

Para esta característica de calidad se tiene que el proceso se encuentra trabajando con causas especiales de variación pues se observan puntos fuera de los límites de control y patrones inusuales en los datos. La Tabla 3.10 muestra los subgrupos en los que se detectó el patrón inusual, así como la regla particular que se ha violado para ambos gráficos. Se identificaron 5 secuencias inusuales en el gráfico medias y 12 en el gráfico de rangos.

Tabla 3.10: Pruebas de corridas para la característica de calidad Ozono.

Fuente: Elaboración propia

Pruebas de Corridas		
Violaciones		
Subgrupo	Individuos	Gráfico MR(2)
12	C	A
13	C	
16		C
17		C
18		C
20		C
22		G

24		G
25	C	
26		G
29		C
30		C
31		G
33		G
42	D	
50	D	

Reglas

(A) secuencias arriba o abajo de la línea central con longitud 8 o mayor.
 (B) secuencias arriba o abajo de longitud 8 o mayor.
 (C) conjuntos de 5 subgrupos con al menos 4 más allá de 1,0 sigma.
 (D) conjuntos de 3 subgrupos con al menos 2 más allá de 2,0 sigma.
 (E) conjuntos de 15 subgrupos en o dentro de 1,0 sigma.
 (F) conjuntos de 8 subgrupos más allá de 2,0 sigma.
 (G) conjuntos de 8 observaciones alternando arriba y abajo

La Tabla 3.11 muestra el índice de inestabilidad calculado. En ambas cartas se evidencian valores superiores a 5%, lo que indica un proceso muy inestable en cuanto a tendencia central y variabilidad. De manera general puede decirse que el proceso se encuentra fuera de control estadístico y trabaja en presencia de causas especiales de variación.

Tabla 3.11: Índice de inestabilidad para la característica de calidad Ozono.

Fuente: *Elaboración propia*

VCC	Cantidad de puntos especiales		Índice de Inestabilidad	
	Gráfico de medias	Gráficos de rangos	Tendencia central	Dispersión
Ozono	5	12	10%	24%

Un proceso muy inestable es un proceso con pobre estandarización, donde hay cambios continuos o mucha variación atribuible a materiales, mediciones, diferencias en la condiciones de operación de la maquinaria y desajustes, distintos criterios y falta de capacitación de los operarios, entre otras.

- Característica de calidad: Bromato

Las Figuras 3.11 y 3.12 muestran las cartas de individuales y de rangos móviles para el Bromato respectivamente, correspondientes al mes de julio de 2022.

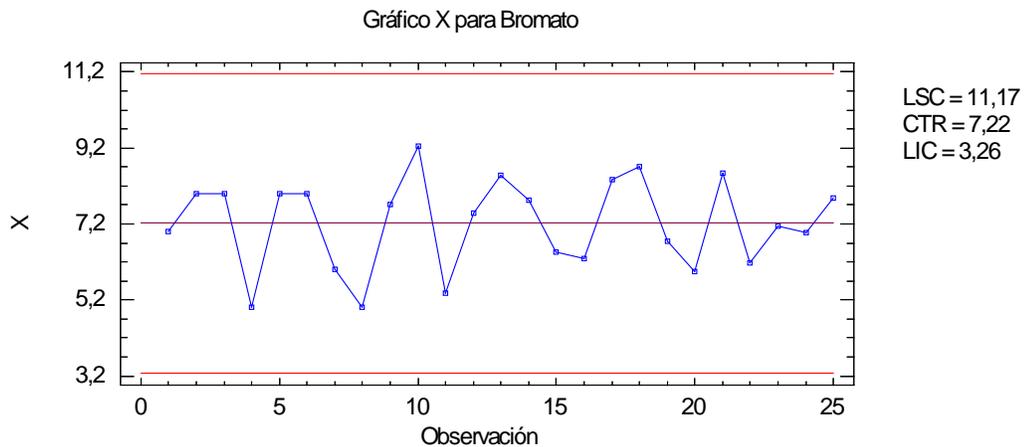


Figura 3.11: Gráfico de control de individuales para la característica de calidad Bromato en el mes de julio de 2022. Fuente: Elaboración propia.

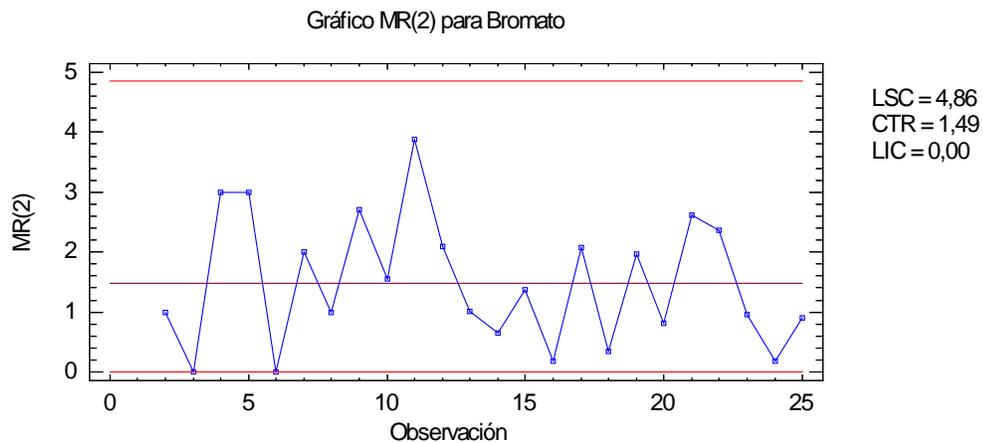


Figura 3.12: Gráfico de control de rangos móviles para la característica de calidad Bromato en el mes de julio de 2022. Fuente: Elaboración propia.

Para esta variable se tiene que el proceso se encuentra trabajando con causas comunes de variación en cuanto a tendencia central y variabilidad puesto que sus puntos caen dentro de los límites de control y fluctúan o varían de manera aleatoria a lo ancho de la carta.

✓ Evaluación de la capacidad del proceso

La evaluación de la capacidad del proceso, es decir, de la habilidad para cumplir con las especificaciones de calidad, se evalúa a partir de los índices de capacidad para variables continuas.

- Característica de calidad: Turbidez

En este caso se tiene una variable del tipo entre más pequeña mejor donde lo que interesa es que sean menores los valores a cierto valor máximo o ES, que en este caso es 0,1 NTU. Lo que se busca es ver si el proceso es capaz de cumplir con dicha especificación.

La Figura 3.13 muestra el gráfico de capacidad para la Turbidez y la Tabla 3.12 los índices de capacidad estimados de corto y largo plazos. La capacidad de corto plazo representa el potencial del proceso, es decir, lo mejor que se puede esperar del mismo. El índice de capacidad real del proceso (Cpk) con un valor de 0,65 muestra que el proceso no es capaz de cumplir con la ES al ser inferior a 1,25. El análisis realizado se corrobora al comparar el límite real superior del proceso con la ES en el gráfico de capacidad. Según estos análisis y de acuerdo a los resultados obtenidos, el 2,42% del agua mineral natural embotellada no cumplen con la ES.

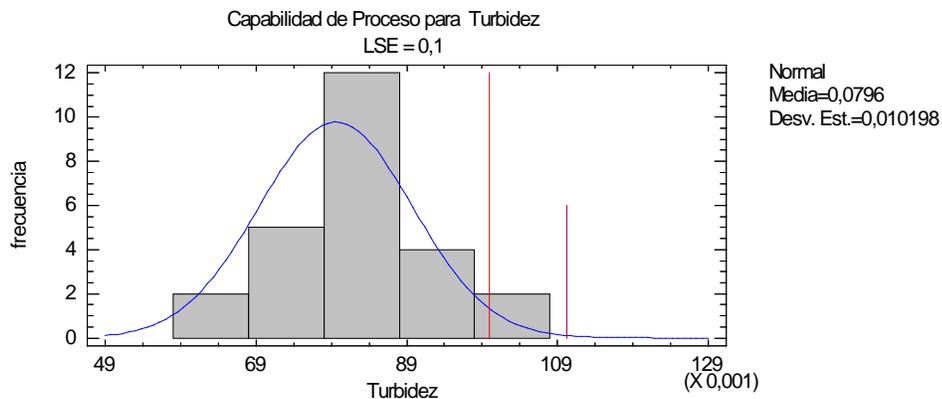


Figura 3.13: Análisis de capacidad para Turbidez en el mes de julio de 2022.

Fuente: Elaboración propia

Por su parte el Ppk está enfocado en el desempeño del proceso a largo plazo y no sólo a su capacidad. En este caso el índice de desempeño real Ppk = 0,66 revela un proceso con pobre desempeño. El nivel sigma de calidad, métrica utilizada para cuantificar el nivel de calidad de los procesos, permite concluir que para la Turbidez en el corto plazo es de 3,47 y en el largo plazo de 3,5, valores que se consideran no adecuados dado que son inferiores a 4.

Tabla 3.12: Índices de capacidad para Turbidez en el mes de julio de 2022.

Fuente: Elaboración propia

Especificaciones LSE = 0,1		
Índices	Capacidad Corto Plazo	Desempeño Largo Plazo
Sigma	0,0103428	0,010198
Cpk/Ppk	0,657463	0,666795
Cpk/Ppk (superior)	0,657463	0,666795
% fuera de especificaciones	2,42825	2,27292
DPM	24282,5	22729,2
Nivel de Calidad Sigma	3,47	3,5
La sigma de corto plazo se estimó a partir del rango móvil promedio. El Nivel de Calidad Sigma incluye un drift de 1,5 sigma en la media.		

- Característica de calidad: Ozono

En este caso se tiene una variable del tipo valor nominal es mejor, donde para considerar que hay calidad las mediciones deben ser iguales a cierto valor nominal o ideal ($N=0,07$), o al menos tienen que estar con holgura dentro de las especificaciones inferior ($EI=0,04$) y superior ($ES=0,10$). Lo que se busca es ver si el proceso es capaz de cumplir con dichas especificaciones.

La Figura 3.14 muestra el gráfico de capacidad para el Ozono y la Tabla 3.13 los índices de capacidad estimados de corto y largo plazos. Se evidencia que el proceso es potencialmente capaz de cumplir con especificaciones si estuviera centrado (Clase 2: Parcialmente adecuado) puesto que el valor de $Cp=1,16$ según lo que establecen Gutiérrez y De la Vara (2013).

El análisis de los índices unilaterales permite concluir que el proceso es capaz de cumplir con la EI al ser el índice Cpk (inferior) mayor que 1,25, mientras que el $\hat{C}pk$ (superior) indica que el proceso no es capaz de cumplir con la ES según el criterio de Gutiérrez y De la Vara (2013). Además de acuerdo al índice K, el proceso está descentrado a la derecha del valor nominal en un 36%, lo que influye en su baja capacidad.

El análisis realizado con los índices se corrobora al comparar los límites reales del proceso con las especificaciones en el gráfico de capacidad. Según estos análisis y de acuerdo a los resultados obtenidos, el 1,28% del agua mineral natural embotellada no cumplen con la ES.

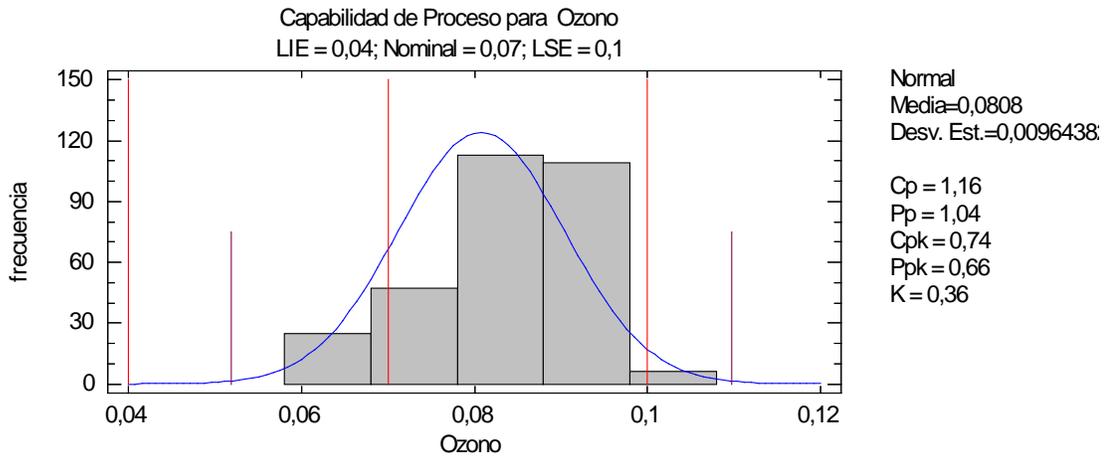


Figura 3.14: Análisis de capacidad para Ozono en el mes de julio de 2022.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.13: Índices de capacidad para Ozono en el mes de julio de 2022.

Fuente: Elaboración propia

Índices	Especificaciones		
	LSE = 0,10	Nom = 0,07	LIE = 0,04
	Capacidad Corto Plazo	Desempeño Largo Plazo	
Sigma	0,008603	0,00964382	
Cp/Pp	1,16239	1,03693	
Cpk/Ppk	0,743927	0,663637	
Cpk/Ppk (superior)	0,743927	0,663637	
Cpk/Ppk (inferior)	1,58084	1,41023	
K		0,36	
% fuera de especificaciones	1,28157	2,32568	
DPM	12815,7	23256,8	
Nivel de Calidad Sigma	3,73175	3,49071	
La sigma de corto plazo se estimó a partir del rango promedio			
El Nivel de Calidad Sigma incluye un drift de 1,5 sigma en la media.			

Por su parte los índices Pp y Ppk están enfocados al desempeño del proceso a largo plazo y no sólo a su capacidad. En este caso el índice de desempeño potencial Pp = 1,03, indica un proceso potencialmente adecuado; mientras que el índice de desempeño real Ppk = 0,66 revela un proceso con pobre desempeño debido principalmente al descentrado de este. La diferencia más bien grande entre el Pp y el Ppk es un signo de que la distribución no está bien centrada entre los límites de especificación.

El nivel sigma de calidad, permite concluir que para el Ozono en el corto plazo es de 3,73 y en el largo plazo de 3,49, valores que se consideran no adecuados dado que son inferiores a 4.

Dado que la variable Ozono muestra un proceso con baja capacidad, se procede a evaluar la habilidad del proceso para cumplir con especificaciones para la característica de calidad Bromato. Como se comentó anteriormente el bromato es la principal causa de preocupación en cuanto a la ozonización como método para tratar el agua, puesto que si se encuentra fuera de especificaciones es un posible cancerígeno para el ser humano y puede causar daños en los riñones, el hígado y en el sistema nervioso central.

- Característica de calidad: Bromato

En este caso se tiene una variable del tipo entre más pequeña mejor donde lo que interesa es que sean menores los valores a cierto valor máximo o ES, que en este caso es 10 µg/L. Lo que se busca es ver si el proceso es capaz de cumplir con dicha especificación.

La Figura 3.15 muestra el gráfico de capacidad para el Bromato y la Tabla 3.14 los índices de capacidad estimados de corto y largo plazos. El índice de capacidad real del proceso (Cpk) con un valor de 0,70 muestra que el proceso no es capaz de cumplir con la ES al ser inferior a 1,25. El análisis realizado se corrobora al comparar el límite real superior del proceso con la ES en el gráfico de capacidad. Según estos análisis y de acuerdo a los resultados obtenidos, el 1,73% del agua mineral natural embotellada no cumplen con la ES.

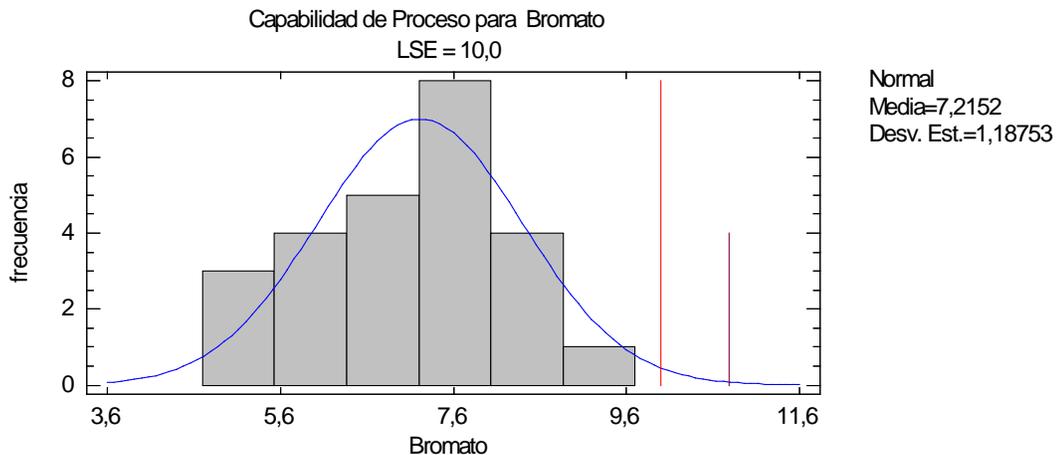


Figura 3.15: Análisis de capacidad para Bromato en el mes de julio de 2022.

Fuente: Elaboración propia

El índice de desempeño real del proceso a largo plazo Ppk = 0,78 revela un proceso con pobre desempeño, mientras que el nivel sigma de calidad permite concluir que en el corto plazo es de 3,61 y en el largo plazo de 3,85, valores que se consideran no adecuados dado que son inferiores a 4.

Tabla 3.14: Índices de capacidad para Bromato en el mes de julio de 2022.

Fuente: Elaboración propia

Especificaciones LSE = 10		
Índices	Capacidad Corto Plazo	Desempeño Largo Plazo
Sigma	1,3176	1,18753
Cpk/Ppk	0,704515	0,781679
Cpk/Ppk (superior)	0,704515	0,781679
% fuera de especificaciones	1,7277	0,951256
DPM	17277,0	9512,56
Nivel de Calidad Sigma	3,61	3,85
La sigma de corto plazo se estimó a partir del rango móvil promedio. El Nivel de Calidad Sigma incluye un drift de 1,5 sigma en la media.		

✓ Análisis de normalidad

Para que estos resultados sean válidos se requiere que la característica de calidad se distribuya en forma normal. Se realiza la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov para las características Turbidez y Bromato y la Chi-Cuadrada para el Ozono, cuyos resultados se muestran en las Tablas 3.15, 3.16 y 3.17 respectivamente. Dado que el valor-P es mayor que 0,05, no se puede rechazar la idea de que las características analizadas provienen de una distribución Normal con un 95% de confianza.

Tabla 3.15: Prueba Bondad-de-Ajuste para Turbidez.

Fuente: Elaboración propia

Prueba de Kolmogorov-Smirnov	
	Distribución Normal
DPLUS	0,244353
DMINUS	0,235647
DN	0,244353
Valor-P	0,101042

Tabla 3.16: Prueba Bondad-de-Ajuste para Bromato.

Fuente: Elaboración propia.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov	
	Distribución Normal
DPLUS	0,0640604
DMINUS	0,140604
DN	0,140604
Valor-P	0,706201

Tabla 3.17: Prueba Bondad-de-Ajuste para Ozono.

Fuente: Elaboración propia

Prueba Chi-Cuadrada					
	Límite Inferior	Límite Superior	Frecuencia Observada	Frecuencia Esperada	Chi-Cuadrada
menor o igual		0,058	0	2,71	2,71
	0,058	0,068	25	24,95	0,00
	0,068	0,078	47	88,07	19,15
	0,078	0,088	113	115,97	0,08
	0,088	0,098	109	57,12	47,12
mayor	0,098		6	11,18	2,40
Chi-Cuadrada = 7,14533 con 3 g.l. Valor-P = 0,210942					

La Tabla 3.18 muestra un resumen de los análisis realizados. Se evidencia que el proceso de producción de agua mineral natural para la característica de calidad Turbidez y Bromato es estable e incapaz de cumplir con la ES, mientras que para el Ozono se considera un proceso fuera de control estadístico e incapaz.

Tabla 3.18: Resumen del estado del proceso. Fuente: Elaboración propia

Características	Estabilidad	Capacidad	Nivel de calidad sigma	% fuera de especificaciones
Turbidez	Regularmente estable (Control estadístico)	- Proceso incapaz de cumplir con la ES (Cpk=0,65).	3,47	2,42%
	<u>Proceso tipo C: Estable e Incapaz</u> según el criterio de Gutiérrez y De la Vara (2013). Se está ante un proceso establemente malo.			
Ozono	Muy inestable	- Proceso potencialmente capaz de cumplir con especificaciones.	3,73	1,28%



	Parcialmente adecuado (Cp=1,16). - Descentrado a la derecha un 36% del valor nominal (K=0,36). - Proceso incapaz de cumplir con la ES (Cpk=Cpk superior=0,74).		
	<u>Proceso tipo D: Inestable e Incapaz</u> según el criterio de Gutiérrez y De la Vara (2013). Es un proceso que tiene baja capacidad para cumplir con especificaciones y que, además, es altamente inestable debido a que las causas especiales de variación son muy frecuentes.		
Bromato	- Proceso incapaz de cumplir con la ES (Cpk=0,70).	3,61	1,73
	<u>Proceso tipo C: Estable e Incapaz</u> según el criterio de Gutiérrez y De la Vara (2013). Se está ante un proceso establemente malo.		

Es preciso destacar que el bromato es la principal causa de preocupación en cuanto a la ozonización como método para tratar el agua, puesto que es un posible cancerígeno para el ser humano y puede causar daños en los riñones, el hígado y en el sistema nervioso central cuando se encuentra fuera del valor establecido. Al estar el proceso descentrado a la derecha del valor nominal para el Ozono se evidencia a partir del análisis de capacidad que el Bromato también se encuentra fuera de la ES.

Paso 7: Establecer las metas para las variables críticas de calidad

Tomando en cuenta la situación de las variables críticas de calidad, el equipo de trabajo decide trabajar en la mejora de la capacidad del proceso de producción de agua mineral natural para la característica Turbidez y en la mejora de la estabilidad y la capacidad para la variable Ozono (descentrado a la derecha). En la medida que mejore la capacidad para el Ozono disminuirá el nivel del Bromato según la especificación establecida.

3.2.3. Etapa III: Analizar las causas raíces

Pasos 8 y 9: Listar las causas del problema, seleccionar las principales y confirmarlas

Para investigar las causas que inciden en la baja capacidad del proceso en cuanto a Turbidez y la baja estabilidad y capacidad en cuanto a Ozono se utiliza el diagrama causa-efecto, específicamente el de estratificación de causas puesto que es un método gráfico que permite relacionar el problema con todas las causas que posiblemente lo generan. Para ello se acude a

la experiencia acumulada de los trabajadores que laboran en el proceso de conjunto con el equipo de mejora. En el Anexo 9 se muestran los diagramas para ambas características.

Para identificar las causas más probables se utilizó la técnica UTI (Urgencia, tendencia e impacto). La definición de prioridades es la identificación de lo que se debe atender primero considerando la urgencia, la tendencia y el impacto de una situación. Las Tablas 3.19 y 3.20 muestran los resultados para la Turbidez y Ozono respectivamente.

Tabla 3.19: Técnica UTI para Turbidez. Fuente: Elaboración propia.

Causas	Urgencia (U)	Tendencia (T)	Impacto (I)	Puntuación
Déficit de materiales y equipos para realizar la higiene, limpieza y desinfección.	6	5	7	210
Roce con cadena de túnelas.	8	10	8	640
Diámetro de expulsores de botellas fuera de especificaciones.	9	10	8	720
Desconocimiento de los procedimientos establecidos para la higiene, limpieza y desinfección de materiales y equipos.	8	5	9	360
Violación de los procedimientos establecidos para realizar la higiene, limpieza y desinfección.	7	5	8	280
Presencia de deposiciones de sales	10	10	9	900

Tabla 3.20: Técnica UTI para Ozono. Fuente: Elaboración propia.

Causas	Urgencia (U)	Tendencia (T)	Impacto (I)	Puntuación
Mal funcionamiento de las electroválvulas.	7	5	8	280
Fallos en el circuito eléctrico.	8	5	6	240
Inadecuado diseño del tanque	10	10	9	900
Desconocimiento del tiempo de ozonización requerido	8	10	9	720

3.2.4. Etapa IV: Mejorar

En esta etapa se proponen, implementan y evalúan las soluciones a las causas raíces detectadas, demostrando con datos, que las soluciones propuestas resuelven el problema y llevan a las mejoras buscadas.

Pasos 10, 11 y 12: Generar y evaluar diferentes soluciones para cada una de las causas raíz, implementar la solución y evaluar el impacto sobre las VCC.

La etapa de mejora se enfoca en darle solución a:

- ✓ Las causas raíces principales que inciden en la baja capacidad del proceso para la característica de calidad Turbidez, las cuales son: presencia de deposiciones de sales, diámetro de expulsores de botellas fuera de especificaciones y roce con cadena de túnelas.
- ✓ Las causas raíces principales que inciden en la inestabilidad y en el descentrado del proceso para la característica de calidad Ozono, las cuales son: inadecuado diseño del tanque y desconocimiento del tiempo de ozonización requerido.

Para ello se diseñan los planes de mejora correspondientes haciendo uso de la técnica 5W1H. Los mismos se muestran en el Anexo 10.

Una vez propuestas las acciones de mejora se procede a su implantación para luego verificar la efectividad de las mismas. Para ello se recomienda evaluar la estabilidad y capacidad del proceso en cuanto a Turbidez, Ozono y Bromato a través del tiempo. En función de los resultados de la comprobación anterior se realizan las correcciones necesarias (ajuste) o se convierten las mejoras alcanzadas en una forma estabilizada de ejecutar el proceso (actualización).

3.3. Conclusiones del Capítulo

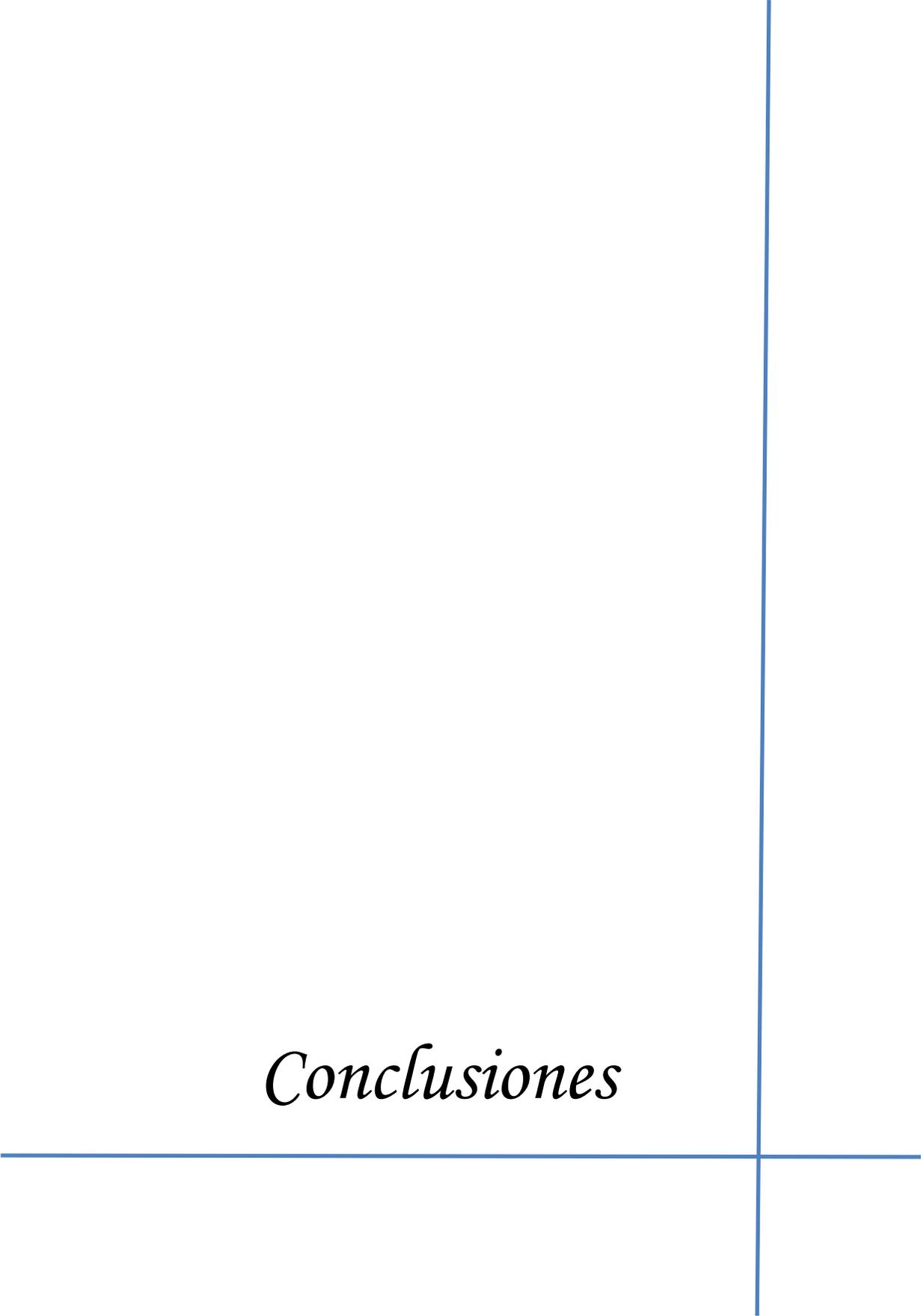
Al término del presente Capítulo se arriban a las siguientes conclusiones:

1. El estudio de estabilidad y capacidad realizado evidencia que el proceso de producción de agua mineral natural es estable e incapaz de cumplir con la ES para la característica "Turbidez" (Proceso tipo C) con una capacidad real inferior a 1,25 para un nivel de calidad sigma de 3,47.
2. El proceso de producción de agua mineral natural se considera muy inestable e incapaz de cumplir con la ES (Proceso tipo D) para la variable "Ozono" (nivel de calidad sigma de 3,73). Al estar el proceso descentrado a la derecha del valor nominal para esta característica, se evidencia a partir del análisis de capacidad que el "Bromato" también se encuentra fuera de

la ES (Proceso tipo C) con un nivel sigma de 3,61, siendo esto la principal preocupación durante la ozonización como método para tratar el agua por sus implicaciones para la salud.

3. El análisis de las causas raíces se enfocó en la baja capacidad del proceso para la Turbidez identificándose como más críticas la presencia de deposiciones de sales, diámetro de expulsores de botellas fuera de especificaciones y roce con cadena de túnelas. Para la variable Ozono (proceso inestable e incapaz) las principales causas se relacionaron con el inadecuado diseño del tanque y el desconocimiento del tiempo de ozonización requerido.
4. Los planes de mejora propuestos resultan pertinentes para el proceso de producción de agua mineral natural objeto de estudio, pues se proponen acciones encaminadas a la mejora en función de las causas que inciden en su baja capacidad para la característica Turbidez y en su inestabilidad y descentrado para la variable Ozono.

Conclusiones



Conclusiones

Al término de la presente investigación se arriban a las siguientes conclusiones:

1. La implementación de metodologías de mejora como Seis Sigma unido al uso de herramientas y técnicas del control estadístico de la calidad en la producción de agua mineral natural, contribuyen al cumplimiento de las normas establecidas y al control de la calidad de la producción.
2. El análisis de la situación actual de la Embotelladora de Agua Mineral Ciego Montero evidencia un total de 10 quejas de clientes y 520 unidades devueltas por parte de las agencias distribuidoras, siendo los sólidos en suspensión (50% del total) y la presencia de partículas (54,04% del total) la principal causa respectivamente. Además otros problemas que afectan la calidad del producto identificados por la organización son los cuerpos extraños en las botellas sopladas e inadecuada generación de ozono (banco de problemas).
3. El estudio de estabilidad y capacidad realizado evidencia que el proceso de producción de agua mineral natural es estable e incapaz de cumplir con la ES para la característica "Turbidez" (Proceso tipo C) con una capacidad real inferior a 1,25 para un nivel de calidad sigma de 3,47.
4. El proceso de producción de agua mineral natural se considera muy inestable e incapaz de cumplir con la ES (Proceso tipo D) para la variable "Ozono" (nivel de calidad sigma de 3,73). Al estar el proceso descentrado a la derecha del valor nominal para esta característica, se evidencia a partir del análisis de capacidad que el "Bromato" también se encuentra fuera de la ES (Proceso tipo C) con un nivel sigma de 3,61, siendo esto la principal preocupación durante la ozonización como método para tratar el agua por sus implicaciones para la salud.
5. El análisis de las causas raíces se enfocó en la baja capacidad del proceso para la Turbidez identificándose como más críticas la presencia de deposiciones de sales, diámetro de expulsores de botellas fuera de especificaciones y roce con cadena de túnelas. Para la variable Ozono (proceso inestable e incapaz) las principales causas se relacionaron con el inadecuado diseño del tanque y el desconocimiento del tiempo de ozonización requerido.
6. Los planes de mejora propuestos resultan pertinentes para el proceso de producción de agua mineral natural objeto de estudio, pues se proponen acciones encaminadas a la mejora en función de las causas que inciden en su baja capacidad para la característica Turbidez y en su inestabilidad y descentrado para la variable Ozono.

Recomendaciones

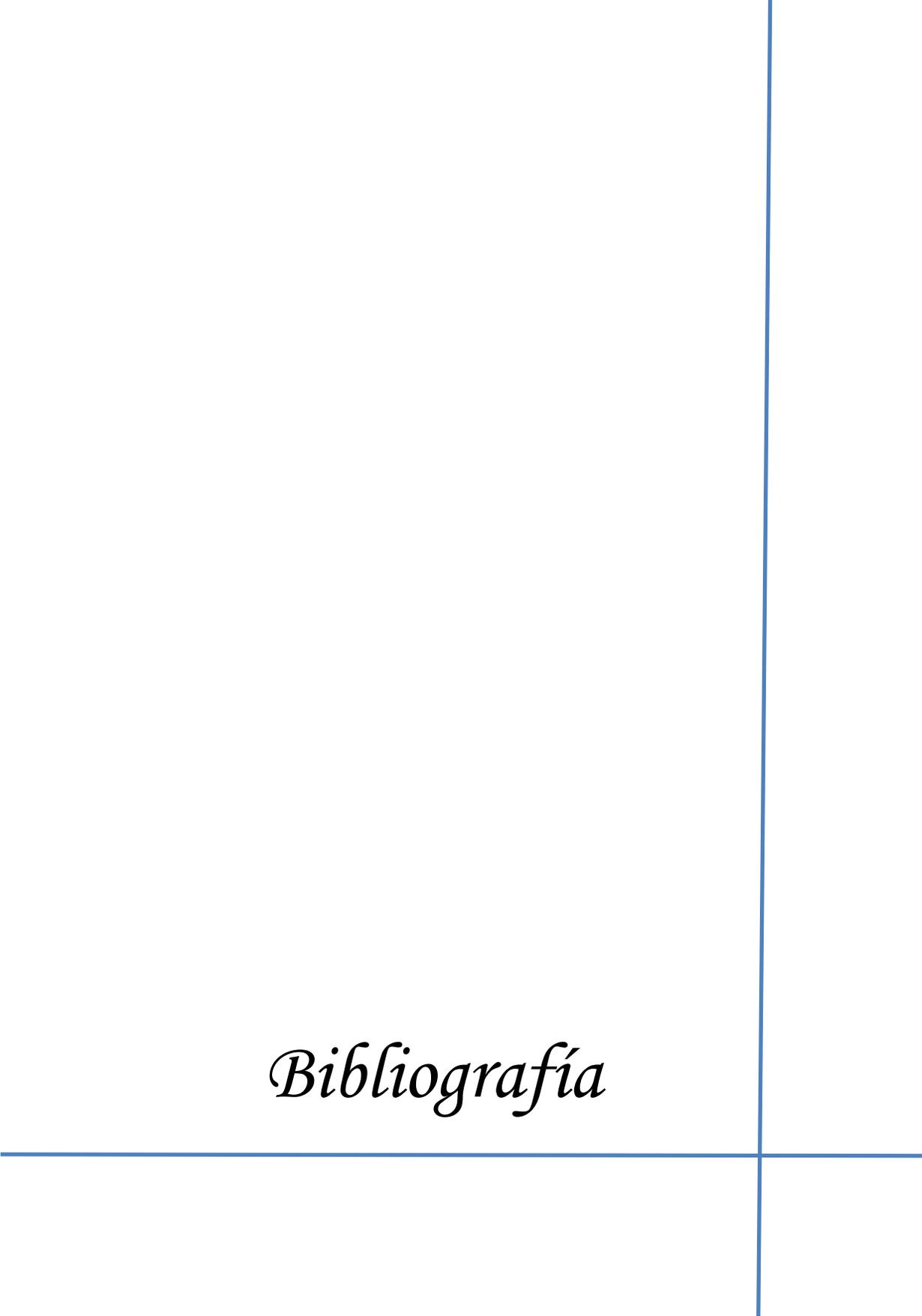


Recomendaciones

- ✓ Implementar las mejoras propuestas para las principales causas que inciden en la baja capacidad del proceso en cuanto a Turbidez y aquellas que inciden en la inestabilidad y descentrado del proceso para la característica Ozono en el proceso objeto de estudio.

- ✓ Verificar la efectividad de las acciones propuestas a partir de la evaluación de la estabilidad y capacidad del proceso de producción de agua mineral natural en cuanto a Turbidez, Ozono y Bromato.

Bibliografía



Bibliografía

- Abdul Halim Lim, S., Antony, J., & Arshed, N. (2016). A critical assessment on SPC implementation in the UK Food Industry. *Systemics, Cybernetics and Informatics*, 14(1), 37-42.
- Abdul Halim Lim, S., Antony, J., Arshed, N., & Albliwi, S. (2017). A systematic review of statistical process control implementation in the food manufacturing industry. *Total Quality Management & Business Excellence*, 28(1-2), 176-189. <https://doi.org/10.1080/14783363.2015.1050181>
- Abreu, M., & Cañedo, R. (1998). Gerencia Total de la calidad en las organizaciones. *Acimed*, 6(2), 79-92.
- Acuña, S. R., Silva, E. F., De Almeida, C. D., Da Silva, A. O., & Dos Santos, P. R. (2018). Statistical process control in the assessment of drip irrigation using wastewater. *Engenharia Agrícola*, 38(1), 47-54. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v38n1p47-54/2018>
- Alonso, A., García, V., Ugarteche, E., & Díaz, Y. (2007). *Introducción a la ingeniería*. Ed. Félix Varela.
- Alubel, M., Kropi, S., Hong, Y., & Pu, L. (2018). Implementation of statistical process control (SPC) en the sewing section of garment industry for quality improvement. *AUTEX Research Journal*, 18(2), 160-172. <https://doi.org/10.1515/aut-2017-0034>
- Alvarado, K., & Pumisacho, V. (2017). Prácticas de mejora continua, con enfoque Kaizen, en empresas del Distrito Metropolitano de Quito: Un estudio exploratorio. *Intangible Capital*, 13(2), 479-497.
- Amel Hizni'am, M., Karnaningroem, N., & Mardyanto, M. A. (2019). Study of Karangpilang II Water Production Quality Control Using Statistical Process Control (SPC). *Journal of Proceedings Series*, 5, 248-245. <http://dx.doi.org/10.12962/j23546026.y2019i5.6332>
- Andersson, R., Eriksson, H., & Torstensson, H. (2006). Similarities and differences between TQM, six sigma and lean. *The TQM magazine*, 18(3), 282-296.
- Andrade, Y. Y. (2013). *Implementación de control estadístico de procesos para el control de la calidad y la mejora continua en una industria minera*. [Tesis de grado, Universidad Autónoma del Estado de México]. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/13815>
- Andreu, R., Ricart, J. E., & Valor, J. (1996). *La organización en la era de la información. Aprendizaje, innovación y cambio*. Madrid: McGraw-Hill.

- Andrietta, J. M., & Miguel, P. A. C. (2007). Aplicação do programa Seis Sigma no Brasil: Resultados de um levantamento tipo survey exploratório-descriptivo e perspectivas para pesquisas futuras. *Gestão & Produção*, 14(2), 203-219.
- ANEABE. (2020). *Los consumidores europeos eligen el Agua Mineral como su bebida preferida por su calidad, seguridad y sostenibilidad*. <https://aneabe.com/actualidad/los-consumidores-europeos-eligen-el-agua-mineral-como-su-bebida-preferida-por-su-calidad-seguridad-y-sostenibilidad/#:~:text=seguridad%20y%20sostenibilidad-.Los%20consumidores%20europeos%20eligen%20el%20Agua%20Mineral%20como%20su%20bebida,su%20calidad%2C%20seguridad%20y%20sostenibilidad&text=La%20sociedad%20está%20cada%20vez,el%20consumo%20de%20productos%20naturales>.
- ANEABE. (2021). *Las aguas minerales, la bebida más consumida dentro del hogar en 2020*. <https://aneabe.com/actualidad/las-aguas-minerales-la-bebida-mas-consumida-dentro-del-hogar-en-2020/#:~:text=El%20agua%20mineral%20ha%20sido,67%2C45%20litros%20al%20año>.
- ANEABE Asociación de Aguas Minerales de España. (2020). *Características únicas del agua mineral*. <https://aneabe.com/agua-mineral/>
- Antony, J. (2013). What does the future hold for quality professionals in organisations of the twenty-first century? *TQM Journal*, 25, 667-675.
- Ariyo, M., Titilayo, A., & Esemé, I. (2016). Application of Statistical Process Control in a Production Process. *Science Journal of Applied Mathematics and Statistics*, 4(1), 1-11. <https://doi.org/10.11648/j.sjams.20160401.11>
- Arthur, J. (2014). Lean Six Sigma: A Fresh Approach to Achieving Quality Management. *Quality Management Journal*, 21(3).
- Ley de Minas., Ley No. 76 (1995).
- Atehortua, Y., & Restrepo, J. (2010). Kaizen: Un caso de estudio. *Scientia Et Technica*, XVII(45), 59-64.
- Aubyn, M. (2008). *Procedimiento para la mejora de procesos, haciendo uso de las técnicas Lean Six Sigma, en el proceso de préstamos hipotecarios de Jamaica National Building Society*. [Tesis de maestría]. Universidad de Cienfuegos.
- Barrera, A., Cambra, A., & González, J. A. (2017). Implementación de la metodología Seis Sigma en la gestión de las mediciones. *Universidad y Sociedad*, 9(2).
- Beltrán, J., Carmona, M., Carrasco, R., Rivas, M., & Tejedor, F. (2002). *Guía para una gestión basada en procesos*. Instituto Andaluz de Tecnología.

- Berovides, M., & Michelena, E. (2013). La gestión de la calidad en una empresa de pastas alimenticias. *Revista Ingeniería Industrial*, 34(3).
- Blasco, M., Gisbert, V., & Pérez, E. (2015). Situación actual de las metodologías Six Sigma, la gestión de riesgos y la gestión de la calidad. *Revista 3 Tecnología*, 4(4), 198-212. <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2015.v4n4e16.198-212>
- Bohigues, A. (2015). *Desarrollo e implementación de un Modelo Seis Sigma para la mejora de la Calidad y de la productividad en Pymes industriales*. [Tesis de maestría]. Universidad Politécnica de Valencia.
- Brown, A. (2013). Quality: Where have we come from and what can we expect? *The TQM Journal*, 25, 585-596.
- Calia, R. C., & Guerrini, F. M. (2005). Projeto Seis Sigma para a implementação de software de programação. *Produção*, 15(3), 322-333.
- Cambra, A. (2017). *Mejora en la calidad del huevo de ponedora en el proceso de producción en la UEB Yaguaramas de la Empresa Avícola Cienfuegos*. [Tesis de maestría]. Universidad de Cienfuegos.
- Cardiel, J. J., Baeza, R., & Lizarraga, R. A. (2017). Development of a system dynamics model based on Six Sigma methodology. *Ingeniería e Investigación*, 37(1), 80-90. <http://dx.doi.org/10.15446/ing.investig.v37n1.62270>
- Chase, B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2009). *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros*. (12ma Edición). Editorial Mc Graw-Hill.
- Chavarría, W. Y., Collado, R. M., & Rodríguez, J. E. (2013). *Propuesta de reingeniería de procesos para la Empresa Solórzano Industrial CIA. LTDA*. [Tesis de grado]. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Chero, P. P. A. (2019). Statistical process control applied in the chemical and food industry. *Journal of Material Sciences & Engineering*, 8(4), 1-7.
- Chopra, V., Bairagi, M., Trivedi, P., & Nagar, M. (2012). A case study: Application of statistical process control tool for determining process capability and sigma level. *PDA Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 66(2), 98-115. <https://doi.org/10.5731/pdajpst.2012.00807>
- Code of Federal Regulations. (2012). *Code of Federal Regulations, Title 21—Food and Drugs, Part 165 – Beverages*. US.
- Cohen, A., Cui, J., Song, Q., Xia, Q., Huang, J., Yan, X., Guo, Y., Sun, Y., Colford Jr, J., & Ray, I. (2022). Bottled water quality and associated health outcomes: A systematic review and

- meta-analysis of 20 years of published data from China. *Environmental Research Letters*, 17, 1-30. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac2f65>
- Norma Codex para las aguas minerales naturales., Codex Stan 108 (1981).
- Cortés, M., & Iglesias, M. (2005). *Generalidades sobre Metodología de la Investigación*. Universidad Autónoma del Carmen.
- Covas, D. (2009). *Diseño de un procedimiento para implantar el Modelo de Gestión Integrada de Capital Humano en empresas seleccionadas de la provincia de Cienfuegos*. Universidad de Cienfuegos.
- Cui, L. (2020). *A Study on Statistical Process Control (SPC) in Pharmaceutical Contract Manufacturing: Potential Determinants of SPC Implementation Success*. [Tesis de maestría, Massey University]. <https://mro.massey.ac.nz/bitstream/handle/10179/15822/CuiMQSThesis.pdf?sequence=1>
- Curbelo, D. (2013). *Procedimiento para la evaluación de la calidad percibida de servicios de asistencia de salud. Caso de estudio: Hospital Provincial de Cienfuegos*. [Tesis de maestría]. Universidad de Cienfuegos.
- Da Conceição, K., Vilas Boas, M., Sampaio, S., Remor, M., & Bonaparte, D. (2018). Statistical control of the process applied to the monitoring of the water quality index. *Engenharia Agrícola*, 38(6), 951-960. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v38n6p951-960/2018>
- Davenport, T. H., & Short, E. S. (1990). The New Industrial Engineering: Information Technology and Business Process Redesign. *Sloan Management Review*, 31(4), 11-27.
- Deming, E. (1982). *Las enfermedades mortales de la gestión moderna*.
- Diallo, O. (2009). *Procedimiento para la mejora de procesos en servicios turísticos. Aplicación en el Hotel Gran Caribe Jagua de Cienfuegos*. [Tesis de maestría]. Universidad de Cienfuegos.
- Díaz, E. E., Díaz, C., Barroso, L. A., & Pico, B. (2015). Desarrollo de un modelo matemático para procesos multivariados mediante Balanced Six Sigma. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, XVII(3), 419-430.
- Dike, I. J., Buba, C., & Dike, C. O. (2018). Models and quality control charts for the prediction of compressive cement strength. *International Journal of Mathematics and Statistics Studies*, 6(2), 1-12.

- Dionisio, Y. J. (2014). *Control estadístico de la calidad aplicado al programa de extensión social de salud, caso: Préstamos bancarios a sus trabajadores. Período 2006—2009*. [Tesis de grado]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Drohomeretski, E., Gouvea, S. E., Pinheiro, E., & Da Rosa, P. A. (2014). Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: An analysis based on operations strategy. *International Journal of Production Research*, 52(3). <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.842015>
- Duarte, S., & Cruz, V. (2013). Modelling lean and green: A review from business models. *International Journal of Lean Six Sigma*, 4(3), 228-250.
- Eckes, G. (2003). *Six Sigma For Everyone United States of American*. John Wiley & Sons, Inc.
- Elevli, S., Uzgören, N., Bingöl, D., & Elevli, B. (2016). Drinking water quality control: Control charts for turbidity and pH. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*, 6(4), 511-518. <https://doi.org/10.2166/washdev.2016.016>
- Endey, M., Lapian, J., & Tumewu, F. (2018). Quality control analysis of bottled drinking water product in PT.XYZ Minahasa Utara. *Jurnal EMBA*, 6(4), 3258-3267.
- Escobar, B., & González, J. M. (2007). Reingeniería de procesos de negocio: Análisis y discusión de factores críticos a través de un estudio de caso. *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, 16(3), 93-114.
- Essam, M., & Mahson, A. (2018). Application of statistical process control for spotting compliance to good pharmaceutical practice. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 54(2). <http://dx.doi.org/10.1590/s2175-97902018000217499>
- EC of the European Parliament and of the Council of 18 June 2009 on the Exploitation and Marketing of Natural Mineral Waters (Recast) (Text with EEA Relevance)., Directiva 54 (2009). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex%3A32009L0054>.
- Evans, J. R. (2008). *Administración y control de la calidad*. (7ma Edición). Cengage Learning.
- Farooq, M., Akhtar, M., Ullah, S., & Memon, R. (2007). Application of Total Quality Management in Education. *Online Submission*, 3(2), 87-97.
- Felizzola, H., & Luna, C. (2014). Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: Un enfoque metodológico. *Ingeniare*, 22(2). <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052014000200012>
- Ferger, M. (2017). *Zero Defects. Conceptual Design and Implementation*. Six Sigma Europe GmbH.
- Fernández, M. M., & Turrioni, J. B. (2007). Seleção de projetos Seis Sigma: Aplicação em uma indústria do setor automobilístico. *Produção*, 17(3), 579-591.

- Franco, C. D. (2015). *Propuesta de rediseño de procesos de negocio de la Compañía de Tecnologías de la Información y la Comunicación Telefónica Colombia—Movistar: Proceso de Gestión de Cambios Tecnológicos*. [Tesis de grado]. Universidad Católica de Colombia.
- Gadea, A. R. (2005). *Factores que facilitan el éxito y la continuidad de los equipos de mejora en las empresas industriales*. [Tesis doctoral]. Universidad Politécnica de Cataluña.
- Galvania, L. R., & Carpinettib, L. C. (2013). Análise comparativa da aplicação do programa Seis Sigma em processos de manufatura e serviços. *Produção*, 23(4), 695-704.
- Garcés, L. A. (2016). *Mejoramiento de la Productividad de la línea de Extrusión de la empresa CEDAL, empleando la metodología “Six Sigma”*. [Tesis de maestría, Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16888>
- García, Y. (2014). *Aplicación de la Metodología Seis Sigma para el mejoramiento de la calidad de las reparaciones, en la Agencia SASA Villa Clara*. [Tesis de maestría]. Universidad Central «Marta Abreu».
- Garza, R. C., González, C. N., Rodríguez, E. L., & Hernández, C. M. (2016). Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta y técnicas multicriterio. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 22, 19-35.
- Gaurav, S., & Deo Raj, P. (2018). Control chart applications in healthcare: A literature review. *International Journal of Metrology and Quality Engineering (IJMQE)*, 9(5). <https://doi.org/10.1051/ijmqe/2018003>
- Giaccio, M., Canfora, M., & Del Signore, A. (2013). The first theorisation of quality: Deutscher Werkbund. *Total Quality Management & Business Excellence*, 24(3-4), 225-242. <https://doi.org/10.1080/14783363.2012.704278>
- Godina, R., Matias, J., & Azevedo, S. (2016). Quality improvement with statistical process control in the Automotive Industry. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 7(1), 1-8.
- Gómez, C. D. (2019). *Guía metodológica para la aplicación del Lean Six Sigma en procesos de fabricación de plásticos en multinacionales colombianas*. Fundación Universidad de América.
- Gómez, J. (2017). *Mejora en la calidad del huevo de ponedora en el proceso de producción en la UEB Yaguaramas de la Empresa Avícola Cienfuegos* [Tesis de grado]. Universidad de Cienfuegos.
- Gómez, R. A., & Barrera, S. (2012). *Seis sigma: Un enfoque teórico y aplicado en el ámbito empresarial basándose en información científica*. Corporación Universitaria Lasallista.

- Gonçalves, F., Amodio, C. C., Franzosi, L., & Hatakeyama, K. (2015). Six Sigma application in small enterprise. *Concurrent Engineering*.
- González, J. M. (2012). Reingeniería de procesos de negocio (BPR): Análisis de un caso desde la perspectiva del nuevo institucionalismo sociológico. *INNOVAR*, 22(46), 129-148.
- González, R., Barrera, A., Guerra, A. B., & Medina, J. F. (2022). Evaluación de la estabilidad y análisis de la capacidad del proceso de producción de una empresa de pastas alimenticias. *Visión de Futuro*, 26(1), 206-230.
- Goodman, E. (2012). Information Analysis: A Lean and Six Sigma case study. *Business 85 Information Review*, 29(2), 105-110.
- Gremyr, I., & Fouquet, J. B. (2012). Design for Six Sigma and lean product development. *International Journal of Lean Six Sigma*, 3(1), 45-58.
- Grupo Termas. (2016). *Crece la industria del agua mineral en Cuba*. Daily Travelling News. [https://dailyweb.com.ar/noticias/val/23271/crece-la-industria-del-agua-mineral-en-cuba.html#:~:text=Sierra%20Canasta%20constituye%20la%20primera,y%20Amaro%20\(Villa%20Clara\).](https://dailyweb.com.ar/noticias/val/23271/crece-la-industria-del-agua-mineral-en-cuba.html#:~:text=Sierra%20Canasta%20constituye%20la%20primera,y%20Amaro%20(Villa%20Clara).)
- Guerra, A. B. (2020). *Mejora en la calidad del espaguetis La Sin Rival en el proceso de producción en la UEB Pastas Alimenticias Cienfuegos*. [Tesis de grado]. Universidad de Cienfuegos.
- Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2013). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*. (Tercera Edición). Editorial McGraw-Hill.
- Gygi, C., DeCarlo, N., & Williams, B. (2005). *Six Sigma for Dummies*. Wiley Publishing. Inc.
- Gygi, C., Williams, B., & Gustafson, T. (2006). *Six Sigma Workbook for Dummies*. Wiley Publishing. Inc.
- Hammer, M. (1990). Reengineering Work: Don't Automate, Obliterate. *Harvard Business Review*, 90(4), 104-112.
- Hammer, M., & Champy, J. (1993). *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution*. New York: Harper Collins.
- Hernández, C., & Da Silva, F. (2016). Aplicación del control estadístico de procesos (CEP) en el control de su calidad. *Tecnología Química*, XXXVII(1), 130-145.
- Hernández, H. G., Barrios, I., & Martínez, D. (2018). Gestión de la calidad: Elemento clave para el desarrollo de las organizaciones. *Criterio Libre*, 16(28), 179-195.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (1998). *Metodología de la Investigación*. (Edición Segunda.). México: McGraw-Hill Interamericana Editores, S. A. de C. V.

- Herrera, J., D'Armas, M., & Arzola, M. (2012). *Análisis de los diferentes métodos de mejora continua*. Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre UNEXPO.
- Hotma Uli Tumanggor, A., Kurniawan, K., & Lestari, R. (2020). *Analysis of Quality Control of Production of Bottled Water*. Proceedings of the First National Seminar Universitas Sari Mulia, Banjarmasin, South Kalimantan, Indonesia. <https://doi.org/10.4108/eai.23-11-2019.2298351>
- Huang, C. F., Chen, K. S., Sheu, C. H., & Hsut, T. S. (2010). Enhancement of Axle Bearing Quality in Sewing Machines Using Six Sigma. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, 224(10), 1581-1590.
- Huerga, C., Abad, J., & Blanco, P. (2012). El papel de la Estadística en la metodología Seis Sigma: Una propuesta de actuación en servicios sanitarios. *PECVNIA*, 2012, 111-136. <http://dx.doi.org/10.18002/pec.v0i2012.1109>
- Hurtado, D. (2016). *Implementación de un procedimiento para la mejora del Proceso de Beneficio de la Semilla en la UEB Semilla Cienfuegos*. [Tesis de grado]. Universidad de Cienfuegos.
- Idrissi, I., & Benazzouz, B. (2019). Lean or Six Sigma for food industry? Perspectives from previous researches and case studies in industry. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 10(4), 1732-1739.
- IIAS Instituto de Investigación Agua y Salud. (2022). *Agua mineral natural*. <https://institutoaguaysalud.es/agua-mineral-natural/>
- Ingelsson, P., & Martensson, A. (2014). Measuring the importance and practices of Lean values. *The TQM Journal*, 26(5), 463-474.
- Quantitative methods in process improvement, Six Sigma., ISO 13053 (2011).
- Ishikawa, K. (1988). *¿Qué es el Control Total de la Calidad? La modalidad japonesa*. Ediciones Revolucionarias.
- Ishikawa, K. (2007). *Introducción al control de Calidad*. Ediciones Díaz de Santos.
- John, A., Merán, R., Roenpage, O., & Staudter, S. (2008). *Six Sigma + Lean Toolset*. Library of Congress.
- Juran, J. (1995). *Análisis y planeación de la calidad*.
- Kapre, B., & Sekar, S. K. (2020). Quality Analysis and quality control in building construction with Six Sigma approach. *Journal of Critical Reviews*, 7(11), 412-418.
- Kil. (2015). *What is the difference between Kaizen, Lean & Six Sigma?* Kaizen Institute. <https://in.kaizen.com/blog/post/2015/09/11/what-is-the-difference-between-kaizen-lean--six-sigma.html>

- Kumar, M., Antony, J., & Tiwari, M. (2011). Six Sigma implementation framework for SMEs—a roadmap to manage and sustain the change. *International Journal of Production Research*, 49(18), 5449-5467.
- Kume, H. (1993). *Métodos Estadísticos para Melhoria da Qualidade*. (1ra. Edición). Gente.
- Lertwattanapongchai, S., & Swierczek, F. W. (2014). Assessing the change process of Lean Six Sigma: A case analysis. *International Journal of Lean Six Sigma*, 5(4).
- Lestari, T. E., & Rahmat, N. S. (2018). Analysis of quality control using statistical process control (SPC) in bread production. *Indonesian Journal of Fundamental Sciences*, 4(2), 90-101. <https://doi.org/10.26858/ijfs.v4i2.7637>
- Loganina, V. (2020). Quality control of building materials. *E3S Web of Conferences. Topical problems of green architecture, civil and environmental engineering 2019 (TPACEE 2019)*, 164. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016408017>
- López, M. I., & López, P. (2014). Uso secuencial de herramientas de control de calidad en procesos productivos: Una aplicación en el sector agroalimentario. *Pecvnía*, 18, 73-95.
- Madanhire, I., & Mbohwa, C. (2016). Application of Statistical Process Control (SPC) in Manufacturing Industry in a Developing Country. *Procedia CIRP*, 40, 580-583.
- Mahesh, H., & Lewlyn, L. (2014). *The advantages of Just in Time (JIT) supplies from a supplier- A system dynamics simulation analysis*. 29th International Business Research Conference, Sydney, Australia.
- Maraver, F., Vitoria, I., Morer, C., & Armijo, F. (2014). Importancia del agua mineral natural como aporte de nutrientes esenciales. *Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica*, 29(2), 163-164. <https://doi.org/10.23853/bsehm.2017.0336>
- Marín, J. A., Bautista, Y., & García, J. J. (2014). Etapas en la evolución de la mejora continua: Estudio multicaso. *Intangible Capital*, 10(3), 584-618. <http://dx.doi.org/10.3926/ic.425>
- Marín, M. A. (2015). *Evaluación de la incertidumbre de medición en los sistemas de medición fiscal y transferencia de custodia en la Unidad de Negocio Refinería de Cienfuegos*. [Tesis de grado]. Universidad de Cienfuegos.
- Martínez, T. (2014). *Mejora de la gestión de las mediciones en el proceso de recepción, manipulación y entrega de gas licuado del petróleo en la Unidad de Negocio Refinería*. [Tesis de grado]. Universidad de Cienfuegos.
- McAdam, R., Antony, J., Kumar, M., & Hazlett, S. (2014). Absorbing new knowledge in small and medium-sized enterprises: A multiple case analysis of Six Sigma. *International Small Business*, 32(1), 81-109.

- McCarty, T., Bremer, M., Daniels, L., & Gupta, P. (2004). *The Six Sigma Black Belt Handbook*. McGraw-Hill.
- Mergulhão, R. C., & Martins, A. (2008). Relação entre sistemas de medição de desempenho e projetos Seis Sigma: Estudo de caso múltiplo. *Produção*, 18(2), 342-358.
- Message, L. B., Godhino, M., Fredendall, L. D., & Gómez, F. J. (2018). Lean, six sigma and lean six sigma in the food industry: A systematic literature review. *Trends in Food Science & Technology*, 82, 122-133. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.10.002>
- Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto de Brasil. (2018). *Informe de mercado. Agua mineral y agua gaseada*.
- Minoprio, L., & Germán, C. (2011). *Planta Embotelladora de Agua Mineral*. [Trabajo de Investigación]. Universidad Nacional de Cuyo.
- Montgomery, D. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control*. (6th Edition). John Wiley and Sons.
- Moreno, R. R., & Parra, S. (2017). Metodología para la reingeniería de procesos. Validación en la empresa Cereales “Santiago”. *Ingeniería Industrial*, XXXVIII(2), 130-142.
- Mosquera, J. C., Mosquera, J. D., & Medina, P. D. (2010). Evaluación del índice de capacidad del proyecto de deserción académica en la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP). *Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería -ACOFI-*, 9, 96-103.
- Myszewski, J. M. (2013). On improvement story by 5 whys. *TQM Journal*, 25, 371-383.
- Navarro, E., Gisbert, V., & Pérez, A. I. (2017). Metodología e implementación de Six Sigma. *3C Empresa: investigación y pensamiento crítico, Edición Especial*, 73-80. <http://dx.doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial.73-80>
- Ocampo, J. R. (2012). Aplicando la metodología DMAIC-SIM a la mejora del tiempo de atención en migración en el aeropuerto de San Pedro Sula. *INNOVARE*, 1(1), 42-74.
- Ocampo, J. R., & Pavón, A. E. (2012). *Integrando la Metodología DMAIC de Seis Sigma con la simulación de eventos discretos en Flexsim*. 10th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2012), Panama.
- Aguas Minerales Naturales Envasadas. Especificaciones, NC 297 (2005).
- Sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos—Requisitos para cualquier organización en la cadena alimentaria., NC ISO 22000 (2005).
- Sistemas de gestión ambiental—Requisitos. (Traducción certificada)., NC ISO 14001 (2015).
- Sistemas de gestión de la calidad—Fundamentos y vocabulario. (Traducción certificada)., NC ISO 9000 (2015).
- Sistemas de gestión de la calidad—Requisitos. (Traducción certificada)., NC ISO 9001 (2015).

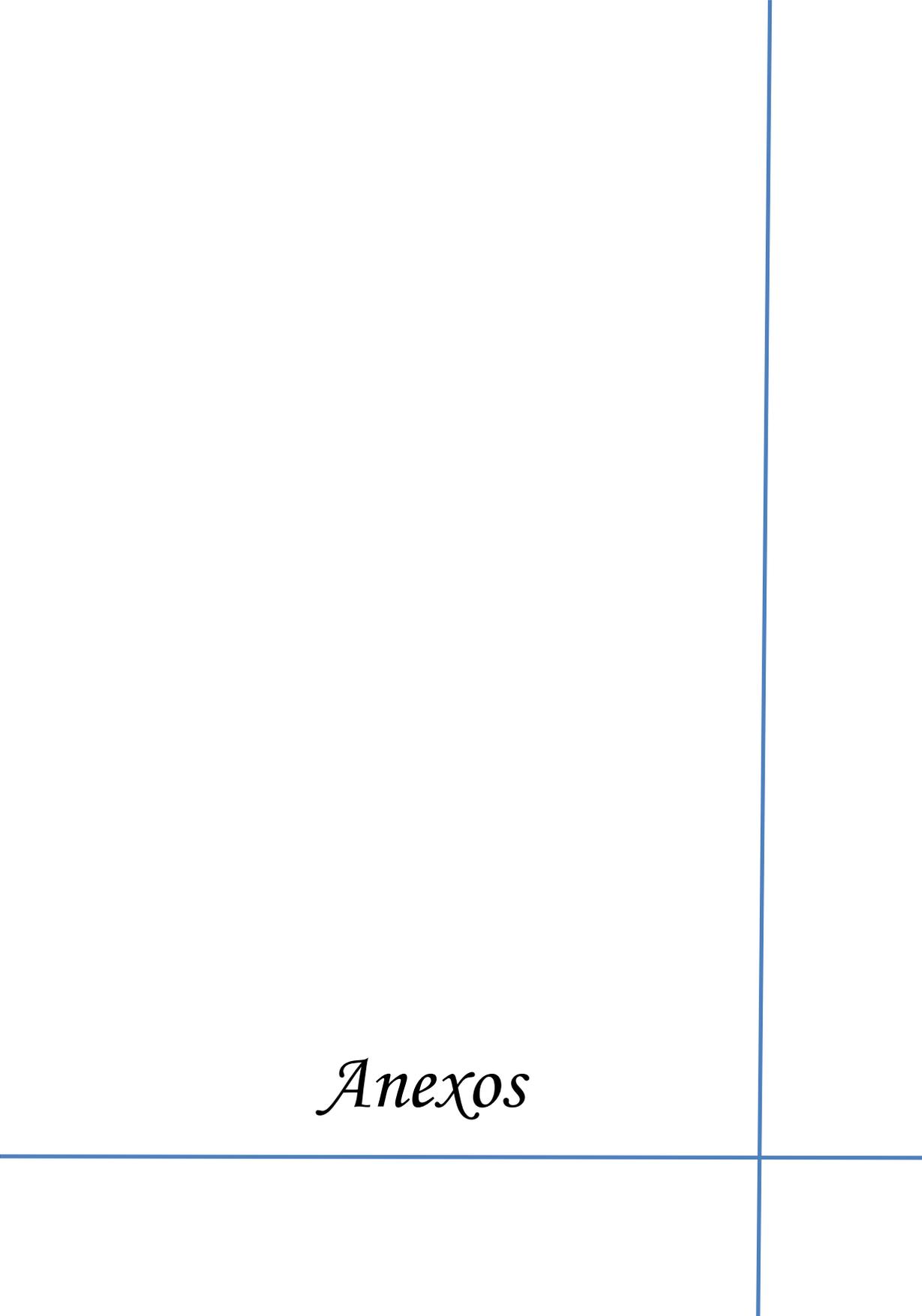
- Sistemas de gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo—Requisitos. (Traducción certificada)., NC ISO 18001 (2015).
- Okorie, C. E., Adubisi, O., & Ben, O. J. (2017). Statistical quality control of the production materials in Life Lager Beer. *FUW Trends in Science & Technology Journal*, 2(1A), 69-73.
- Orlandoni, G. (2012). Gestión de la Calidad: Control Estadístico y Seis Sigma. *Telos*, 14(2), 269-274.
- Ortíz, B. (2021). *Contribución a la validación de funcionamiento del proceso de purificación de agua de uso farmacéutico para la producción de medicamentos homeopáticos en la Empresa Labiofam Cienfuegos*. [Tesis de grado]. Universidad de Cienfuegos.
- Ortíz, M. A., & Felizzola, H. A. (2014). Metodología miceps para control estadístico de procesos: Caso aplicado al proceso de producción de vidrio templado. *Prospect*, 12(2), 73-81.
- Ospina, R. (2006). La reingeniería de procesos: Una herramienta gerencial para la innovación y mejora de la calidad en las organizaciones. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, 11(2), 91-99.
- Pacora, J. (2018). *Mejora de los indicadores de productividad en empresas de servicios MYPES, a través del monitoreo y control lean-six sigma, usando herramientas de data mining*. [Tesis de grado]. Universidad Católica del Perú.
- Panat, R., Dimitrova, V., Selvamuniandy, T. S., Ishiko, K., & Sun, D. (2014). The application of Lean Six Sigma to the configuration control in Intel's manufacturing R&D environment. *International Journal of Lean Six Sigma*, 5(4).
- Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2001). *Las claves prácticas de Seis Sigma*. McGraw Hill.
- Parrado, C. A. (2019). *Procedimiento para la mejora de la calidad de los servicios gastronómicos en restaurantes del sector no estatal*. [Tesis de maestría]. Universidad de Cienfuegos.
- Pava, C., Ramírez, J., & Marín, W. (2019). *Metodologías de mejora continua integrables al sistema de gestión de calidad bajo la norma ISO 9001*. Universidad Santiago de Cali.
- Pereira, P., Seghatchian, J., Caldeira, B., Xavier, S., & De Sousa, G. (2018). Statistical control of the production of blood components by control charts of attribute to improve quality characteristics and to comply with current specifications. *Transfusion and Apheresis Science*, 57. <https://doi.org/10.1016/j.transci.2018.04.009>
- Pérez, E., & García, M. (2014). Implementación de la metodología DMAIC-Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal. *Tecnología en Marcha*, 27(3), 88-106.

- Pérez, G., Gisbert, V., & Pérez, E. (2017). Reingeniería de procesos. *3C Empresa: investigación y pensamiento crítico, Edición Especial*, 81-91. <http://dx.doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial.81-91>
- Pérez, J. A. (2009). *Gestión por Procesos*. (Tercera Edición). Editorial ESIC.
- Pérez, M., & León, L. P. (2018). DMAIC como estrategia para control de dureza en la fabricación de galletas. *Reacción, Año 5*(2).
- Pinto, S. H. B., & Carvalho, M. M. (2006). Implementação de programas de qualidade: Um survey em empresas de grande porte no Brasil. *Gestão & Produção*, 13(2), 191-203.
- Pons, R., & Villa, E. (2006). *Monografía: Gestión por Procesos*. www.gestiopolis.com/.../procedimiento-y-procesos-para-el-mejoramiento-de-la-calidad.htm.
- Puerto, O., Suárez, D. I., Dubé, M., Hevia, F., & Lima, A. (2014). Procedimiento para mejorar la cadena inversa con la metodología Seis Sigma. *Revista Avances*, 16(3), 234-245.
- Pyzdek, T., & Keller, P. (2003). *The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Level*. McGraw-Hill.
- Rábago, D. M., Padilla, E., & Rangel, J. G. (2014). Statistical quality control and process capability analysis for variability reduction of the tomato paste filling process. *Industrial Engineering & Management*, 3(4), 1-7. <https://doi.org/10.4172/2169-0316.1000137>
- Ramírez, B. S., & Ramírez, J. G. (2018). *Douglas Montgomery's Introduction to Statistical Quality Control: A JMP Companion*.
- Rendón, H. D. (2013). *Control Estadístico de Calidad*. (Primera Edición). Centro Editorial de la Facultad de Minas.
- Reosekar, R. S., & Pohekar, S. D. (2014). Six Sigma methodology: A structured review. *International Journal of Lean Six Sigma*, 5(4).
- Reyes, L., Valmaseda, E., & Rodríguez, L. A. (2017). *Diagnóstico Técnico-Económico para la exportación del Agua Mineral Natural Amaro*. XI Conferencia Internacional de Ciencias Empresariales, Villa Clara.
- Reyes, P. (2002). Manufactura delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas: Experiencias y reflexiones. *Revista Contaduría y Administración*, 205, 51-69.
- Ribeiro, A. J. (2021). Minería de agua mineral: Calidad para el consumo humano y promoción de la salud. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento.*, 12, 41-60.
- Rivero, A. (2017). *Procedimiento para la mejora continua del sistema de planificación y control a nivel operativo en la UEB Moncar Centro*. [Tesis de grado]. Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villas.

- Roberts, L. (1994). *Process reengineering: The key to achieving breakthrough success*. ASQC Quality Press.
- Rodríguez, L. (2021). *Implementación de la metodología Seis Sigma para la mejora del Proceso de Producción de Baldosas Bicapa en la Empresa Materiales de la Construcción Cienfuegos*. [Tesis de grado]. Universidad de Cienfuegos.
- Román, A. A. (2016). *Evaluación de la calidad de las mediciones en el sistema de medición fiscal y transferencia de custodia por ducto en la Unidad de Negocio Refinería de Cienfuegos*. [Tesis de grado]. Universidad de Cienfuegos.
- Rondón, S. (2013). *Implementación de un procedimiento de gestión para la mejora del Proceso de Ventas en la Empresa Comercializadora de Combustibles de Cienfuegos*. [Tesis de grado]. Universidad de Cienfuegos.
- Rubio, R. (2016). *Aplicación de la metodología Lean Seis Sigma en la industria de alimentos: Caso de estudio del Proceso de Llenado de Cubos*. [Tesis de grado]. Universidad Iberoamericana.
- Saglimbeni, E. V. (2015). *Aplicación de metodología DMAIC (Six Sigma) para la reducción de reproceso de información estadística de control nutricional*. [Tesis de maestría]. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Sánchez, L., Reynerio, J., González, P., & Suárez, M. (2005). *Análisis químico y calidad de las aguas minerales*. Centro Nacional de Termalismo «Víctor Santamarina».
- Sánchez, R. (2009). *Metodología basada en Seis Sigma para la mejora de los procesos de Asistencia Técnica de la Red de Abonados de la Dirección de ETECSA en Villa Clara*. [Tesis de grado, Universidad Central «Marta Abreu» de las Villas]. <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/4902/Rodolfo%20Sanchez%20Avila.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sangabriel, O., Temblador, M. C., & De la Rosa, R. M. (2017). Use of value driver maps for Six Sigma Project Selection: A Case study on sales and marketing for soft drinks bottling industry. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, XVIII(1), 55-65.
- Santillan, B. J. (2019). *Mejora del proceso de envasado de galoneras de yogurt en Planta Industrial de ATE para optimización de rendimientos*. [Tesis de grado]. Universidad San Ignacio de Loyola.
- Sathe, S., & Allampallewar, S. B. (2017). Application of Six Sigma in Construction. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 6(11), 21839-21845. <https://doi.org/10.15680/IJRSET.2017.0611131>

- Schroeder, R., Linderman, K., Liedtke, C., & Choo, A. S. (2009). Six sigma: Definition and underlying theory. *Journal of Operations Management*.
- Selvi, K., & Majumdar, R. (2014). Six sigma-overview of DMAIC and DMADV. *International Journal of Innovative and Modern Engineering*, 2(5), 16-19.
- Serrano, L., & Ortiz, N. R. (2012). Una revisión de los modelos de mejoramiento de procesos con enfoque en el rediseño. *Estudios Gerenciales*, 28, 13-22.
- Shirazi, A., Ali, S., & Pintelon. (2012). Lean Thinking and Six Sigma: Proven techniques in industry. Can they help health care? *International Journal of Care Pathways*, 16(4).
- Sislema, J. N. (2012). *Diseño de un control estadístico y establecimiento de estándares en los procesos de preparación e hilado en una empresa nacional*. [Proyecto de graduación]. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Skzypczak, I., Kokoszka, W., Pytlowany, T., & Radwański, W. (2020). Control charts monitoring for quality concrete pavements. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 106, 153-163. <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2020.106.13>
- Smeds, R. (2001). Implementation of business process Innovations: An agenda for research and action. *International Journal of Management*, 22, 1-12.
- Smeti, E. M., Thanasoulas, N. C., Kousouris, L. P., & Tzoumerkasc, P. C. (2007). An approach for the application of statistical process control techniques for quality improvement of treated water. *Desalination*, 213, 273-281. <https://doi.org/10.1016/j.desal.0000.00.000>
- Soriano, F., Oprime, P. C., & Lizarelli, F. L. (2017). Impact analysis of critical success factors on the benefits from statistical process control implementation. *Production*, 27(00). <https://doi.org/10.1590/0103-6513.204016>
- Sriram, S., & Revathi, A. (2016). Implementation of Six Sigma Concepts in Construction Project for Ensuring Quality Improvements. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 5(4), 4913-4921.
- Suárez, M. F., & Miguel, J. A. (2009). Encontrando al Kaizen: Un análisis teórico de la Mejora Continua. *Pecunia*, 7, 285-311.
- Subbulakshmi, S., Kachimohideen, A., Sasikumar, R., & Bangusha, S. (2017). An essential role of statistical process control in Industries. *International Journal of Statistics and Systems*, 12(2), 355-362.
- Taguchi, G. (1986). *Intoduction to Quality Engineering: Designing Quality into Products and Processes: Asian Productivity Organization*.

- Trujillo, M. E. (2018). *Modelo de gestión Seis Sigma, para incrementar la satisfacción del cliente en el Hotel Bella Casona de la Ciudad de Riobamba, Provincia de Chimborazo*. [Tesis de grado]. Universidad Nacional de Chimborazo.
- Uliasz - Misiak, B., Lewandowska - Śmierchalska, J., & Matuła, R. (2022). Statistical approach to water exploitation management based on CUSUM analysis. *Water Resources and Industry*, 27. <https://doi.org/10.1016/j.wri.2021.100166>
- Uriarte, J. (2018). *Modelo para la gestión de las mediciones con énfasis en la mejora continua en riesgos en el sector de la energía*. [Tesis de grado]. Universidad de Cienfuegos.
- Usman, A., & Kontagora, N. (2010). Statistical process control on production: A case study of some basic chemicals used in pure water production. *Pakistan Journal of Nutrition*, 9(4), 387-391. <https://doi.org/10.3923/pjn.2010.387.391>
- Vaca, C. G. (2017). *Estandarización de métodos de trabajo y obtención del tiempo estándar para incrementar la productividad dentro de la Empresa Cantú*. [Tesis de grado, Universidad Tecnológica Equinoccial]. http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14512/1/68552_1.pdf
- Vidal, C. (2016). *Implementación de la metodología Six sigma para la mejora de la productividad en una empresa de comida rápida de hamburguesas en el C.C. Mega plaza, Independencia 2016*. [Tesis de grado]. Universidad César Vallejo.
- Wehrlé, P., & Stamm, A. (2008). Statistical Tools for Process Control and Quality Improvement in the Pharmaceutical Industry. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 20, 141-164. <https://doi.org/10.3109/03639049409039081>
- Xiaofen, T. (2013). Investigation on quality management maturity of Shanghai enterprises. *TQM Journal*, 25(4), 417-430.
- Yvonne, S. (2013). Statistical thinking in the quality movement ± 25 years. *TQM Journal*, 25(6), 597-605.



Anexos

Anexos

Anexo 1: Posibles estados de un proceso y estrategias de mejora.

Fuente: *Gutiérrez y De la Vara (2013)*

Estado del proceso	Estrategias de mejora
<p><u>Proceso tipo D: Inestable e incapaz</u></p> <p>Procesos que tienen baja capacidad para cumplir con especificaciones y que, además, son altamente inestables debido a que las causas especiales de variación son muy frecuentes.</p> <p>Un proceso muy inestable se caracteriza por estar pobremente estandarizado, en donde es posible que haya mucha variación atribuible a materiales, métodos, mediciones, diferencias en las condiciones de operación de la maquinaria y desajustes, etcétera.</p>	<p>Orientar los esfuerzos de mejora a detectar y eliminar las causas de la inestabilidad. Más que tratar de identificar qué pasó en cada punto especial, es mejor orientarse a identificar los patrones que sigue tal inestabilidad, para de esa manera generar conjeturas sobre las posibles causas de la inestabilidad.</p> <p>Actividades:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mejorar la aplicación y uso de las cartas de control 2. Buscar y eliminar las causas de la inestabilidad 3. Volver a evaluar el estado del proceso
<p><u>Proceso tipo C: Estable e incapaz</u></p> <p>Procesos catalogados como estable pero con baja capacidad de cumplir especificaciones. Se está ante un proceso establemente malo que genera piezas fuera de especificaciones o piezas que no cumplen con ciertos atributos de calidad.</p>	<p>La estrategia se orienta a mejorar la capacidad del proceso.</p> <p>Actividades:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Revisar y mejorar la aplicación de las cartas de control. 2. Investigar las causas de la baja capacidad mediante un proyecto de mejora. 3. Volver a evaluar el estado del proceso.
<p><u>Proceso tipo B: Capaz e inestable</u></p> <p>Es un proceso que funciona en presencia de causas especiales de variación, pero éstas son tales que se está relativamente satisfecho con el desempeño del proceso en términos de especificaciones (su índice de defectivo es bajo, y por lo tanto su capacidad es buena). En este tipo de procesos, su distribución se desplaza o tiene cambios significativos; pero siempre está dentro de especificaciones. Ante esto, se tiene cierta vulnerabilidad porque en un momento dado esa inestabilidad puede ocasionar problemas en términos de especificaciones.</p>	<p>Si se quiere conocer y mejorar tal proceso, habría que empezar por identificar y eliminar las causas de la inestabilidad; por ello, es necesario aplicar las mismas actividades sugeridas para el proceso tipo D.</p>
<p><u>Proceso tipo A: Estable y capaz</u></p> <p>Se está ante un proceso sin problemas serios de calidad.</p>	<p>Las actividades de esta estrategia están enfocadas en mantener en tal estado el proceso y explorar alternativas para mejorar su productividad y operabilidad.</p> <p>Actividades:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Revisar y mejorar, en su caso, la aplicación de las cartas de control. 2. Explorar alternativas para mejorar la confiabilidad e incrementar la productividad y operabilidad del proceso.

Anexo 2: Principales actividades y herramientas del ciclo (DMAIC). Fuente: ISO 13053: 2011

Actividades y Herramientas	Definir	Medir	Analizar	Mejorar	Controlar
Capacidad / desempeño	R	R	R	R	R
CTQC	M	M		M	M
Grupo de enfoque al Cliente	S				
Estadística descriptiva	S	S	S	S	S
Justificación financiera	M				R
Diagrama de Gantt	R				
Modelo Kano	S				
Identificación de oportunidades por las no conformidades	R				
Diagrama de Pareto	S	S	S	S	
Matriz de Prioridad	R			R	
Diagrama de flujo del proceso	R		S	R	
Acta Constitutiva del Proyecto	M				
Revisión del proyecto	M	M	M	M	M
Análisis de los riesgos del proyecto	M				
QFD	R		R	R	
Matriz RACI	R			R	
Modelación de servicios de entrega	S	S		S	S
SIPOC	R			S	
Indicadores seis Sigma	M			M	
Análisis del flujo de valor	R				
Análisis de Pérdidas	R	R	R		
Benchmarking		R		R	
Plan de recolección de datos		M			
Análisis del Sistema de Medición (MSA)		M	M		M
Distribución de probabilidad (o sea prueba de normalidad)	M (para datos continuos) R (para otros)				
Determinación del tamaño de la muestra		M	M	M	
Control Estadístico del proceso (SPC)		R	R		R
Gráficos de tendencias		S			S
Diagrama de Afinidad			S		
ANOVA			R	R	
Diagrama de causa y efecto			R		
Diseño de experimentos (DOE)			R	R	
Pruebas de Hipótesis			R	R	
FMEA de proceso			R	M	
Regresión and correlación			R	R	
Confiabilidad			R	R	
Análisis de los 5- <i>Por qué</i>			S		
Tormenta de ideas				S	
MCA - Multiplecorrespondenceanalysis				S	
A prueba de errores (<i>pokayoke</i>)				R	R
Selección de soluciones				R	
Mantenimiento Preventivo Total m(TPM)				S	S
5S				S	S
Plan de Control					M

M- Mandatoria; R- Recomendado; S- Sugerencia

Anexo 3: Tipos de agua mineral natural.

Fuente: NC 297: 2005

Tipos de agua mineral natural	Definición
Agua mineral natural carbonatada naturalmente	Toda agua mineral que, después de un posible tratamiento, de la reposición de gas y del envasado, contiene la misma cantidad de dióxido de carbono desprendida de manera espontánea y visible en condiciones normales de temperatura y presión.
Agua mineral natural no carbonatada	Toda agua mineral natural que por su naturaleza y después de un posible tratamiento, y de su envasado, teniendo en cuenta la tolerancia técnica normal, no contiene dióxido de carbono libre en medida superior a la cantidad necesaria para mantener presentes los hidrogenocarbonatos disueltos en el agua.
Agua mineral natural descarbonatada	Toda agua mineral que, después de un posible tratamiento y de su envasado, contiene dióxido de carbono en cantidad inferior a la cantidad que contenía al surgir de la fuente y no desprende dióxido de carbono de manera visible y espontánea en condiciones normales de temperatura y presión.
Agua mineral natural enriquecida con dióxido de carbono de la fuente	Toda agua mineral natural que, después de un posible tratamiento y de su envasado, tiene mayor contenido de dióxido de carbono que al surgir de la fuente.
Agua mineral natural carbonatada	Toda agua mineral natural que, después de un posible tratamiento, se ha hecho efervescente mediante la adición de dióxido de carbono de otra procedencia.

Anexo 4: Principales minerales presentes en el agua mineral natural.

Fuente: Elaborado a partir de Maraver, Vitoria, Morer y Armijo (2014).

Mineral	Beneficios para la salud
Sodio	Regula la tensión de los tejidos, balance hídrico y la sensibilidad y contracciones musculares.
Cloruros	Regulan, junto con el sodio, el balance hídrico y forman un constituyente del jugo gástrico fundamental para una correcta digestión.
Potasio	Regula el balance hídrico, funciones musculares, funciones nerviosas y reacciones ácido/base.
Calcio	Indispensable para el desarrollo de los huesos y dientes, así como para la coagulación y el envío de impulsos nerviosos a las células musculares.
Fósforo	Al igual que el calcio, el fósforo es un constituyente vital de huesos y dientes, así como un ingrediente indispensable para las enzimas. Ayuda a producir energía y es la estructura de los ácidos nucleicos.
Magnesio	Envía los impulsos nerviosos a las células musculares, mantiene los procesos metabólicos normales y actúa en numerosas funciones metabólicas. Activa enzimas para suministrar energía.
Bicarbonatos	Facilitan la digestión.
Hierro	Participa en la formación de glóbulos rojos y permite a la sangre la absorción y transporte del oxígeno.
Zinc	Vital para la división celular, cicatrización de heridas y el crecimiento.
Yodo	Participa en los procesos metabólicos de las hormonas tiroideas.



Anexo 5: Ficha del proceso de producción de agua mineral natural. **Fuente:** Embotelladora de Agua Mineral Ciego Montero

	Ficha de Proceso Fabricación del producto	FP 08
---	--	--------------

Responsable: Director de Embotelladora de Agua Mineral Ciego Montero

Misión: Producir agua mineral natural asegurando la inocuidad y seguridad del alimento y el cumplimiento de los requisitos higiénicos sanitarios.

Recursos del Proceso:

- ✓ Recursos materiales: Filtros, sopladora, llenadora, etiquetadora, codificadora, empacadora, palletizadora, retractiladora y medios de transporte (montacargas).
- ✓ Recursos humanos: Especialistas, técnicos y obreros designados para el proceso de producción de agua mineral natural.

Documentación del Proceso:

- ✓ St 00.907-06 Corporate Engineering Standards.
- ✓ St 10.504 SIDEL Universal Blowmolder Standard for Nestlé Waters Operations.
- ✓ St 10.538 Technical Specification Package for acquiring Water Treatment, central CIP station, Filling and Packing machinery in Nestlé.
- ✓ Po 14.000 The Nestle Policy on Environmental Sustainability.
- ✓ St 14.004-02 Management of Environmental Exceptional Compliance Issues.
- ✓ St 14.020-04 Nestle Environmental Requirements.
- ✓ P Po 18.000 The Nestle Policy - Safety and Health at Work.
- ✓ St 18.043-08 Material Handling Equipment - S&H Requirements.
- ✓ St 18.046-02 Working at Height - Nestlé Occupational Safety and Health Standard.
- ✓ St 18.047-04 Management of High Hazard Tasks - S&H Requirements and Guidance.
- ✓ St 18.113-01 Laboratory Safety & Health Requirem...09. 2016.
- ✓ St 18.114 Biosafety & Biosecurity in Microbiology Laboratories.
- ✓ St 18.116-3 Management of Work Equipment .S&H Requirements.
- ✓ St 21.114 Management of Change.
- ✓ St 21.021 Rework Management.
- ✓ St 10.750-2 The "In/Out" Test Method for Sensory Quality Control in NW Factories.
- ✓ Po 31.000 Nestlé Quality Policy.
- ✓ St 0.051 Nestlé Management System (NMS) for Quality & SHE.



- ✓ St 10.000 Nestlé Waters Operational Standard.
- ✓ St 10.537 Ultraviolet reactors for disinfection and ozone destruction in bottled water applications.
- ✓ St 31.001-09 Standard for the Release of Finished Products.
- ✓ St 31.007-03 Standard for the Release of Incoming Materials.
- ✓ St 31.046 Standard for Food and Beverage Machines: Machine Manufacturer - Quality Manual
- ✓ St 31.051 Hygienic Zoning Standard.
- ✓ St 31.115-04 Standard for Batch, Shelf Life and Traceability Management.
- ✓ St 31.126-02 Cleaning and Disinfection Standard.
- ✓ St 31.715-04 Standard for preventing and controlling foreign bodies in foods.
- ✓ St 80.104-02 Surveillance Testing Plan for Packaging Materials and Auxiliary Items in Contact with Food Products.
- ✓ St 26.651-01 Pallet Racking Systems.
- ✓ St 26.652-01 Inventories in Logistics.
- ✓ St 26.728-01 Physical Logistics - Product Quality in Distribution.

Alcance:

- **Comienza:** Con la entrada del agua de manantial y de las preformas.
- **Incluye:** Bombeo, filtrado, soplado, estirado, llenado, tapado, etiquetado, codificado, empacado, palletizado, retractilado.
- **Termina:** Almacenamiento de los pallets en el almacén.

Entradas: Agua de manantial, preformas, tapas, etiquetas, pegamento, nylon retráctil, pallets, separadores, nylon extensible, cubre pallets, documentación.

Proveedores: Empresa Militar Industrial EMI “Che Guevara”, NOVAPET, POLYKON, Inplast, Corvaglia, GEOCUBA, Macresac, HENKEL, Oficina Nacional de Normalización.

Salidas: Botellas llenas y tapadas en formatos de 0.5 y 1.5 litros, desechos sólidos y registros.

Clientes: Agencia de Distribución Villa Clara, Agencia de Distribución Wajay, Agencia de Distribución Santiago de Cuba, Agencia de Distribución Varadero, Agencia de Distribución Camagüey, Agencia de Distribución Holguín, dirección técnica y dirección de operaciones.

Indicadores:

- ✓ AI ≥ 77.7 %
- ✓ Costo de conversión por '000 Botellas

Registros

- ✓ Registro de resultados de ensayos realizados.
- ✓ Informes de quejas/reclamaciones a

<p>(\$) ≤ 72</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ MSA ≥ 90 ✓ Eficiencia ≥ 85 % ✓ Paros no planeados ≤ 15 % ✓ Quejas de consumidores, < 54 unidades en el año ✓ Consumo de agua ≤ 1.29 m3/t ✓ Cero accidente ✓ Lograr bien a la primera (FTR) ≥ 99%. ✓ Más de 90 puntos en la inspección higiénica sanitaria en el periodo ✓ Cumplimiento de la norma de vertimiento P.T.R. ✓ DBO 30mg/L y DQO 70 mg/L desinfección de los envases de desechos peligrosos. ✓ Cumplir con el programa de BBS al 100 % ✓ Cumplir con el manejo de desechos peligrosos y la clasificación de los sólidos ✓ Lograr un índice de consumo de azúcar por debajo o igual a 2.00 % ✓ Cumplimiento del plan de producción en unidades ✓ Consumo de Energía ≤ 0.32 GJ/t ✓ Cumplimiento de las: Acciones del Plan de Prevención de Riesgos; en el periodo que se evalúa. ✓ Cumplimiento en tiempo y forma de las acciones correctivas. ✓ Cumplimiento del presupuesto aprobado de costos fijos de producción. 	<p>proveedores, a clientes y a las partes interesadas.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Retroalimentación de los clientes, incluyendo los resultados de las mediciones de la satisfacción del cliente. ✓ Acciones correctivas, preventivas y de mejoras. ✓ Programas y planes de acción ante situaciones de riesgos de inocuidad, medioambiente y seguridad y salud en el trabajo. ✓ Informes del equipo de inocuidad. ✓ Declaración de conformidad.
---	---

Anexo 6: Características de calidad y especificaciones del agua mineral natural.

Fuente: NC 297: 2005

Parámetros	Características	Unidad de medida	Especificaciones	
Físico-Químico	Índice de pH	u	7.3 ± 0.3	
	Conductividad eléctrica	μS/cm ³	590 a 650	
	Temperatura	°C	Máx. 26.6	
	Ozono (O ₃)	mg/L	0.04 a 0.10	
	Dureza total (CaCO ₃)	mg/L	270 a 295	
	Residuo seco	mg/L	354 a 390	
	Alcalinidad	mg/L	275 a 306	
	Turbidez	NTU	< 0,1	
	Componentes indispensables:			
	- Bromatos (BrO ₃)	μg/L	≤10	
	- Bicarbonato (HCO ₃)	mg/L	335 a 375	
	- Cloruro (CL ⁻)	mg/L	16 a 24	
	- Sulfato (SO ₄)	mg/L	13 a 18	
	- Calcio (Ca ²⁺)	mg/L	100 a 114	
	- Magnesio (Mg ²⁺)	mg/L	2 a 6	
- Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	< 20		
- Nitrito (NO ₂)	mg/L	< 0.02		
- Amonio (NH ₄ ⁺)	mg/L	< 0.1		
Microbiológico	Conteo Total de Aerobios Mesófilos Viables		≤ 20 ufc/mL	
	Pseudomona aeruginosa		(0 ufc/250mL)	
	Coliformes totales		(0 ufc/250mL)	
	Enterococos		(0 ufc/250mL)	
	Bacterias anaerobias esporuladas reductoras de Sulfito		(0 ufc/50mL)	
Organoléptico	Aspecto / color		Dentro	
	Olor		Dentro	
	Sabor		Dentro	
Estética	Conformado de Botellas		Ausencia de Defectos	
	Llenado-Tapado		Ausencia de defectos	
	Etiquetado, empaçado, paletizado y enfardado		Ausencia de Defectos Correcto	
	Codificado		Impresión correcta de datos, Claro y Legible	

Anexo 7: Método para el cálculo del coeficiente de competencia de los expertos.

Fuente: Cortés e Iglesias (2005).

Para seleccionar los expertos de acuerdo al criterio de Cortés e Iglesias (2005), se debe:

1. Elaborar una lista de candidatos que cumplan con los requisitos predeterminados de experiencia, años de servicio, conocimientos sobre el tema.
2. Determinar el coeficiente de competencia de cada experto.

Este último paso permite asegurar que los expertos que se consultan verdaderamente pueden aportar criterios significativos respecto al tema objeto de estudio.

El coeficiente de competencia de los expertos, según exponen Cortés e Iglesias (2005), se calcula a partir de la aplicación del cuestionario general que se muestra a continuación:

Cuestionario para la determinación del coeficiente de competencia de cada experto.

Fuente: Cortés e Iglesias (2005)

Nombre y Apellidos:

- 1- Autoevalúe en una escala de 0 a 10 sus conocimientos sobre el tema que se estudia.
- 2- Marque la influencia de cada una de las fuentes de argumentación siguientes:

Fuentes de Argumentación	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted			
Experiencia obtenida			
Trabajos de autores nacionales que conoce			
Trabajos de autores extranjeros que conoce			
Conocimientos propios sobre el estado del tema			
Su intuición			

Se utiliza la fórmula siguiente: $K \text{ comp.} = \frac{1}{2} (Kc + Ka)$

Donde:

Kc: Coeficiente de Conocimiento: Se obtiene multiplicando la autovaloración del propio experto sobre sus conocimientos del tema en una escala del 0 al 10, por 0,1.

Ka: Coeficiente de Argumentación: Es la suma de los valores del grado de influencia de cada una de las fuentes de argumentación con respecto a una tabla patrón, se emplea en esta investigación la siguiente tabla:

Anexo 7: Continuación.

Fuentes de Argumentación	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted	0.3	0.2	0.1
Experiencia obtenida	0.5	0.4	0.2
Trabajos de autores nacionales que conoce	0.05	0.04	0.03
Trabajos de autores extranjeros que conoce	0.05	0.04	0.03
Conocimientos propios sobre el estado del tema	0.05	0.04	0.03
Su intuición	0.05	0.04	0.03

Dados los coeficientes K_c y K_a se calcula para cada experto el valor del coeficiente de competencia K_{comp} siguiendo los criterios siguientes:

- ✓ La competencia del experto es ALTA si $K_{comp} > 0.8$
- ✓ La competencia del experto es MEDIA si $0.5 < K_{comp} \leq 0.8$
- ✓ La competencia del experto es BAJA si $K_{comp} \leq 0.5$

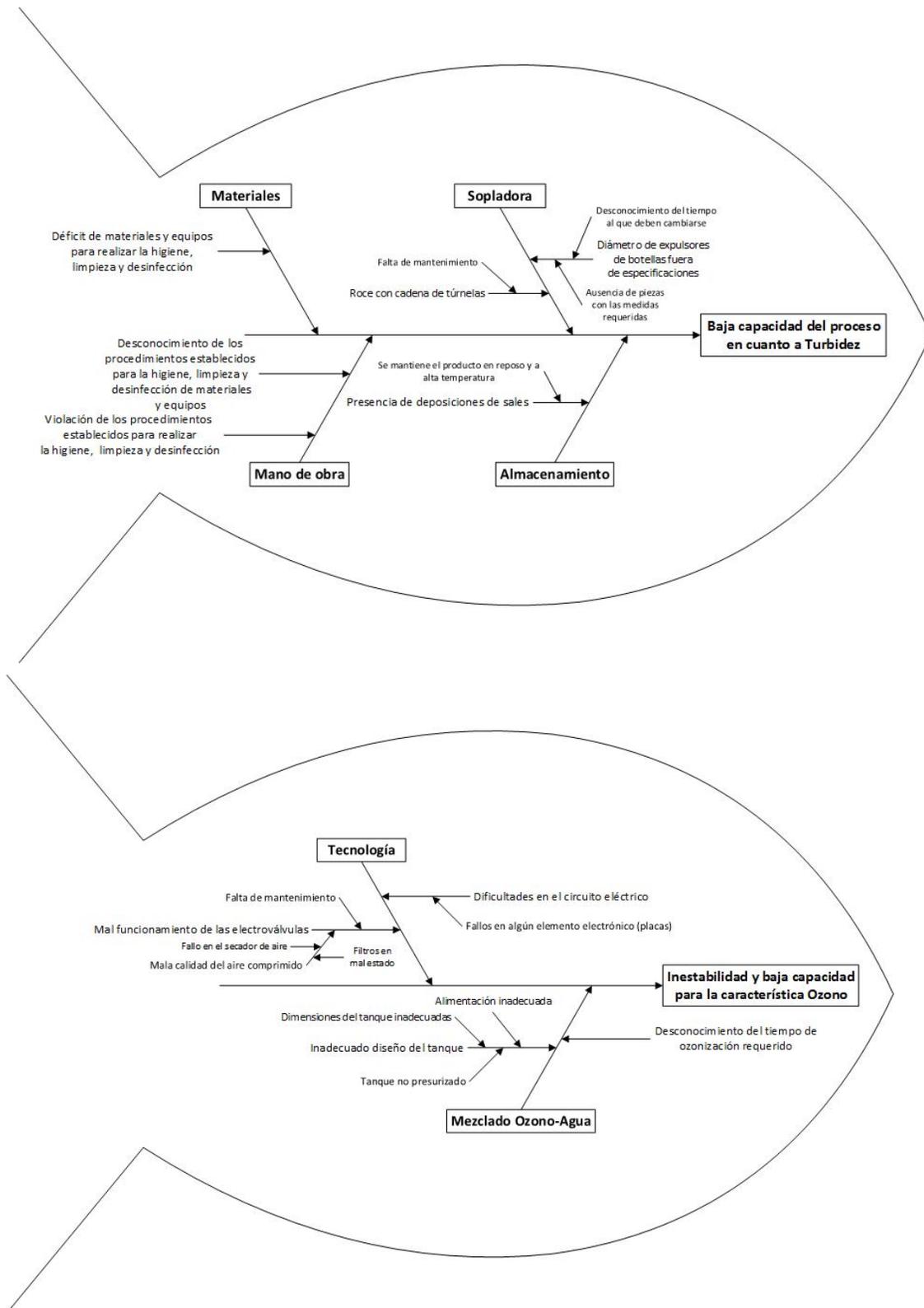
Anexo 8: Valores diarios de Turbidez, Ozono y Bromato durante el mes de Julio de 2022.

Fuente: Embotelladora de Agua Mineral Ciego Montero

Día	Turbidez	Ozono												Bromato
1	0.06	0.09	0.08	0.07	0.09	0.09	0.08	0.07	0.09	0.09	0.08	0.08	0.09	7
2	0.07	0.08	0.1	0.08	0.09	0.09	0.09	0.08	0.06	0.08	0.07	0.09	0.08	8
3	0.1	0.06	0.08	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09	0.09	0.08	0.07	0.09	0.08	8
4	0.08	0.08	0.09	0.08	0.07	0.08	0.08	0.09	0.09	0.08	0.07	0.09	0.08	5
5	0.06	0.08	0.09	0.08	0.08	0.09	0.09	0.08	0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	8
6	0.08	0.09	0.09	0.07	0.08	0.09	0.09	0.08	0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	8
7	0.09	0.09	0.09	0.07	0.1	0.08	0.1	0.06	0.07	0.08	0.09	0.09	0.08	6
8	0.07	0.06	0.08	0.07	0.09	0.08	0.09	0.06	0.07	0.08	0.09	0.09	0.08	5
9	0.08	0.06	0.08	0.06	0.09	0.07	0.09	0.08	0.09	0.06	0.06	0.08	0.07	7,7
10	0.07	0.09	0.09	0.08	0.09	0.07	0.08	0.09	0.09	0.06	0.06	0.08	0.07	9,26
11	0.08	0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	0.09	0.07	0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	5,38
12	0.08	0.09	0.09	0.09	0.08	0.09	0.07	0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	0.09	7,48
13	0.08	0.09	0.09	0.08	0.08	0.09	0.08	0.09	0.09	0.08	0.06	0.09	0.08	8,49
14	0.09	0.08	0.06	0.09	0.07	0.07	0.08	0.09	0.07	0.08	0.1	0.08	0.09	7,84
15	0.07	0.06	0.08	0.07	0.07	0.09	0.09	0.08	0.1	0.07	0.09	0.08	0.07	6,47
16	0.09	0.09	0.08	0.08	0.09	0.08	0.09	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.08	6,29
17	0.08	0.09	0.07	0.08	0.09	0.08	0.08	0.09	0.08	0.09	0.07	0.09	0.09	8,37
18	0.08	0.08	0.06	0.08	0.09	0.07	0.07	0.08	0.09	0.08	0.08	0.09	0.09	8,71
19	0.08	0.09	0.08	0.07	0.06	0.07	0.08	0.06	0.06	0.08	0.09	0.08	0.09	6,75
20	0.08	0.08	0.09	0.08	0.09	0.08	0.08	0.09	0.09	0.07	0.08	0.08	0.08	5,94
21	0.09	0.09	0.07	0.06	0.06	0.08	0.07	0.06	0.08	0.06	0.09	0.08	0.07	8,55
22	0.08	0.08	0.08	0.1	0.08	0.08	0.07	0.09	0.08	0.09	0.08	0.09	0.08	6,18
23	0.07	0.07	0.08	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08	0.07	0.08	7,14
24	0.08	0.09	0.08	0.08	0.07	0.08	0.09	0.08	0.08	0.09	0.09	0.08	0.07	6,96
25	0.1	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08	0.07	0.07	0.06	0.08	0.07	0.07	0.09	7,87

Anexo 9: Diagramas Causa-Efecto para Turbidez y Ozono.

Fuente: Elaboración propia.



Anexo 10: Planes de mejora para Turbidez y Ozono. Fuente: Elaboración propia.

Oportunidad de mejora: Presencia de deposiciones de sales. Meta: Evitar la presencia de deposiciones de sales. Responsable general: Jefe de producción						
No	¿Qué?	¿Quién?	¿Cómo?	¿Cuándo?	¿Dónde?	¿Por qué?
1	Evitar que el producto permanezca en reposo por más de 5 meses.	Tecnólogo	Moviendo el producto antes de los 5 meses. Informando a los distribuidores sobre esta característica.	Cuando sea necesario	Embotelladora Ciego Montero	Para evitar la aparición de deposiciones de sales.
2	Mantener el producto en un lugar ventilado (por debajo de los 30°).	Tecnólogo	Mediante el control de la temperatura en el almacén.	2023	Embotelladora Ciego Montero	Para evitar la aparición de deposiciones de sales.

Oportunidad de Mejora: Diámetro de expulsores de botellas fuera de especificaciones. Meta: Evitar cuerpos extraños dentro de las botellas sopladas. Responsable general: Jefe de Producción.						
No	¿Qué?	¿Quién?	¿Cómo?	¿Cuándo?	¿Dónde?	¿Por qué?
1	Cambiar expulsores de botella cuando sea necesario.	Especialista de calidad	Mediante un estudio de fiabilidad que permita identificar cada qué tiempo deben cambiarse los expulsores. Gestionar la compra de expulsores según el diámetro especificado.	2023	Embotelladora Ciego Montero	Para evitar que sólidos en suspensión y otros elementos afectan la turbidez del agua.

Oportunidad de Mejora: Roce con cadena de túnelas. Meta: Prevenir la aparición de sólidos en suspensión. Responsable general: Jefe de Producción.						
No	¿Qué?	¿Quién?	¿Cómo?	¿Cuándo?	¿Dónde?	¿Por qué?
1	Realizar mantenimientos a la sopladora	Especialista en mantenimiento	Mediante el diseño y ejecución de un mantenimiento preventivo planificado	2023	Embotelladora Ciego Montero	Para prevenir roce de las botellas con cadenas de túnelas
2	Verificar que se aplique el plan de mantenimiento	Tecnólogo. Especialista en mantenimiento	Realizar controles sistemáticos	2023	Embotelladora Ciego Montero	Para evitar roce de las botellas con cadena de túnelas

Oportunidad de Mejora: Inadecuado diseño del tanque de ozonización.
Meta: Realizar una adecuada mezcla ozono-agua.
Responsable general: Jefe de Producción.

No	¿Qué?	¿Quién?	¿Cómo?	¿Cuándo?	¿Dónde?	¿Por qué?
1	Cambiar tanque de ozonización por uno de menor capacidad y presurizado	Tecnólogo Especialista de mantenimiento	Gestionando la compra de un tanque acorde a las dimensiones que se requieren y que sea presurizado	2023	Embotelladora Ciego Montero	Para disminuir el tiempo de contacto ozono-agua.
2	Cambiar forma de alimentación del tanque	Especialista en mantenimiento	Poniendo la toma en la parte baja del tanque.	2023	Embotelladora Ciego Montero	Para lograr una mejor mezcla del ozono con el agua.

Oportunidad de Mejora: Desconocimiento del tiempo de ozonización requerido.
Meta: Garantizar un adecuado tiempo de ozonización.
Responsable general: Jefe de Producción.

No	¿Qué?	¿Quién?	¿Cómo?	¿Cuándo?	¿Dónde?	¿Por qué?
1	Conocer el tiempo de ozonización requerido	Tecnólogo.	Mediante un diseño de experimentos.	2023	Embotelladora Ciego Montero	Para conocer el tiempo adecuado de contacto ozono-agua