



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**“Aplicación de herramientas estadísticas y Lean Manufacturing
para la reducción de la variabilidad del indicador de Sólidos
Totales del agua sin gas envasada en una empresa embotelladora
de bebidas no alcohólicas”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

MAGISTER EN MEJORAMIENTO DE PROCESOS

Presentada por:

María José Carvajal Cerón

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2021

AGRADECIMIENTO

A Dios, a mi director de proyecto, el Ph.D. Marcos Buestán, al MSc. Cesar Tuarez, al MSc. Enriche por su ejemplo y a las personas que colaboraron de una u otra forma para la realización de este trabajo, especialmente a mi familia por su apoyo constante y por darme la oportunidad de poder continuar mis estudios.

DEDICATORIA

Este Proyecto está dedicado a mis padres por ser mi soporte siempre, a mis hermanos por ser mi ejemplo constante, a mis hijos por esperarme y amarme tanto, a mis amigos por alegrarme los días y desestresarme siempre. Los quiero mucho a todos.

TRIBUNAL DE TITULACIÓN



Firmado electrónicamente por:
MARCOS NICOLAJEEF
BUESTAN BENAVIDES

Marcos Buestán B., Ph.D.
DIRECTOR DE PROYECTO

María Fernanda López., MSc.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este proyecto de titulación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

Ing. María José Carvajal C.

RESUMEN

El presente proyecto consistió en un estudio para el mejoramiento y reducción en la variabilidad de los sólidos totales disueltos en el agua envasada aplicando herramientas estadísticas y Six Sigma.

La empresa objeto de estudio es una embotelladora de bebidas no alcohólicas que se dedica a la producción de gaseosas, té y agua envasada en diferentes formatos de presentación contando con 9 líneas de producción, y su propia planta de tratamiento de agua. La Matriz principal que se encuentra en México, se encarga de controlar y exigir nuevos indicadores basados en normas internacionales y así poder garantizar productos con estándares internacionales de calidad.

El objetivo del proyecto es implementar herramientas estadísticas y de six sigma para reducir la variabilidad de los sólidos totales en el agua envasada e incrementar el indicador de Cpk >1.33 en ese indicador por la matriz de México de 0.53 a 0.85 de Cpk para obtener una mejora en el proceso del 60%.

Lo primero que se realizó fue un análisis estadístico del indicador y su comportamiento en los últimos 6 meses para conocer sus tendencias y comportamientos por medio de cartas de control y por ende su valor de Cpk durante esos meses con una análisis de capacidad, una vez determinado el estado del indicador se proceden a utilizar herramientas como lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa, matriz causa efecto, plan de verificación de causas, con esto se elabora un plan de acción determinando que el proceso necesita implementación de TPM en planta de agua, así como inducción adecuada del personal ya que luego de un estudio de R&R se determina que el sistema de medición no es el adecuado y por medio de lecciones de un punto se logra capacitar al personal de las diferentes áreas involucradas en la elaboración del producto.

Posteriormente se obtuvo como resultado el desarrollo de un plan de mantenimiento adecuado donde se incluyen los procesos de verificación de los equipos, el tiempo en el que se debe realizar los mantenimientos y el proveedor responsable del equipo.

Adicional a esto, una vez realizadas las mejoras se logra superar el objetivo establecido en el proyecto, se obtiene una mejora en el indicador del 94% y se logra un Cpk = 1.03.

ÍNDICE GENERAL

ABREVIATURAS	IX
SIMBOLOGÍA	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Introducción.....	1
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Planteamiento del problema.....	4
1.3.1 Etapa Definición	4
1.3.2 Etapa Medición.....	6
1.4 Objetivos.....	11
1.4.1 Objetivo General.....	11
1.4.2 Objetivo Específico.....	11
1.5 Justificación de la Metodología de la solución.	12
1.5.1 Definir.....	12
1.4.2 Medir	12
1.4.3 Analizar	12
1.4.4 Mejorar.....	13
1.4.5 Control	13
CAPÍTULO 2.....	14
2. ETAPA DE ANÁLISIS E IMPLEMENTACION DE LA MEJORA.....	14
2.1. Propósito de la etapa de Análisis	14
2.2. Causa Raíz del Problema.....	14
2.2.1 Lluvia de ideas.....	14
2.2.2 Diagrama de Ishikawa.....	15
2.2.3 Matriz Causa Efecto.	19
2.2.4 Go and See (Gemba)	20
2.3 Propósito de la etapa de Implementación	34
2.3.1 Mejora en equipos de ósmosis inversa.	35
2.3.2 Mejora en los medidores de pH	35
2.3.3 Mejora en las tuberías de planta de agua	36
2.3.4 Mejora en el diseño de las tuberías de recirculación del jarabe terminado.....	36
2.3.5 Mejora en las membranas de ósmosis inversa.	37
2.3.6 Mejora del equipo medidor de sólidos totales	37
2.3.7 Mejora en el cambio de carbón activado granular de planta de agua.....	38

2.3.8 Reparar tanque ablandador de agua	39
2.3.9 Capacitación al personal.....	39
CAPÍTULO 3.....	42
3. ETAPA DE CONTROL	42
3.1. Resultados de la Mejora.....	42
CAPÍTULO 4.....	59
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
4.1 Conclusiones.....	59
4.2 Recomendaciones.....	60
BIBLIOGRAFÍA.....	61
ANEXOS.....	62

ABREVIATURAS

STD	Sólidos Totales Disueltos
UV	Ultravioleta
VOC	Voz del Cliente
Cpk	Índice de Capacidad del Proceso
NOV	noviembre
ABR	abril
ENE	enero
FEB	febrero
MAR	marzo
DIC	diciembre
DMAIC	Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.
R&R	Reproducibilidad y Repetitividad
TPM	Mantenimiento Productivo Total
LI	límite inferior
LS	límite superior

SIMBOLOGÍA

pH	Potencial de Hidrógeno
PSI	Presión
gpm	galones por minuto
ppm	partes por millón
min	Minutos
m ³	Metros cúbicos
Na	Sodio

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Objetivos de la mejora que combina Lean con Six sigma	1
Figura 1. 2 Ventas año 2020	2
Figura 1. 3 Diagrama de Flujo del proceso de elaboración de agua.....	4
Figura 1. 4 VOC del cliente	5
Figura 1. 5 Grafica de Normalidad.....	5
Figura 1. 6 Gráfica de corridas de Nov20 – abril 21	6
Figura 1. 7 Análisis de Capacidad de los STD NOV 2020	7
Figura 1. 8 Análisis de Capacidad de los Solidos Totales Disueltos DIC 2020	7
Figura 1. 9 Análisis de Capacidad de los Solidos Totales Disueltos ENE 2021	8
Figura 1. 10 Análisis de Capacidad de los Solidos Totales Disueltos FEB 2021.....	8
Figura 1. 11 Análisis de Capacidad de los Solidos Totales Disueltos MAR 2021.....	9
Figura 1. 12 Análisis de Capacidad de los Solidos Totales Disueltos ABR 2021	9
Figura 1. 13 Indicador de Cpk de los STD Nov 2020 -Abr 2021	10
Figura 1. 14 Valores de Cp, clasificación por el ASQ	11
Figura 2. 1 Lluvia de ideas	15
Figura 2. 2 Diagrama de Ishikawa de la variabilidad del indicador de Solidos Totales disueltos.....	17
Figura 2. 3 Ponderación a la afectación que ejercen las causas sobre los efectos	20
Figura 2. 4 Plan de verificación de causas (Gemba Walk).....	21
Figura 2. 5 Sistema de Osmosis inversa de agua a envasar	22
Figura 2. 6 Equipos de ósmosis inversa	22
Figura 2. 7 Promedio de las mediciones de STD en las torres de ósmosis inversa	23
Figura 2. 8 Porcentaje de Remoción en las torres de ósmosis inversa	23
Figura 2. 9 Medidor de pH antes de la mejora	24
Figura 2. 10 Tubería con incrustaciones.....	24
Figura 2. 11 Tuberías en sala de jarabe antes de la mejora	25
Figura 2. 12 Cartuchos de membranas de ósmosis antes de la mejora.....	26
Figura 2. 13 Imágenes de operadores realizando mediciones.....	27
Figura 2. 14 ANOVA del sistema de medición.....	27
Figura 2. 15 R&R del sistema de medición.....	28
Figura 2. 16 Porcentaje de aceptación del sistema de medición	28
Figura 2. 17 Número de Categorías del sistema de medición.....	29
Figura 2. 18 Análisis R&R del sistema de medición (ANOVA) de los STD.....	29
Figura 2. 19 Equipo medidor de STD antes de la mejora	30
Figura 2. 20 Hoja de control de calibración del equipo medidor de STD.....	30
Figura 2. 21 Ficha técnica carbón activado encontrado en planta de agua.....	31
Figura 2. 22 Tanque de filtración por carbón activado antes de la mejora	31
Figura 2. 23 Cartuchos con migración de resina y tanque con fisuras	32
Figura 2. 24 Análisis de Sólidos al jarabe terminado	33
Figura 2. 25 Plan de acción para reducir la variación de sólidos totales	34
Figura 2. 26 Promedio de mediciones de STD en las torres de ósmosis inversa	35
Figura 2. 27 Medidor de pH después de la mejora.	35
Figura 2. 28 Tubería luego del mantenimiento desincrustaciones	36
Figura 2. 29 Tubería con sistema de recirculación mejorado.....	36
Figura 2. 30 Cartuchos de membranas de ósmosis nuevos luego de la mejora	37
Figura 2. 31 Equipo medidor de STD después de la mejora.....	37

Figura 2. 32 Tanque de filtración por carbón activado después de la mejora	38
Figura 2. 33 Planta de agua sin tanque ablandador	39
Figura 2. 34 Personal recibiendo capacitación	40
Figura 2. 35 Hoja de registro de capacitación	40
Figura 2. 36 Hoja de análisis jarabe terminado	41
Figura 3. 1 Análisis de capacidad antes de la mejora abril 2021	42
Figura 3. 2 Gráfica de control agosto 2021	43
Figura 3. 3 Análisis de capacidad agosto 2021	43
Figura 3. 4 Series de tiempo de Cpk 2021	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1: Resultados de Cpk de Sólidos totales disueltos Nov 2020 – Abr 2021	10
Tabla 2. 1: Matriz Causa – Efecto de la variabilidad del indicador Sólidos Totales	19
Tabla 2. 2: Mediciones de las torres de ósmosis inversa para la remoción STD.....	64
Tabla 2. 3: Resultados de las mediciones para el estudio R&R de STD en agua envasada	65
Tabla 2. 4: Mediciones de las torres de ósmosis inversa para la remoción STD (agosto 2021)	66
Tabla 3. 1	68

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

Desde los años 50's empresas como Toyota y Motorola crearon herramientas con las cuales podían hacer que sus procesos se realizaran de manera eficaz y efectiva, disminuyendo tiempos perdidos y cumpliendo con los requisitos exigidos por los clientes. Hoy en día en el Ecuador las empresas buscan solucionar problemas que se les presente utilizando dichas herramientas implementándolas en sus procesos y así obtener cambios y mejoras constantemente.

La competitividad por elaborar los mejores productos del mercado y obtener mayor cantidad de clientes, exige a las compañías rediseñar sus procesos de negocios, ya que estos no solo demandan cantidad si no calidad para su consumo.

Las herramientas de control estadístico que se pueden aplicar en la metodología Six Sigma, como las de Lean Manufacturing son clave para que el mejoramiento exista en los procesos productivos, reducciones de desperdicios y tiempos ya que con ellos se logra un mayor control durante la elaboración de productos donde se detecten variantes que puedan afectar directamente a los resultados requeridos.

Un ejemplo claro es el que se muestra en la Figura 1.1 donde se puede observar un resumen de los objetivos de ambas metodologías para reducir la variabilidad y consecuente mejora de sus procesos.

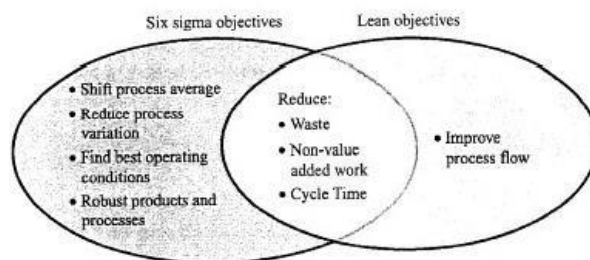


Figura 1. 1 Objetivos de la mejora que combina Lean con Six sigma

Fuente: Ron Snee, Lean Six Sigma – Getting better all the time.

1.2 Antecedentes

El agua es denominada el líquido vital para la supervivencia del ser humano desde tiempos remotos, razón por la cual durante años ha sido tema de estudio de muchas personas. El correcto uso de la fuente hasta su consumo final es una práctica que realizan a diario muchas empresas que procesan este líquido.

La empresa que fue sede para la elaboración de este proyecto, es una embotelladora de bebidas no alcohólicas, gaseosas desde hace más de 20 años. Entre sus productos, se elabora Agua sin gas para Latinoamérica y la Armada de Estados Unidos, proceso en el cual se deben cumplir con estándares de Calidad durante su elaboración para obtener el mejor producto final.

En planta Guayaquil durante el año 2020 se determinó que el Agua sin gas representó un 11% de las ventas como se observa en la Figura 1.2 siendo así el segundo producto más vendido en la compañía, luego de la Gaseosa 1.

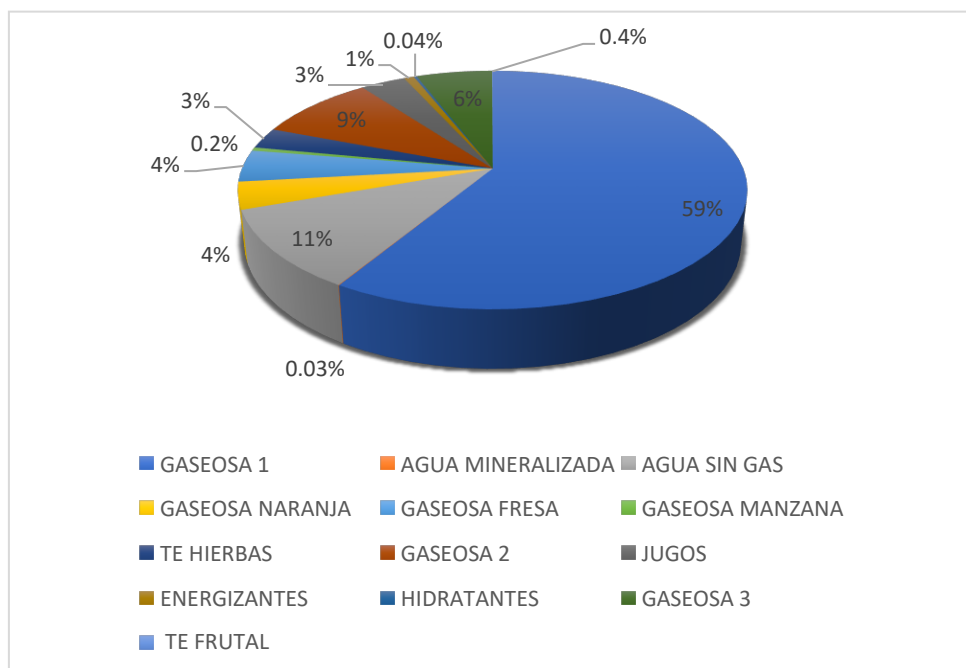


Figura 1. 2 Ventas año 2020

Fuente: María José Carvajal.

Las plantas que elaboran estas bebidas deben cumplir con indicadores que son exigidos por su matriz en México, dichos indicadores deben ser medidos, monitoreados y controlados para asegurar que el producto final cumple con las especificaciones internacionales requeridas.

El proceso de elaboración de este producto como muestra la figura 1.3 cuenta con varias etapas que serán descritas comenzando en la planta de tratamiento de agua donde la materia prima en este caso el agua viene de la red municipal y pasa por varias etapas como tratamiento 1 con turborreactores donde el agua se mezcla con sulfato férrico y cloro para reducir la carga microbiana y suspender sólidos para luego eliminarlos, luego de esto pasa a los filtros clarificadores para reducir impurezas, el agua se almacena en un tanque de equilibrio para ser enviada a los filtros de arena donde se retienen impurezas provenientes de los clarificadores, el agua continua hacia el taque de agua pretratada para enviarla a los filtros de carbón donde la función principal es eliminar olores no deseados como el del cloro.

El agua pasa a los filtros pulidores para retener residuos de carbón, luego pasa por un sistema UV donde se eliminan bacterias y contaminación que haya quedado en las etapas anteriores. Como el agua aún es dura, es decir que contiene un alto nivel de minerales, en particular sales de magnesio y calcio, debe pasar por un proceso de ablandamiento a través de un tanque que contiene resina catiónica, allí se eliminan el calcio y magnesio por medio de un intercambio iónico, una vez obtenida el agua blanda pasa a los equipos de osmosis inversa para que se purifique y elimine iones, moléculas y partículas más pequeñas, luego se la envía a otro tanque de almacenamiento para ajustar el pH del agua con ayuda de soda caustica.

En la segunda etapa del proceso el agua es enviada a sala de jarabe donde el agua osmótica es mezclada con el concentrado de bebida, donde se obtiene el preparado final que pasa por medio de tuberías a la línea, para luego ser llenada en sus botellas individuales.

Durante todo el proceso de obtención de agua osmótica hasta producto terminado se realizan varios análisis para verificar el cumplimiento entre ellos Sólidos Totales Disueltos, pH, turbidez dentro de los cuales existe una variabilidad en el de Solidos Totales Disueltos durante las etapas objeto de nuestro estudio.

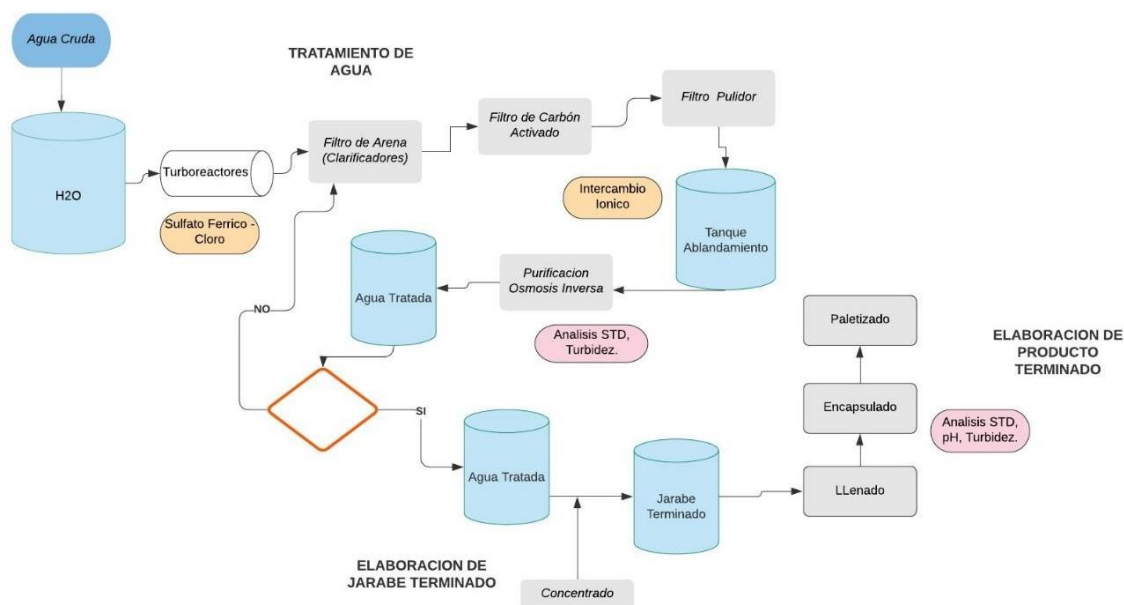


Figura 1. 3 Diagrama de Flujo del proceso de elaboración de agua.

Fuente: María José Carvajal.

1.3 Planteamiento del problema

1.3.1 Etapa Definición

La temática del presente proyecto se desarrolla debido a que a partir del año 2020 el atributo de Sólidos Totales Disueltos se incluye como indicador de cumplimiento a ser controlado por su matriz en México y al realizar el análisis estadístico de los resultados obtenidos en las producciones se observa alta variabilidad en el proceso y su posterior incumplimiento en el indicador de Cpk, lo cual no permite a la empresa obtener una buena calificación como planta productora de dicha bebida. Para iniciar con este planteamiento se utilizó el VOC, según (W.Breyfogle, 2003) un proyecto six sigma tiene como prioridad la satisfacción del cliente, para esto se identifican las especificaciones del cliente y se siguen los pasos:

- Definir al cliente.
- Obtener las necesidades del cliente
- Asegurar el objetivo del proyecto, que es atender los requerimientos del cliente.

Como indica la figura 1.4 donde se observa el segmento y los hallazgos encontrados durante la entrevista con la jefatura de procesos.



Debido a que la empresa tiene claro el incumplimiento del indicador no hace falta buscar la Y Primaria. Por requerimientos de la jefatura se busca el mejoramiento deseado por el cliente que en este caso es la matriz de la compañía.

Figura 1. 4 VOC del cliente.

Autor: María José Carvajal.

En el anexo 1, se muestra los resultados obtenidos en cada análisis diario para determinar sólidos totales disueltos, según el programa de producción desde noviembre del 2020 hasta abril 2021. La data es tomada sin sacar promedios diarios ya que así lo exige la matriz, su diferencia en el número de muestras entre los meses se debe a que el programa de producción realiza su programación en base al cliente externo y las corridas de producción son distintas.

Con el fin de conocer el estado actual del proceso, fue necesario un análisis estadístico de los datos del atributo de Sólidos Totales Disueltos. El objetivo de este análisis es conocer la estabilidad y la capacidad de los procesos para cumplir con las especificaciones.

Para esto primero se realiza un análisis de supuestos de normalidad y estabilidad para determinar si mis datos son normales o no.

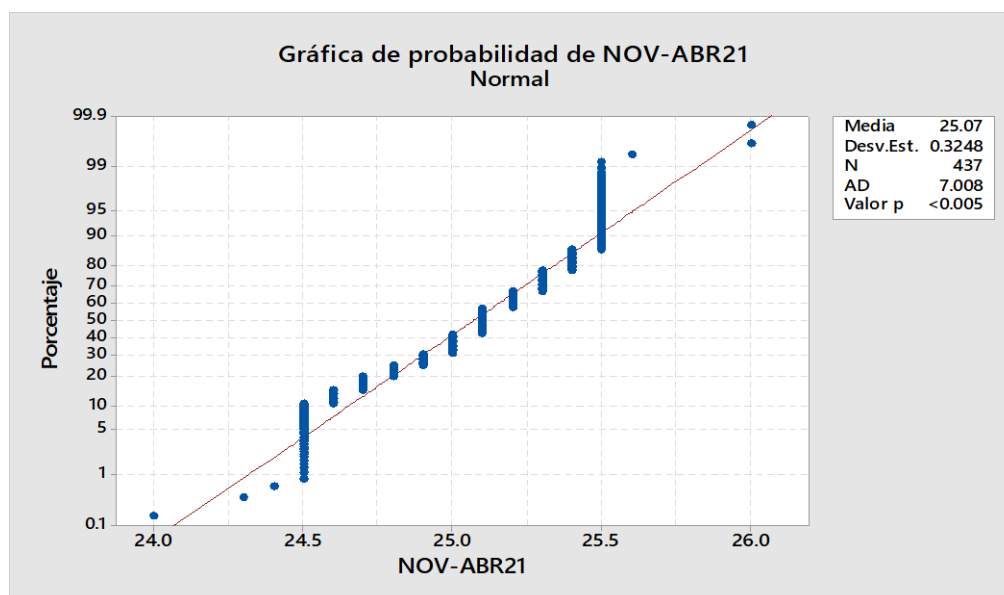


Figura 1. 5 Grafica de Normalidad

Autor: María José Carvajal.

Con un valor $p < 0.05$ la Figura 1.5 indica que los datos no siguen una distribución normal, esto significa que los datos que se obtuvieron no siguen una simetría debido a que son muestras tomadas por diferentes operadores, en diferentes turnos, y las cavidades del envasado son varias. Al no ser los datos distribuidos normalmente, la medida de tendencia central a utilizar será la mediana.

1.3.2 Etapa Medición

Al obtener valores no normales se realiza una gráfica de corridas para determinar causas especiales en la variación del proceso.

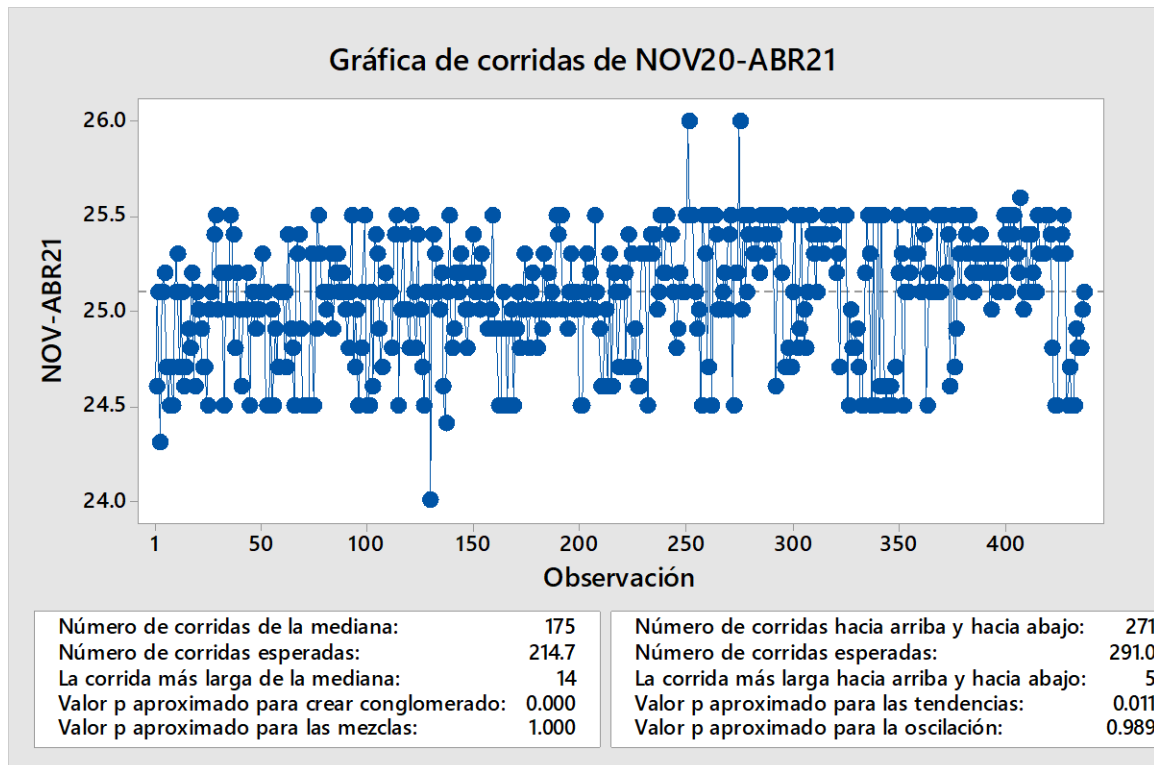


Figura 1. 6 Gráfica de corridas de Nov20 – abril 21

Autor: María José Carvajal

La Figura 1.6 gráfica de corridas de noviembre del 2020 hasta abril 2021 demuestra que con un valor $p=0.000$ existe un conglomerado en los resultados que indica que existen causas especiales de variación. Observando los diferentes patrones se puede definir que con un valor de $p = 0.011$ existe un patrón de tendencia que puede deberse a ajuste en equipos o mala rotación de operadores que analizan las muestras.

Otro inconveniente que se analiza para la determinación de este problema es que la empresa toma sus datos y calcula valores de Cpk asumiendo data normal, lo cual nos indica que no ha existido un control previo durante las desviaciones en los procesos.

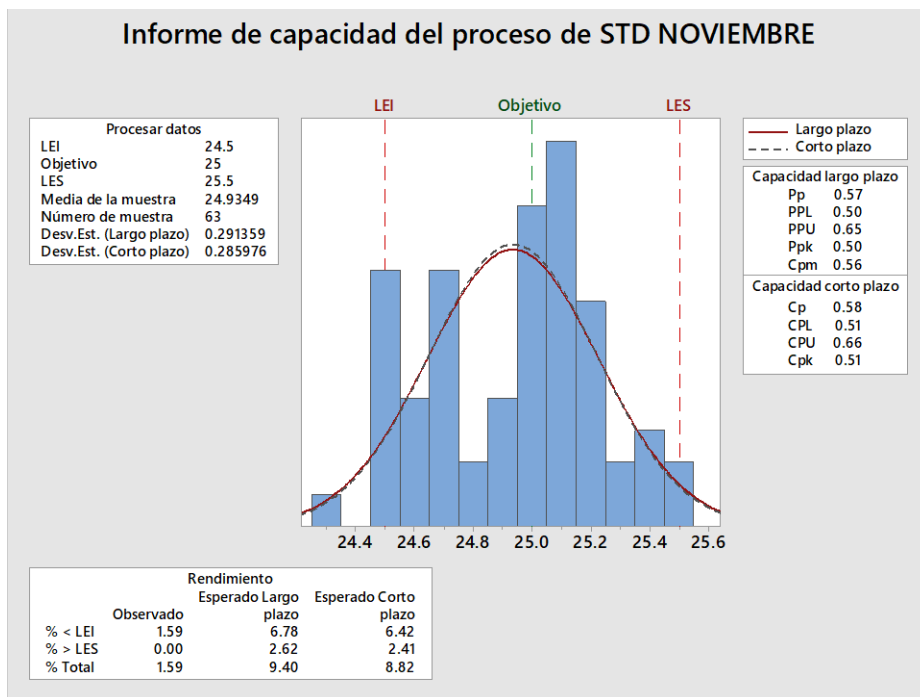


Figura 1. 7 Análisis de Capacidad de los STD NOV 2020

Autor: María José Carvajal

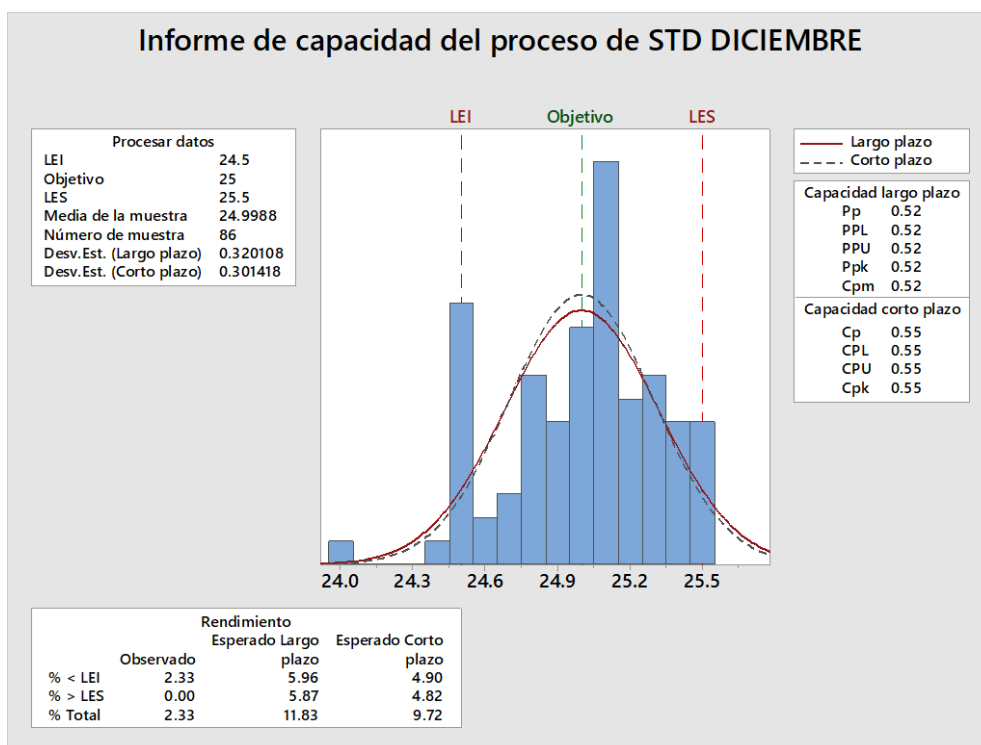


Figura 1. 8 Análisis de Capacidad de los Solidos Totales Disueltos DIC 2020.

Autor: María José Carvajal.

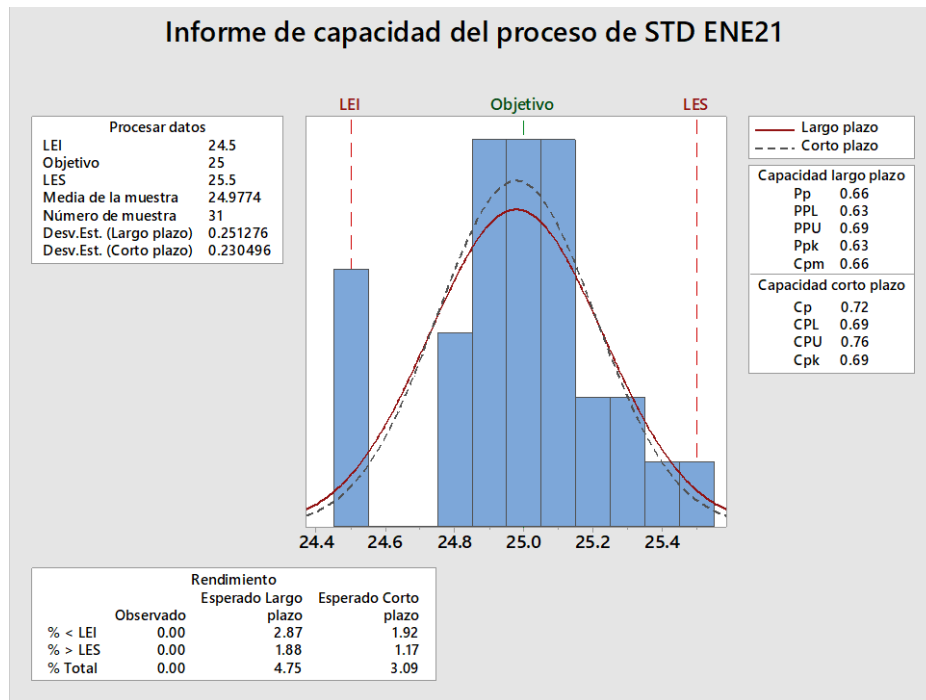


Figura 1. 9 Análisis de Capacidad de los Solidos Totales Disueltos ENE 2021

Autor: María José Carvajal

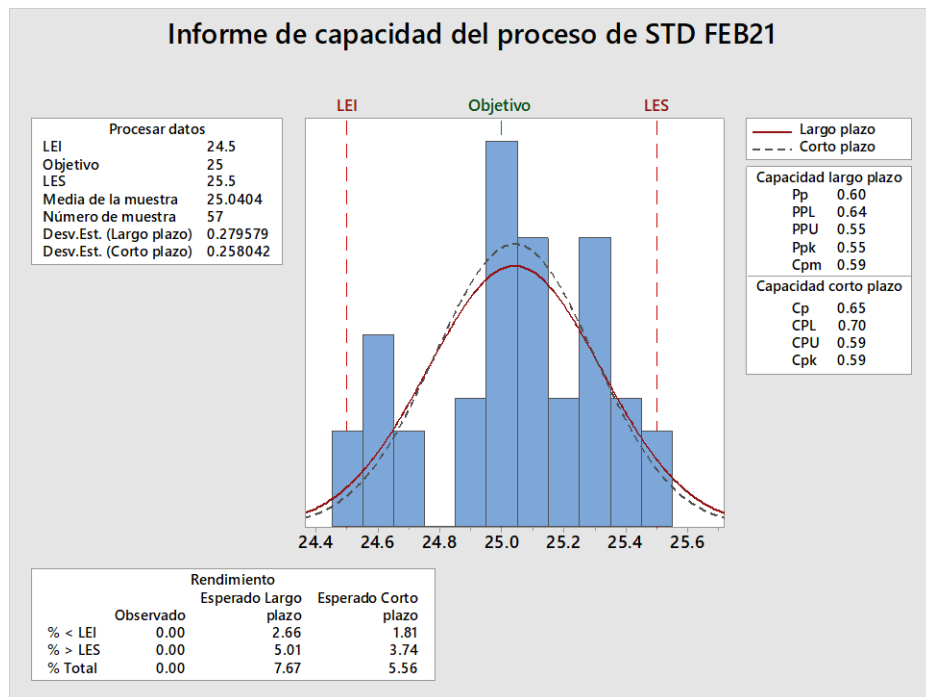


Figura 1. 10 Análisis de Capacidad de los Solidos Totales Disueltos FEB 2021.

Autor: María José Carvajal

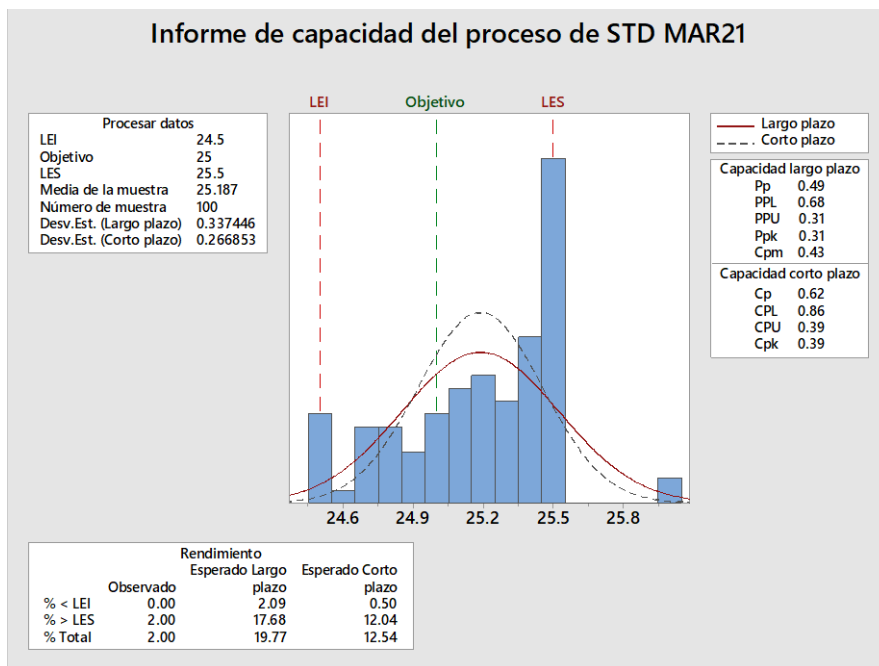


Figura 1. 11 Análisis de Capacidad de los Solidos Totales Disueltos MAR 2021.

Autor: María José Carvajal

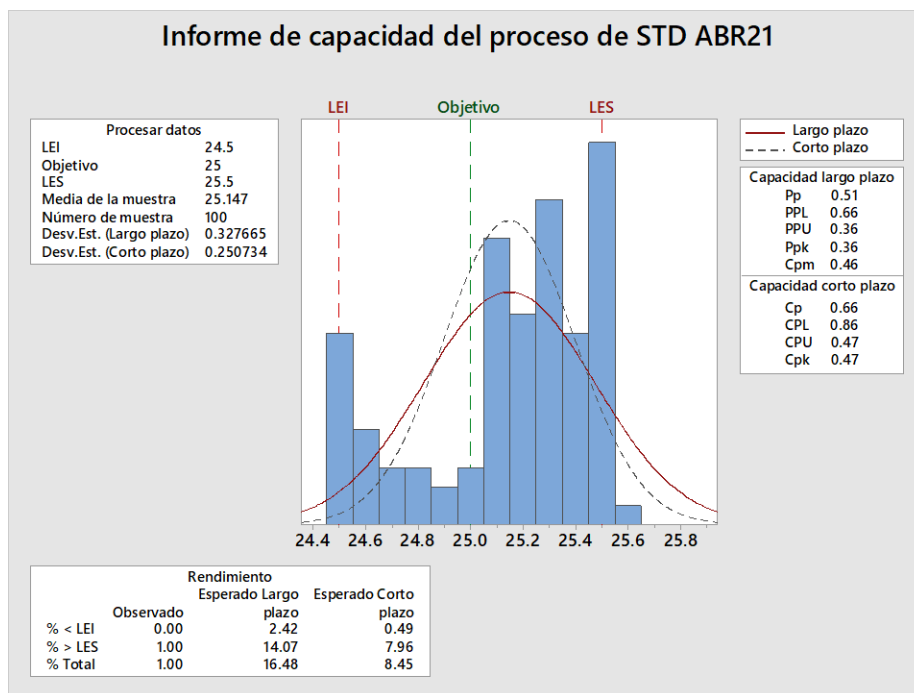


Figura 1. 12 Análisis de Capacidad de los Solidos Totales Disueltos ABR 2021.

Autor: María José Carvajal

Las Figuras desde la 1.7 hasta la 1.12 que corresponden a un análisis de capacidad de los meses nov 2020– abr 2021 que asume la compañía como datos normales, concluye finalmente que con un $Cpk < 1.33$ el proceso no es capaz, previamente en la figura 1.6 se determinó que existen causas especiales de variación en la gráfica de corridas, así como falta de localización de los datos con respecto a la media.

La Tabla 1.1 indica un resumen de todos los Cpk de los últimos meses obtenidos del Software Datalyzer que maneja la compañía.

Tabla 1. 1: Resultados de Cpk de Solidos totales disueltos Nov 2020 – Abr 2021

Meses	Datalyzer	
	Cpk	objetivo
NOV	0,51	1,33
DIC	0,55	1,33
ENE	0,69	1,33
FEB	0,59	1,33
MAR	0,39	1,33
ABR	0,47	1,33

Fuente: María José Carvajal C.

Realizando una de series de tiempo Figura 1.13 se puede observar nuevamente que no existe cumplimiento en los meses analizados.

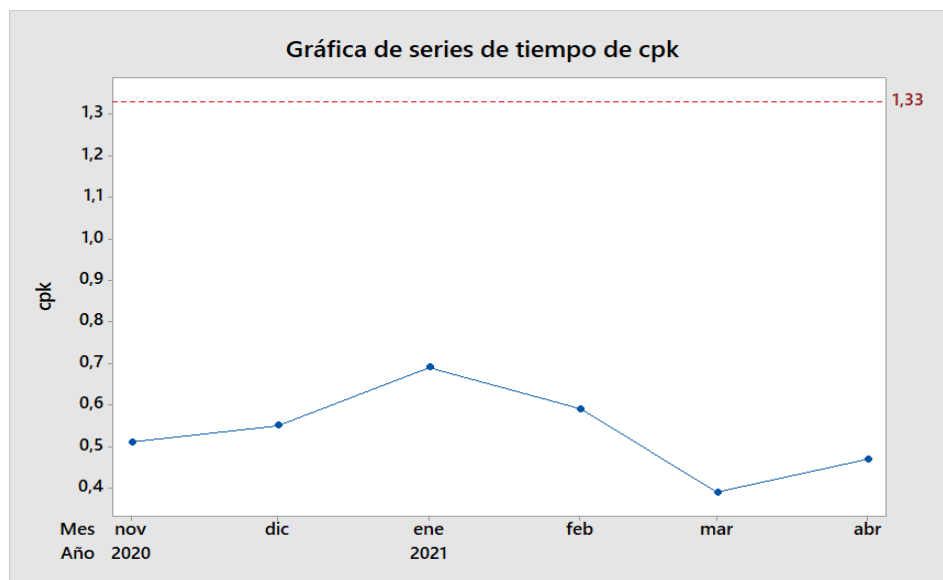


Figura 1. 13 Indicador de Cpk de los STD Nov 2020 -Abr 2021

Autor: María José Carvajal

Como indica la figura 1.14 al obtener un Cpk entre $0.67 < Cpk < 1$ el proceso requiere de un análisis muy necesario para conocer el porqué de su incumplimiento.

Valor índice Cp	Clase o categoría	Decisión si el proceso está centrado
$Cp > 2$	Clase Mundial	Calidad Seis Sigma
$1.33 < Cp < 2$	1	Proceso Adecuado o proceso Capaz
$1 < Cp < 1.33$	2	Parcialmente adecuado
$0.67 < Cp < 1$	3	Análisis muy necesario
$Cp < 0.67$	4	No adecuado

Figura 1. 14 Valores de Cp, clasificación por el ASQ.

Fuente: Materia Técnicas de mejoramiento de Procesos

El incumplimiento del indicador de Cpk de la variable de Sólidos Totales Disueltos en el agua sin gas envasada desde noviembre del año 2020 y hasta abril del 2021 indica que no existe cumplimiento en el indicador de $Cpk > 1.33$ en las muestras analizadas mensualmente, del 100 % de cumplimiento exigido por la compañía en su producto final.

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivo General.

Reducir la variabilidad en el indicador de sólidos totales disueltos entre 24.5 a 25.5 del agua sin gas envasada mediante la implementación de metodología lean six sigma y verificación del proceso mediante estudio estadístico de cartas de control y análisis de capacidad para mejorar el cumplimiento del indicador de Cpk de 0.53 a 0.85, incrementando en un 60% su desempeño.

1.4.2 Objetivo Específico.

- Realizar análisis del proceso actual utilizando herramientas de análisis de estabilidad y capacidad.
- Identificar las potenciales causas de variación a través del uso de gráficas de control y herramientas de la metodología Seis Sigma.
- Implementar herramientas de Lean Manufacturing en el proceso de elaboración de agua sin gas envasada para obtener resultados más ágiles y eficientes.
- Verificar los resultados obtenidos una vez implementada las mejoras.

1.5 Justificación de la Metodología de la solución.

El proyecto por ejecutarse tiene la finalidad de mejorar el estado actual de la variabilidad en los resultados de Sólidos Totales para que permita al proceso alcanzar un nivel de capacidad (Cpk) > 1.33, debido a que como empresa productora de dicha bebida sus estándares de capacidad y niveles de calidad son altos. La planta es evaluada mes a mes con sus indicadores para observar el cumplimiento y correcciones que se realicen en los procesos.

Para lo cual se va a aplicar la metodología Lean six sigma que emplea Six sigma con herramientas lean y estadísticas para mejorar la variabilidad y así alcanzar la mejora esperada.

En base al método DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar)

1.5.1 Definir

En esta etapa se determina y define la problemática a solucionar, para esto se usó el VOC (voz del cliente), que se lo realizó con entrevistas cara a cara con las jefaturas y luego de analizar los requerimientos de la compañía se decide mejorar la variable de Sólidos totales disueltos ya que está siendo requisito de evaluación de resultados por parte de la matriz como indica la figura 1.4 Una vez definido el problema, se analizarán los datos obtenidos en la etapa de medición. La etapa de definición se la desarrolló en la sección 1.1 de este proyecto.

1.4.2 Medir.

Una vez determinado el problema se realiza un mapeo del proceso, se verifica la fiabilidad de los datos y se traduce el problema a una forma medible, con esto se analiza la data obtenida a través del uso de herramientas estadísticas para determinar en qué estado se encuentra nuestro proceso. Se plantean los objetivos del proyecto y se evalúan las herramientas lean six sigma a utilizar para alcanzar los objetivos planteados, los mismos que se aplicaran en la etapa de análisis. En esta etapa se realiza una gráfica de normalidad como muestra la figura 1.5, seguido de una gráfica de corridas, figura 1.6 y como último punto el análisis de capacidad figuras desde 1.7 hasta la 1.12 para determinar el estado del proceso, desarrollado en la sección 1.1 y 1.2

1.4.3 Analizar.

En la etapa de análisis se localizan e identifican factores que influyan o afecten a la estabilidad del proceso, esta sección se inicia con una lluvia de ideas, las mismas que darán la pauta para el desarrollo del diagrama de Ishikawa.

Con el método de las 6 M (Mano de obra, Métodos, Maquinas o equipos, Material, Mediciones y Medio ambiente), esta herramienta tiene la ventaja de centrarse en el proceso lo cual nos ayuda a no omitir ciertas causas de un problema y proporcionar los elementos necesarios para el estudio de las posibles soluciones de este. (50 minutos, 2016). Una vez aplicado el diagrama de Ishikawa se verificarán las causas de mayor impacto usando una matriz de causa efecto, dándole valoración a las causas y llegando al efecto de mayor influencia. Adicional se realizará un estudio R&R ya que como indica (Motgomery, 2009) un sistema de medición ineficaz puede afectar drásticamente el rendimiento empresarial y conducir a toma de decisiones desinformada (generalmente mala).

Para analizar la variabilidad del proceso se deben observar varios elementos de entrada hacia el proceso, como los materiales, las especificaciones, el entrenamiento, las habilidades, los métodos y las condiciones de la maquina; esto produce, a su vez, una falta de uniformidad

en los procesos como indica (Pérez, 2019). En esta etapa se logra identificar las causas raíz que afectan de manera directa o indirecta al problema establecido.

1.4.4 Mejorar.

En la etapa de mejora se centra en seleccionar, priorizar y evaluar las técnicas y las ideas de mejora que fueron identificadas por el equipo en la etapa de análisis o determinadas a través de la evaluación de datos como lo indican (Shaffie & Shahbazi, 2012)

Se indicarán las mejoras realizadas a través de fotografías y procedimientos internos implementados y se verifica el éxito de estas con respecto al objetivo planteado, implementando TPM ya que con esto se busca eliminar las pérdidas de tiempo, de materiales o problemas durante la producción causadas por las máquinas o equipos defectuosos. Con esto no solo se implicaría al personal de mantenimiento y su control preventivo si no también al personal operativo y el cuidado oportuno de los equipos e instrumentos de medición.

1.4.5 Control.

Como lo indica (Pulido Gutiérrez & de la Vara Salazar, 2013), una carta de control es una gráfica que nos sirve para analizar el comportamiento de un proceso a través del tiempo y si hubo cambios en el mismo luego de la mejora. Una vez realizado esto se procederá a realizar el análisis de la capacidad del proceso con el que se verificará que tan bien se está ejecutando el proceso en relación con las necesidades del cliente y la cuantificación de su desviación estándar. (W.Breyfogle, 2003). Controlando mes a mes mediante estos análisis que el indicador siga cumpliendo el objetivo establecido.

CAPÍTULO 2

2. ETAPA DE ANÁLISIS E IMPLEMENTACION DE LA MEJORA.

2.1. Propósito de la etapa de Análisis.

La etapa de Análisis nos sirve de guía para localizar y definir las causas raíz del problema, así como también es el paso previo para la ejecución de la mejora. El análisis empieza con una Lluvia de Ideas, seguido de un Diagrama de Ishikawa, continuando con una Matriz Causa Efecto, para determinar las causas con mayor ponderación y el efecto que ejercen, para trabajar sobre ellos y reducir la variabilidad del proceso. Para analizar la situación real de las causas se realizará un Go and See junto a un plan de verificación de causas en el proceso. En esta etapa del DMAIC se utilizan herramientas como:

- Lluvia de ideas.
- Diagrama Ishikawa.
- Matriz Causa Efecto.
- Go & See (Gemba)

2.2. Causa Raíz del Problema.

2.2.1 Lluvia de ideas

La búsqueda de las causas raíz del problema inicia con una lluvia de ideas, esta herramienta involucra a varias personas que participan en el proceso, como operadores, auditores de calidad y jefaturas.

La lluvia de ideas es una forma de pensamiento creativo encaminada a que todos los miembros de un grupo participe libremente y aporte ideas sobre el tema como lo indica (Pulido Gutiérrez & de la Vara Salazar, 2013).

Para realizar la lluvia de ideas se siguen estos pasos:

- Indicar y explicar el problema: se explica con claridad y precisión el problema al grupo de personas presente, además se resalta el impacto de la solución para que enfoquen sus ideas con respecto al tema. Se deben aclarar dudas que se susciten.
- Identificación de causas: cada integrante aporta su posible causa, ya sea escrita o verbal, en este caso se mantuvo verbal. La participación se realiza de manera equilibrada para que todos los integrantes den sus ideas y no se omitan causas.
- Agrupar y organizar las causas: las ideas obtenidas se proceden a organizarse y agruparse en el diagrama causa efecto siguiendo el formato establecido.

La figura 2.1 muestra varias ideas que se obtuvieron durante la sesión, las mismas que se mostrarán de manera más ordenada en el diagrama causa efecto.

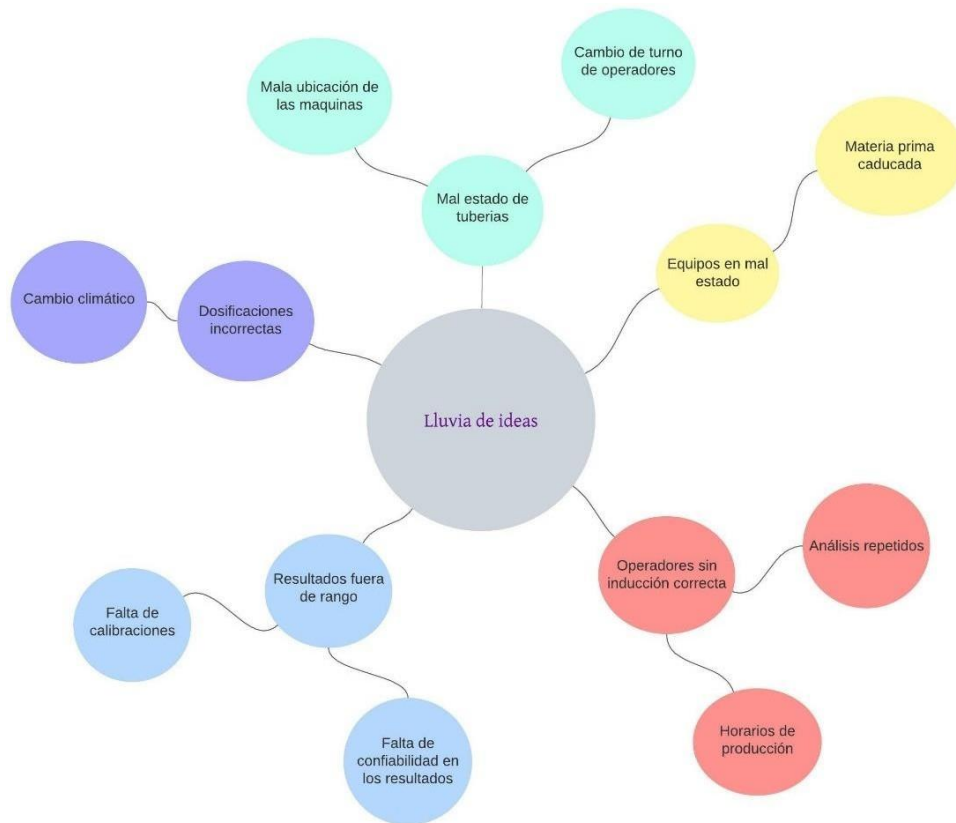


Figura 2. 1 Lluvia de ideas.

Fuente: María José Carvajal C.

2.2.2 Diagrama de Ishikawa

El diagrama de espina de pescado o más conocido como diagrama de causa efecto es la herramienta gráfica que agrupa las causas potenciales o factores que se relacionan con el problema o efecto. La importancia de este diagrama es que nos permite encontrar las verdaderas causas y organizarlas de manera similar, así como no omitir ninguna.

El diagrama de Ishikawa a utilizar se basará en el método de las 6M, este método divide las posibles causas en seis áreas principales que nos guiarán que hacer con cada M y las mejoras a realizar en cada una:

- Mano de Obra.
- Máquinas
- Mediciones
- Materiales
- Método
- Medio Ambiente.

Para realizar el Diagrama según (Basu, 2009) indica que se deben seguir los siguientes pasos:

- a) En la parte derecha del diagrama se coloca un rectángulo con el problema enfocado.
- b) Se dibuja una línea horizontal de izquierda a derecha hacia el rectángulo para dar la forma de espina de pescado
- c) Dibujar las ramas principales del diagrama una vez acordadas las categorías principales (p.ej. 6M) de causas.
- d) Clasificar las causas que se plantearon en la lluvia de ideas según las categorías que correspondan.

La figura 2.2 gráfica detalladamente el diagrama de Ishikawa de la variabilidad de los sólidos totales disueltos en el agua sin gas envasada.

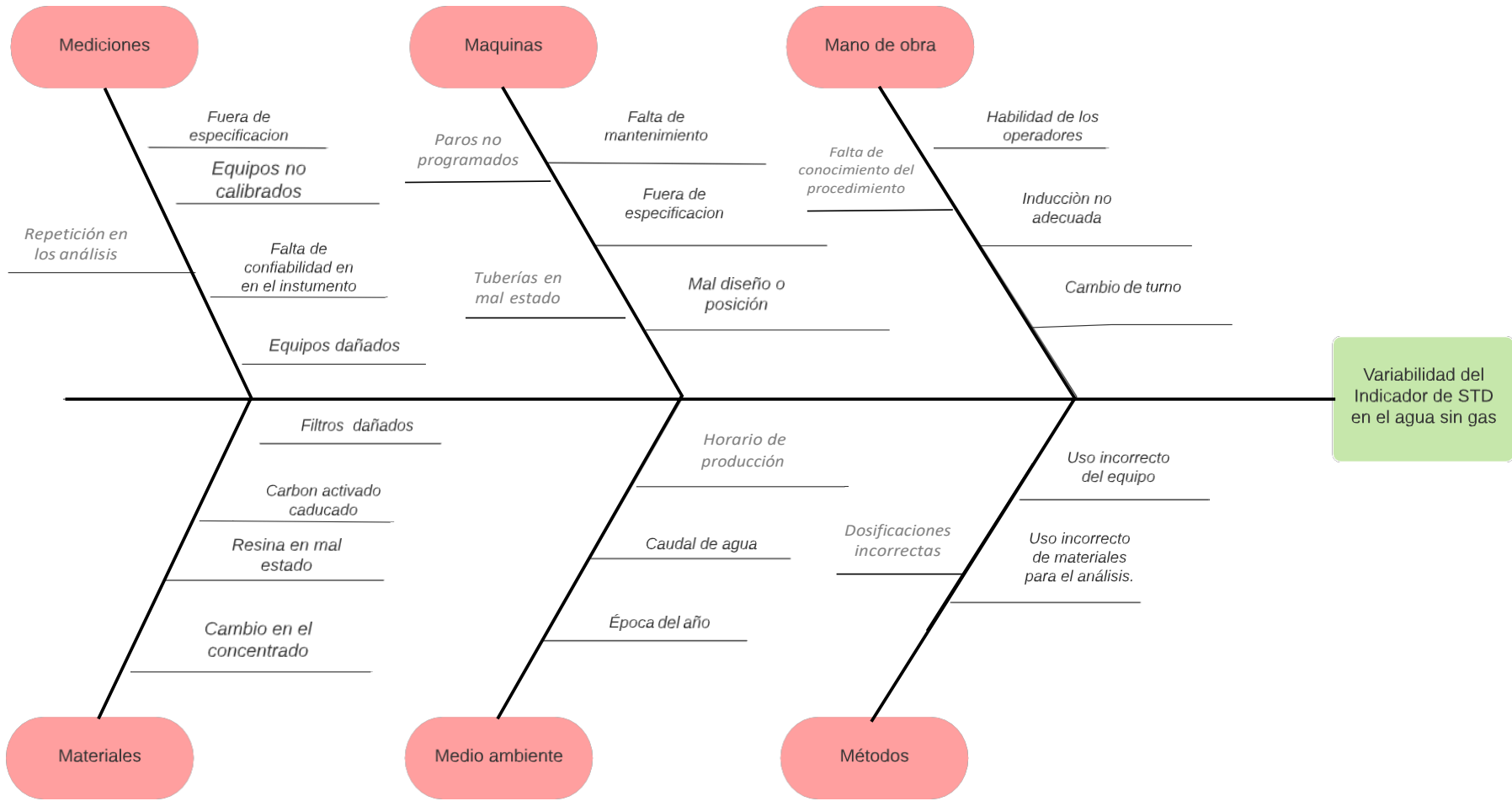


Figura 2. 2 Diagrama de Ishikawa de la variabilidad del indicador de Solidos Totales disueltos.

Fuente: María José Carvajal C.

Se realiza un análisis de cada M detalladamente para considerar todos los aspectos que se encuentren en las causas, se debe recordar que en la etapa de Medir el proceso no estaba estable.

- **Mano de obra.**

En esta M las causas que resaltan que los operarios no tuvieron una inducción adecuada, la habilidad de los operadores es distinta ya que ciertos operadores ponen más empeño que otros o son más conscientes en el momento de realizar los análisis. Al no recibir una inducción adecuada, existe una falta de conocimiento de los procedimientos, de los parámetros, por último y no menos importante el cambio de turno entre los operadores hace que afecte a los resultados de los análisis ya que son 3 turnos rotativos de 8 horas.

- **Máquinas.**

En esta rama del diagrama las causas que influyen son principalmente la falta de mantenimiento de las maquinas desde el área en la planta de purificación de agua hasta el área de embotellado. Las maquinas no se encuentran calibradas dentro de especificaciones de operación adecuada, las tuberías se encuentran en mal estado, el área de no permite que el proceso tenga un diseño de ubicación de máquinas adecuado. Las maquinas del área de llenado mantienen paros no programados que afectan la continuidad o flujo del proceso ya que, al ser un flujo continuo, este tipo de causas afecta significativamente el factor de variabilidad.

- **Mediciones.**

La causa que más énfasis tuvo la lluvia de ideas para esta etapa es el estado en el que se encontraban los equipos de medición, porque algunos presentan signo de deterioro, la falta de confiabilidad en los resultados que arrojan las mediciones, ya que en las repeticiones de los análisis los resultados eran diferentes, la calibración adecuada del equipo. Se manifestó los resultados fuera de especificación cuando se miden las muestras.

- **Materiales.**

En esta rama se encontraron muchas causas que necesitan de una intervención inmediata tales como los filtros de los equipos de osmosis inversa que es el encargado de reducir solidos totales, necesitan cambio; el carbón activado que se usa para procesos de purificación de olor residual se encuentra caducado, la resina que se utiliza para ablandar el agua es decir quitarle minerales pesados se encuentra en mal estado, así como el tanque que la contenía que no estaba trabajando correctamente.

- **Medio Ambiente.**

La época del año en la que se produce tiene principal influencia en esta M del diagrama ya que si es invierno el agua llega con mayor cantidad de solidos que en verano. El caudal de agua de entrada y paso hacia los equipos también es una causa de variación, así como la hora en la que se realiza la producción ya que, si para un equipo el agua recircula y por ende existe transferencia de calor de este, si el agua es usada en horas de la mañana tarde el sol puede calentar las tuberías.

- **Métodos.**

Los métodos desde la preparación del producto (jarabe de bebida) no sigue los lineamientos adecuados de la empresa, es decir que las dosificaciones en la mezcla bebida-concentrado se realiza al azar sin seguir los lineamientos planteados por la empresa. El uso incorrecto de los equipos de laboratorio, indican que existen operadores que realizan la medición introduciendo el equipo directamente a la botella, otros realizan un enjuague adecuado de 3 veces el producto terminado y, por último, no menos importante el uso incorrecto del equipo.

2.2.3 Matriz Causa Efecto.

La matriz causa efecto ayuda a darle una ponderación a las causas e identificar a las de mayor impacto sobre el problema, de esta manera se tiene una pauta para el inicio de la implementación de la mejora.

La tabla 2.1 identifica las causas de mayor impacto que se encontraron en el diagrama de Ishikawa, la ponderación adecuada nos indica la figura 2.3.

Tabla 2. 1: Matriz Causa – Efecto de la variabilidad del indicador Sólidos Totales.

MATRIZ CAUSA EFECTO				
PROCESO		ENVASADO DE AGUA SIN GAS		
		SALIDAS DEL PROCESO (Y's)		
		1		
EFFECTOS O SALIDAS		Variabilidad del indicador sólidos totales		
Nivel de prioridad de cada Y's del cliente		9		
ENTRADAS DEL PROCESO (X's)		Calificación Simple	Calificación Ponderada	TOTAL
1	Inducción no adecuada del operador	5	45	45
2	Habilidad de los operadores para la medición	1	9	9
3	Falta de conocimiento de los procesos	9	81	81
4	Paros no programados de la línea	1	9	9
5	Tuberías en mal estado	9	81	81
6	Mal diseño de las tuberías de circulación	9	81	81
7	Equipos fuera de especificación	9	81	81
8	Equipos no calibrados	9	81	81
9	Sistema de medición incorrecto	9	81	81
10	Equipos dañados	9	81	81
11	Repetición en los análisis	1	9	9
12	Filtros de membrana de osmosis dañados	9	81	81
13	Carbón activado caducado	9	81	81
14	Cambio en la formulación del concentrado	1	9	9
15	Tanque de agua blanda en mal estado	9	81	81
16	Caudal de Agua	1	9	9
17	Epoca del año	1	9	9
18	Horario de producción	1	9	9
19	Dosificaciones incorrectas	1	9	9
20	Uso Incorrecto del equipo	1	9	9
21	Uso Incorrecto de los materiales de análisis	1	9	9
Total			945	

Fuente: María José Carvajal C.

<p>Escala de valoración recomendada: 1 - Afectación baja 5 - Afectación media 9 - Afectación alta</p>
--

Figura 2. 3 Ponderación a la afectación que ejercen las causas sobre los efectos.

Fuente: María José Carvajal C.

Como resultado de la matriz causa efecto se observan que las causas de mayor puntuación son:

- 1.- Mal diseño de tuberías de recirculación
- 2.- Tuberías en mal estado
- 3.- Equipos no calibrados
- 4.- Equipos Dañados
- 5.- Tanque de agua blanda en mal estado.
- 6.- Equipos fuera de especificación
- 7.- Filtros de membrana de osmosis dañados
- 8.- Carbón activado caducado
- 9.- Sistema de medición incorrecto
- 10.- Falta de conocimiento de los procesos

Una vez identificadas las causas de mayor impacto, se observarán las X's en un go and see para establecer por donde se empezará la mejora.

2.2.4 Go and See (Gemba)

El Gemba Walk ayuda a definir de manera específica en el sitio del problema y con las personas involucradas, que acciones tomar y en qué tiempo realizarlo.

El Go and See se lo ejecuta después de la lluvia de ideas para captar información adicional, y para tomar decisiones de los trabajos a realizar.

Se realiza un plan de verificación de causas para determinar si son causas para solucionar o no y el estado de estas. La figura 2.4 nos indica el plan de verificación de causas.

PLAN DE VERIFICACIÓN DE CAUSAS					
	Posibles Causas	Responsable de la Verificación	Método	Lugar de la Verificación	¿Es una causa?
1	Equipos ósmosis fuera de especificación	Auditor de Calidad	Realizar el análisis de cada equipo de ósmosis, analizando los sólidos totales en cada equipo, en un intervalo de 10 min en cada turno para obtener resultados del estado de los equipos	Planta de Agua	SI
2	Equipos pH fuera de especificación	Auditor de Calidad/Instrumentista de mantenimiento	Revisar el estado del equipo medidor de pH del tanque de mezcla ya que se encuentra una coloración no característica en el medidor	Planta de Agua	SI
3	Tuberías en mal estado	Personal de mantenimiento	La tubería se encuentra con incrustaciones y corrosión debido a que el agua que pasa por la tubería contiene gran cantidad minerales	Planta de Agua	SI
4	Mal diseño de las tuberías de circulación	Personal de mantenimiento	Se debe realizar un diseño adecuado de tuberías que garantice la recirculación efectiva del jarabe terminado para que la disolución del concentrado sea total	Sala de Jarabe	SI
5	Filtros de las membranas de ósmosis dañados	Personal de mantenimiento	Verificar el estado de los filtros de las membranas actuales y reemplazar las que se encuentran en mal estado	Planta de Agua	SI
6	Sistema de medición incorrecto	Auditor de Calidad	Se realiza un análisis R&R para verificar el sistema de medición	Laboratorio de embotellado	SI
7	Equipos dañados	Personal de mantenimiento	Revisar el estado del equipo medidor de sólidos totales, su funcionamiento adecuado y la calibración y mantenimiento.	Laboratorio de embotellado, Planta de agua y Sala de Jarabe	SI
8	Carbón activado caducado	Operadores/ Proveedor externo	Revisar la ficha técnica y el estado del tanque de carbón activado	Planta de Agua	SI
9	Tanque de agua blanda en mal estado	Personal de mantenimiento/ Proveedor externo	Verificar la migración de la resina hacia las membranas de ósmosis y el estado interno del tanque de agua blanda	Planta de Agua	SI
10	Falta de conocimiento de los procesos	Personal de embotellado/ sala de jarabe/ planta de agua	Realizar preguntas claves acerca del proceso de verificación y análisis de sólidos totales	Laboratorio de embotellado, Planta de agua y Sala de Jarabe	SI

Figura 2. 4 Plan de verificación de causas (Gemba Walk).

Fuente: María José Carvajal C

Causa 1. Equipos de ósmosis inversa fuera de especificación.

Para comprender de mejor manera la ejecución de las verificaciones se adjunta la figura 2.5 que indica la primera verificación que es en el sistema de ósmosis inversa. Una vez que el agua sale del tanque ablandador pasa a los equipos de ósmosis inversa 1,2,3 y 4, estos reducen los sólidos totales cuya especificación debe ser máximo 10 ppm, esta agua se almacena en el tanque pulmón, mide el pH constantemente y si este pH baja se regula por medio de una bomba dosificadora de soda cáustica, que envía soda hacia el tanque pulmón.

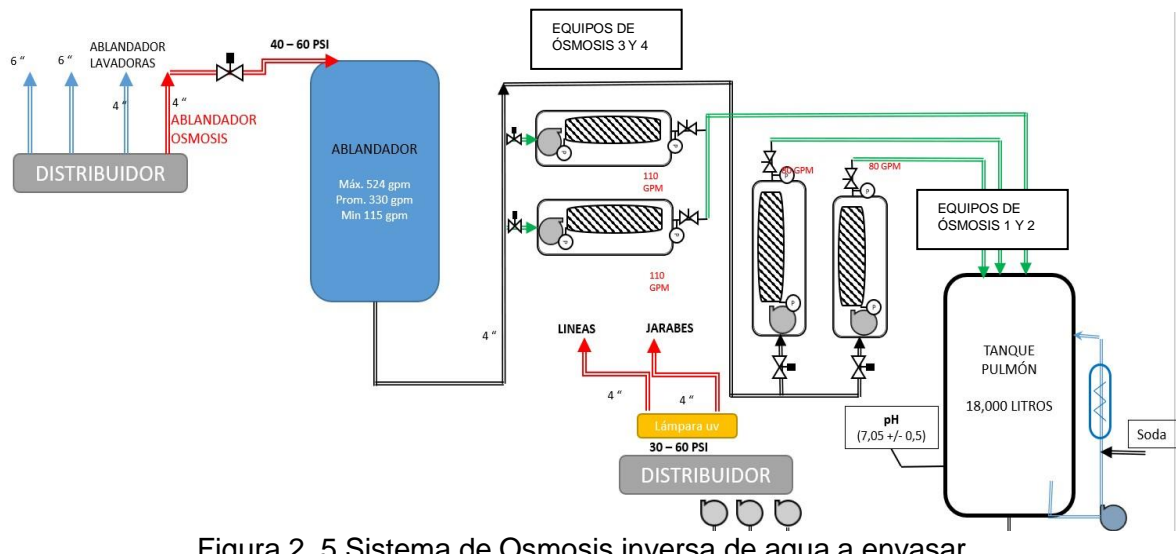


Figura 2. 5 Sistema de Ósmosis inversa de agua a envasar.

Fuente: Planta productora de bebidas.

La figura 2.6 muestra la distribución de los equipos de ósmosis de forma más detallada en la

Equipos osmosis inversas-marca Aquasistemas.

- Son de 4 tubos - 6 membranas por tubo
- Son de 1 sola etapa
- Arrancan en 2019 su operación
- Membrana marca Torey



Equipos osmosis inversas-marca WATTS.

- Son de 4 tubos - 4 membranas por tubo
- Son de 2 etapas
- Se les cambio membrana en mayo 2017
- Membrana marca Torey



Figura 2. 6 Equipos de ósmosis inversa.

Fuente: Planta productora de bebidas.

Se realiza la toma de mediciones del agua de cada equipo de ósmosis para verificar el estado de cada uno, en un intervalo de tiempo de 10 minutos de cada medición y de cada torre de ósmosis, la tabla 2.2 que se encuentra en el anexo 2 indica las mediciones obtenidas. La figura 2.7 nos muestra que la torre 3 con un promedio de 11.57 ppm y la torre 4 con un promedio de 18.40 ppm indican resultados fuera de especificación. Lo que resulta en un tanque pulmón con STD de 14.85 ppm es decir fuera de especificación. Considerando que 10 ppm es el límite máximo de cada torre de osmosis, así como del tanque pulmón.

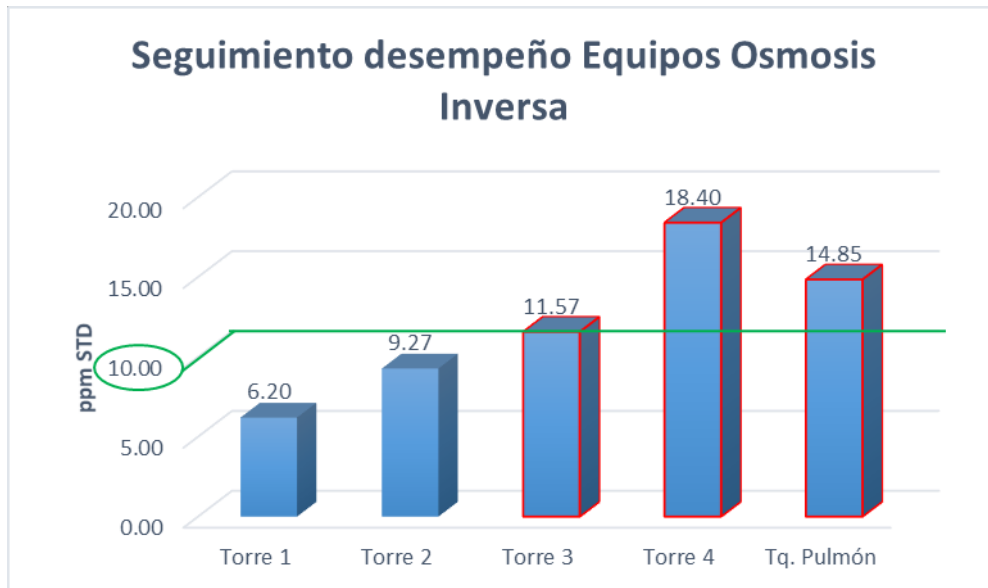


Figura 2. 7 Promedio de las mediciones de STD en las torres de ósmosis inversa.

Fuente: Planta productora de bebidas.

Adicional a esto se evalúa la efectividad de los equipos en la remoción de los sólidos en base al promedio obtenido en las torres de ósmosis, los manuales de equipos indican una efectividad de remoción de 98% para lo cual como se observa en la figura 2.8, dicha efectividad no se cumple en las torres. Se procederá a revisar internamente los equipos en pasos posteriores por motivos de logística y costos.

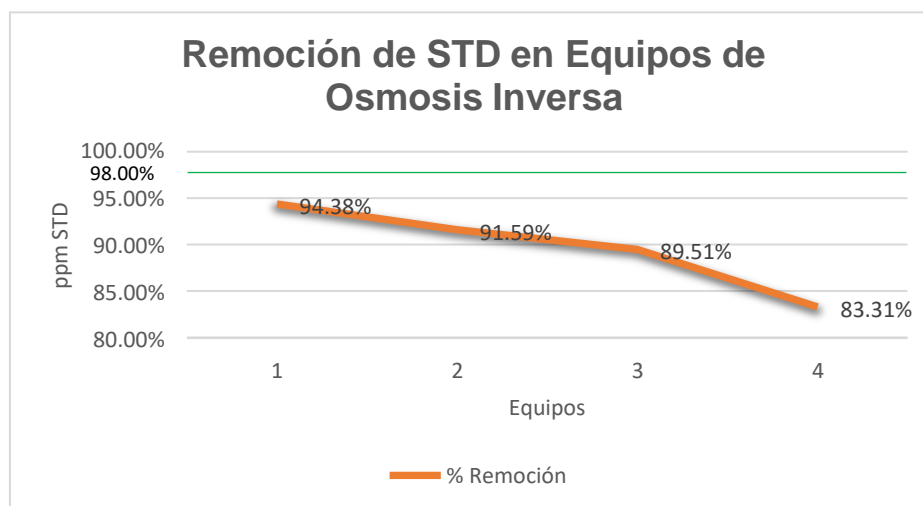


Figura 2. 8 Porcentaje de Remoción en las torres de ósmosis inversa.

Fuente: Planta productora de bebidas.

Causa 2. Equipos de pH fuera de especificación.

Se continua la verificación de las causas observando el estado del pH de los equipos como se observa la figura 2.9 el sistema indica un parámetro fuera de especificación 8.25 siendo el ideal hasta 7. Al observar el equipo de ósmosis se detecta que existe una floculación de solidos suspendidos que están afectando el equipo.



Figura 2. 9 Medidor de pH antes de la mejora.

Fuente: Planta productora de bebidas.

Causa 3. Tuberías en mal estado.

Al realizar el Gemba Walk se observa que el tanque de agua blanda tiene incrustaciones en una tubería y que necesita mantenimiento, esto es debido a la carga de minerales con la que llega el agua dura al tanque y el mantenimiento no adecuado de la misma, la figura 2.10 nos enseña el estado en el que se encuentra la tubería.



Figura 2. 10 Tubería con incrustaciones.

Fuente: Planta productora de bebidas.

Causa 4. Mal diseño de tuberías de circulación.

Se realiza un análisis de diseño sobre esta área del proceso, en sala de jarabe el agua llega por medio de tuberías desde la planta de agua para ser mezclada con el concentrado que forma el producto final (agua para envasar), se observa que es necesaria la recirculación del líquido para evitar que existan una mala disolución del concentrado. Adicional a esto en varias ocasiones la producción se para por otras causas como etiquetado, encapsulado, falta de envase, por lo que se determina que es necesario que exista una recirculación. En la figura 2.11 se observa la distribución de las tuberías en sala de jarabe.



Figura 2. 11 Tuberías en sala de jarabe antes de la mejora.

Fuente: Planta productora de bebidas.

Causa 5. Filtros de membranas de ósmosis dañados.

Como se indicó en la Causa 1, observado los resultados de los análisis de las torres de ósmosis que se encontraron fuera de especificación, se decidió abrir las membranas de ósmosis para observar el estado interno de los filtros, se determina que necesitan ser cambiados a la brevedad posible. Los filtros internos de los equipos se encuentran rotos, con fisuras y sin funcionar adecuadamente como se observa en la parte izquierda de la figura 2.12.y en la parte derecha se indica el estado óptimo del filtro, la foto del estado óptimo es de un filtro nuevo que reemplazarán a los que se encontraron en mal estado.



Figura 2. 12 Cartuchos de membranas de ósmosis antes de la mejora.

Fuente: Planta productora de bebidas.

Causa 6. Sistema de Medición incorrecto.

Para verificar la causa de un sistema de medición incorrecto se realiza un análisis R&R, este estudio nos ayuda a cuantificar las fuentes de variación del sistema de medición.

Para realizar este estudio se realizan los siguientes pasos:

- 1.- Se toman 10 muestras de producto terminado de la línea que se encuentra produciendo agua sin gas envasada.
- 2.- Se realizan las mediciones de 2 réplicas con cada uno de los tres operarios, la realización de dos replicas es debido al tiempo de trabajo de los operadores.
- 3.- Las mediciones se realizan de manera aleatoria y se ingresan en el software Minitab, para analizar el sistema de medición.
- 4.- Los operarios que participan en el análisis pertenecen al área de calidad y de procesos que son quienes realizan esta medición en cada producción de esta bebida.

La figura 2.13 nos muestra evidencia de los operadores realizando los análisis para el estudio R&R.



Figura 2. 13 Imágenes de operadores realizando mediciones

Fuente: María José Carvajal.

La tabla 2.3 que se encuentra en el anexo 3 presenta los resultados obtenidos en las muestras. La figura 2.14 indica el análisis ANOVA, un valor de $p=0.012$ para el Operador y un $p=0.996$ en la interacción de la muestra con el operador siendo mayores a 0.005 lo que significa que cumplen con la hipótesis nula, es decir, que no existe diferencia entre las mediciones de los operarios. Por otra parte, el valor $p=0.002$ para la muestra indica que si existe diferencia de medición entre las muestras. El sistema de medición da como resultado que se detecta diferencia entre las muestras y no existe diferencia entre las mediciones de los operarios.

Tab

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Muestra	9	0.8035	0.0892778	5.16720	0.002
Operador	2	0.1990	0.0995000	5.75884	0.012
Muestra * Operador	18	0.3110	0.0172778	0.28558	0.996
Repetibilidad	30	1.8150	0.0605000		
Total	59	3.1285			

α para eliminar el término de interacción = 0.05

Figura 2. 14 ANOVA del sistema de medición

Fuente: María José Carvajal.

R Co

Fuente	CompVar	%Contribución (de CompVar)
Gage R&R total	0.0470521	86.26
Repetibilidad	0.0442917	81.19
Reproducibilidad	0.0027604	5.06
Operador	0.0027604	5.06
Parte a parte	0.0074977	13.74
Variación total	0.0545498	100.00

Evaluación del sistema

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0.216915	1.30149	92.87
Repetibilidad	0.210456	1.26274	90.11
Reproducibilidad	0.052540	0.31524	22.50
Operador	0.052540	0.31524	22.50
Parte a parte	0.086589	0.51954	37.07
Variación total	0.233559	1.40135	100.00

Número de categorías distintas = 1

Figura 2. 15 R&R del sistema de medición.

Fuente: María José Carvajal.

La figura 2.15 indica el R&R del sistema de medición en el cual se puede observar que el mayor porcentaje de contribución a la variación es debido a la repetibilidad de las muestras con un 81.19 % además se observa que el porcentaje de contribución a la variación por parte del sistema de medición es del 92.87 %. La contribución a la variación por reproducibilidad es de 22.50%.

Según la figura 2.16 donde se encuentran los porcentajes de aceptación o rechazo del sistema de medición con respecto a la variación total, al observar los resultados de la figura 2.15 con respecto al porcentaje se determina que con un valor de 92.87 % el sistema de medición no es aceptable. Adicional el número de categorías = 1 con respecto a la figura 2.17 determina que el sistema no puede discriminar entre las partes.

Sistema Medición	
%Tolerance, %StudyVar %Process	El Sistema es...
Debajo de 10%	Aceptable
10% a 30%	Potencialmente aceptable (depende de cuán crítico es la medida, costo, riesgo,etc)
Encima de 30%	No aceptable

Figura 2. 16 Porcentaje de aceptación del sistema de medición.

Fuente: (Alcántara, 2014)

Número de Categorías	Significado
< 2	El sistema no puede discriminar entre partes
= 2	Partes pueden ser divididas en grupos altos y bajos , como en datos de atributo
≥ 5	El sistema es aceptable (de acuerdo a AIAG) y puede distinguir entre partes

Figura 2. 17 Número de Categorías del sistema de medición.

Fuente: (Alcántara, 2014)

En la figura 2.18 se puede observar que en el gráfico 1 de componentes de contribución de variación, el mayor % está dado por la repetibilidad, lo que nos indica que no es buen sistema de medición. En el gráfico 2, Gráfica R por operador muestra que existen puntos fuera de los límites de control lo que nos indica que existe un importante componente de repetibilidad. El gráfico 3 que indica el X-barra por operador demuestra que el sistema de medición no es el adecuado ya que los puntos se encuentran dentro de los límites de control y que el patrón de comportamiento entre los operadores es un poco distinto por lo que existe un ligero problema de reproducibilidad. La gráfica 4 que nos indica las medidas por muestra tomada, identifica que las muestras 1 y 5 son las que tuvieron mayor diferencia en sus mediciones repetidas o reproducidas entre operadores. La gráfica 5 de la medida por operador nos indica que los 3 operadores tuvieron resultados fuera de especificación y que existe un problema de reproducibilidad entre los operadores y que dos operadores mantienen un sesgo positivo en las muestras. La gráfica 6 de la interacción de la muestra con el operador indica que no existe una divergencia de los puntos promedios es decir que no existe una relación del operados con la muestra medida.

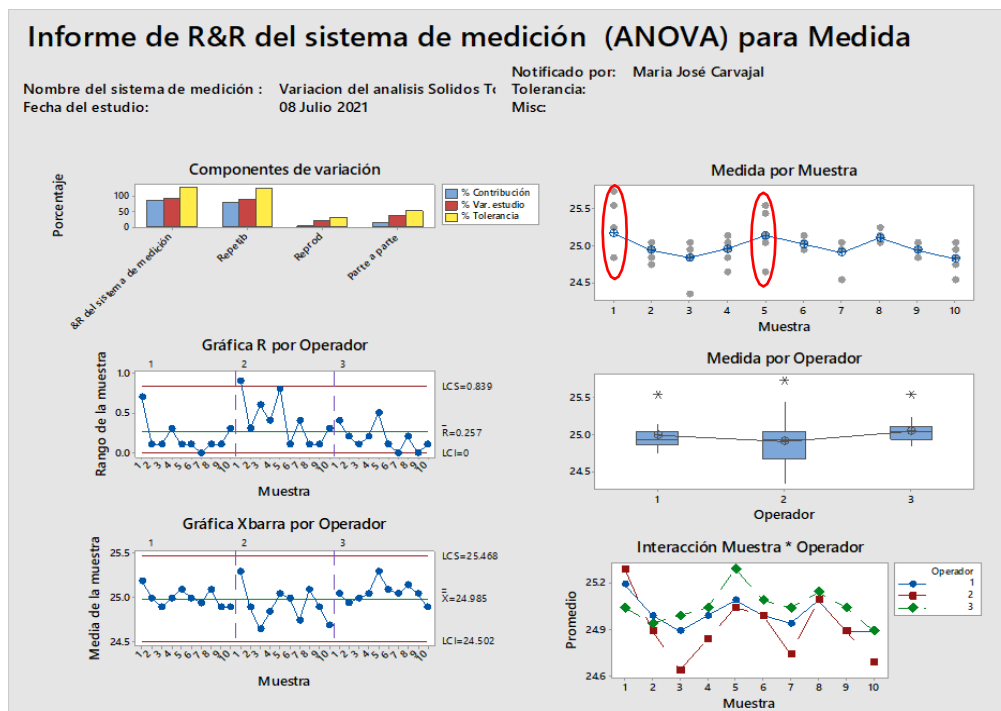


Figura 2. 18 Análisis R&R del sistema de medición (ANOVA) de los STD.

Fuente: María José Carvajal C

Causa 7. Equipos dañados.

Una vez realizado el análisis R&R se realiza una revisión de los equipos de medición de los laboratorios encontrándolo en el estado en que se observa en la figura 2.19 con papeles para sostener las pilas que le dan el funcionamiento y con pilas desgastadas (mordidas) por lo que se procede a enviarlo a mantenimiento. Así también la figura 2.20 nos indica que la calibración del equipo esta sobre la fecha de vencimiento, así como los reactivos utilizados para las mediciones.



Figura 2. 19 Equipo medidor de STD antes de la mejora.

Fuente: María José Carvajal C

IDENTIFICACIÓN DEL ÍTEM DE CALIBRACIÓN						
ÍTEM:	MEDIDOR DE TDS	CÓDIGO ⁽¹⁾ :	01LBLDE01SD001			
MARCA:	HACH	UNIDAD DE MEDIDA:	ppm			
MODELO:	HQ30d	RESOLUCIÓN:	0,01 ; 0,1 ; 1			
SERIE:	171200004447	INTERVALO DE MEDIDA ⁽²⁾ :	0.00 ppm - 50.000 ppm			
UBICACIÓN ⁽³⁾ :	LABORATORIO DE EMBOTELLADO					
MATERIALES DE REFERENCIA UTILIZADOS						
CÓDIGO	NOMBRE	MARCA	N° CAT.	LOTE	FECHA EXP.	N° CERTIFICADO
EL.MRC.012	SOLUCION DE CONDUCTIVIDAD DE 10 µS/cm	CONTROL COMPANY	4065	CC19889	2021-05-31	4065-11320735
EL.MRC.016	SOLUCION DE CONDUCTIVIDAD DE 100 µS/cm	CONTROL COMPANY	4066	CC20333	2021-10-01	4066-11582942
EL.MRC.219	SOLUCION DE CONDUCTIVIDAD 1.410 µS/cm	CONTROL COMPANY	4173	CC20167	2021-08-12	4173-11471269
EQUIPAMIENTO UTILIZADO						
CÓDIGO	NOMBRE	MARCA	MODELO	SERIE	VENCE CAL.	N° CERTIFICADO
EL.PT.626	TERMOMETRO DIGITAL	ELPRO	ECOLOG TN2	89522	2021-04-29	CC-1137-005-20
EL.PT.002	TERMOHIGROMETRO	ELICROM	EC900	NO ESPECIFICA	2021-07-08	CC-0007-024-21
DECLARACIÓN DE TRAZABILIDAD METROLÓGICA						

Figura 2. 20 Hoja de control de calibración del equipo medidor de STD.

Fuente: Planta productora (Mantenimiento)

Causa 8. Carbón activado caducado.

Se realiza una verificación de la ficha técnica del carbón activado que se usa en planta de agua y se observa que su tiempo de caducidad esta sobrepasada la fecha como se observa en la figura 2.21, el producto fue adquirido e introducido al tanque en el Febrero del 2018 y caducaba en el 2019, se consulta con el proveedor para que aclare el uso ya que por teoría se conoce que este producto tiene una duración de 4 años, el proveedor indica que por el proceso de regeneración mediante vapor de agua, el carbón puede durar ese tiempo, pero a pesar de aquello se cambiará el carbón por uno nuevo. Se decide realizar la descarga del carbón activado para el cambio de carbón y observar el estado interno del tanque, encontrándose con presencia de oxido, mallas internas rotas, flautas de filtración y abrazaderas en mal estado figura 2.22

Parámetro	Especificaciones	Valor análisis Sulfoquímica S.A.	Método
ASTM D4607 - 94	850 min	902.81	ASTM D4607 - 94

CERTIFICADO DE ANÁLISIS	
Carbón Activado Granular CGC 8x30	
Cliente	INTEROC
Producto	CARBÓN ACTIVADO GRANULAR CGC 8X30
Fecha de despacho	7 de febrero de 2018
Número de lote	999
Certificado	1114
Fecha de fabricación	1 de febrero de 2018
Fecha de vencimiento	1 de febrero de 2019
Cantidad	3000 kg

Handwritten notes: Lote 54/18
 $146 + 20 = 2.920 \text{ kg}$
 23 Febrero 2018

Figura 2. 21 Ficha técnica carbón activado encontrado en planta de agua.

Fuente: Planta productora (Mantenimiento)



Figura 2. 22 Tanque de filtración por carbón activado antes de la mejora.

Fuente: Planta productora (Mantenimiento)

Causa 9. Tanque de agua blanda en mal estado.

Se determina esta causa ya que se observa que existe una migración de la resina del tanque ablandador hacia las membranas como indica la figura 2.23 por lo que se procede a revisar la parte interna del tanque ablandador del agua y se encuentran fisuras que hacen que la resina no se quede en el tanque de agua blanda y cumpla su función de hacer el intercambio iónico con los minerales como es lo normal, si no que por las fisuras la resina migra hacia los filtros de los equipos de osmosis inversa, se debe recordar que estos filtros realizan el trabajo de reducir sólidos totales en el agua y al momento de tener una migración de esta resina, su funcionamiento no será el adecuado.



Figura 2. 23 Cartuchos con migración de resina y tanque con fisuras.

Fuente: Planta productora (Mantenimiento)

Causa 10. Falta de conocimiento de los procesos.

Durante los análisis que se realizaron en los laboratorios, tanto de los equipos de ósmosis como en el R&R, se observó que los operadores y analistas realizaban preguntas como: cuantas veces tengo que hacer el análisis, cual es el parámetro al cual me debo registrar. Cada cambio de turno no existe confiabilidad en el resultado del turno anterior por lo que proceden a realizar varias veces los análisis. Por parte cada analista realiza el análisis a su manera, como último y más importante punto registran resultados aun estando fuera de especificación como indica la figura 2.24, cuando los resultados deben estar entre 24.5 ppm– 25.5 ppm

lts obtenidos	4/10.000	4/10.000	4/10.000	4/10.000	4/10.000
ión Inicio-termino	07:00 a 08:00	09:00 a 10:00	11:00 a 12:00	13:00 a 14:00	14:00 a 15:00
o inicio-termino	08:00 a 09:00	10:00 a 11:00	12:00 a 13:00	14:00 a 15:00	15:00 a 16:00
do - sdt agua osm	15.2	19.5	11.8	16.17	11.0
erminado	25.7	25.6	25.7	24.97	25.24
Normal	OK	OK	OK	OK	OK
Normal	OK	OK	OK	OK	OK
sual Normal	OK	OK	OK	OK	OK
io de partículas	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
6,5 a 7,5	6.74	6.51	6.61	6.60	6.75
g/ml	0.9983	0.9983	0.9983	0.9983	0.9983
°c	24 ^{°c}	24 ^{°c}	24 ^{°c}	24 ^{°c}	24 ^{°c}

Figura 2. 24 Análisis de Sólidos al jarabe terminado

Fuente: Planta productora (Sala de Jarabe)

2.3 Propósito de la etapa de Implementación

En esta etapa se van a realizar los cambios que fueron identificadas en la sección 2.2.3 y las causas verificadas de la etapa anterior, sección 2.2.4, para luego analizar si se logró o no la mejora, de no ser así se debe regresar a la etapa de análisis y revisar las causas identificadas. Esta etapa inicia con un plan de acción a ejecutarse y seguirlo paso a paso para garantizar que se realicen todas las mejoras.

La Figura 2.25 nos indica el plan de acción a ejecutar en esta etapa del DMAIC, las fechas de la ejecución y el estado de estas a medida que se realizan las acciones.

Plan de Acción							
ID	¿Qué hacer?	¿Cómo hacerlo?	¿Quién lo hace?	¿Cuándo lo hace?		Resultado esperado	Status
				Inicio	Fin		
1	Analizar el funcionamiento de los equipos de Osmosis inversa que son los que reducen sólidos totales disueltos que se encuentran fuera de especificación	* Tomar mediciones de sólidos totales en los equipos de tratamiento de agua y evaluar resultados. * Observar resultados obtenidos en el punto anterior, además de evaluar los manuales de funcionamiento de cada equipo de ósmosis	Auditor de Calidad / Jefe de procesos	12/6/2021	16/06/21	Que todos los equipos de osmosis arrojen valores menores a 10 ppm de sólidos totales	Terminado
2	Verificar el equipo medidor de pH del tanque de mezcla que se encuentra fuera de especificación	* Validar si el equipo medidor de pH esta dando los resultados correctos observando los valores que arroja durante la circulación del agua hacia el tanque de mezcla.	Mantenimiento/ Operador planta agua	17/06/21	17/06/21	Que los resultados de ph esten dentro de límites y sean los correctos durante el paso del agua por el tanque	Terminado
3	Arreglar tuberías en mal estado	* Realizar trabajo de desincrustación de las tuberías, limpiándolas	Mantenimiento	18/06/21	20/06/21	Que las tuberías se encuentren en condiciones optimas para la operación	Terminado
4	Realizar modificaciones en el diseño de las tuberías de circulación de los tanques de agua preparada	* Diseño e instalación en el sitio de la tubería tipo T para recircular el jarabe terminado.	Jefe de procesos / Mantenimiento	21/06/21	25/06/21	Hacer un sistema de recirculación efectivo para evitar sólidos sin disolver o suspendidos que pasen a la etapa de llenado	Terminado
5	Cambiar de filtros pulidores de las membranas de Osmosis dañados	* Cuantificar la cantidad de filtros a cambiar * Solicitar al área de Compras la cotización * Ejecutar la compra * Cambiar los filtros	Personal de mantenimiento	26/06/21	27/06/21	Que los filtros de las membranas se encuentren en buen estado	Terminado
6	Verificar el estado de los equipos dañados utilizados en los laboratorios para la medición de sólidos totales	* Realizar un estudio R&R para comprobar que los resultados de los equipos son los correctos * Abrir los equipos para comprobar su estado * Mantenimiento del equipo	Auditor de Calidad/ Operadores de Procesos/ Mantenimiento electrónico	5/7/2021	9/7/2021	Que los equipos que se utilizan para medir funcionen adecuadamente y no arrojen falsos resultados.	Terminado
7	Cambiar el carbón activado caducado utilizado en planta de agua	* Extraer el carbón caducado y cambiar por el nuevo carbón, adicional dar mantenimiento adecuado al tanque que realiza el proceso de deodorización	Proveedor externo	19/07/21	22/07/21	Que los materiales utilizados cumplan con su funcion adecuada en el proceso	Terminado
8	Reparar el tanque ablandador de agua dura que se encuentra en mal estado	* Realizar trabajos de soldadura en el tanque por fisuras	Proveedor externo	10/7/2021	-	Evitar la filtración de la resina que utiliza en tanque hacia las membranas de ósmosis	En ejecución
9	Retroalimentación al personal	* Realizar charla de retroalimentación de los trabajos realizados al personal	Jefe de procesos/Auditor Calidad/ Operadores	27/07/21	8/7/2021	Que el personal conozca la importancia del procesos y su funcion para mantenerlo estable	Terminado

Figura 2. 25 Plan de acción para reducir la variación de sólidos totales.

Fuente: María José Carvajal C

2.3.1 Mejora en equipos de ósmosis inversa.

Se realiza un análisis en los equipos de ósmosis luego de las mejoras implementadas ya que, a pesar de no encontrarse aún el tanque de agua blanda, se evidencia mejora en los resultados luego de una revisión de cada torre con intervalo de 10 min en un turno de producción, la tabla 2.4 que se encuentra en el anexo 4 contiene los resultados obtenidos y la figura 2.26, muestra el promedio de los análisis evidenciando que las 4 torres se encuentran dentro de especificaciones, es decir menos de 10 ppm cada una.

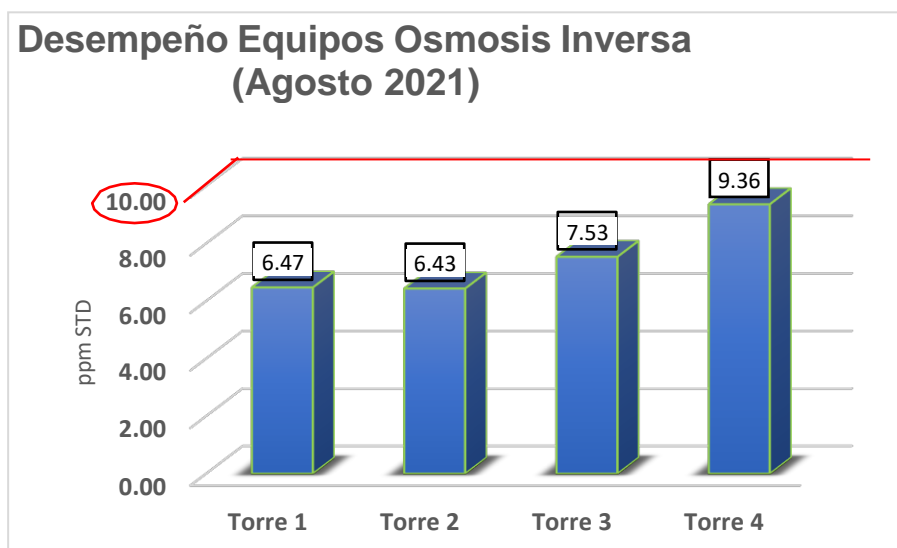


Figura 2. 26 Promedio de mediciones de STD en las torres de ósmosis inversa.

Fuente: Planta productora de bebidas.

2.3.2 Mejora en los medidores de pH

Una vez realizado el mantenimiento y limpieza adecuada del equipo medidor de pH, la figura 2.27 nos indica el equipo luego de la mejora.



Figura 2. 27 Medidor de pH después de la mejora.

Fuente: Planta productora de bebidas.

2.3.3 Mejora en las tuberías de planta de agua

La figura 2.28 nos enseña el estado de la tubería después de la mejora, se realiza la desincrustación de sólidos sobre todo de Sodio (Na) que corroe la tubería por ser la salida del tanque ablandador de agua.



Figura 2. 28 Tubería luego del mantenimiento desincrustaciones.

Fuente: Planta productora de bebidas.

2.3.4 Mejora en el diseño de las tuberías de recirculación del jarabe terminado.

Se realiza la construcción de un accesorio de 3 vías con el objetivo de que mientras una bomba envía agua hacia un tanque, simultáneamente parte de este flujo vaya a un mezclador rotativo, por medio de la acción mecánica de la bomba y el agitador el jarabe se mantiene en constante mezcla evitando asentamiento de sólidos del concentrado y se reduce la variabilidad de este. La figura 2.29 nos indica el sistema luego de la mejora.



Figura 2. 29 Tubería con sistema de recirculación mejorado.

Fuente: Planta productora de bebidas.

2.3.5 Mejora en las membranas de ósmosis inversa.

Como se indicó en el punto 2.2.4 Causa 5, filtros internos de los equipos se encontraban rotos, con aberturas y sin funcionar adecuadamente, por lo que se procedió a realizar la compra de nuevos filtros y cambio de los mismos como se observa en la figura 2.30. Cartuchos de membrana nuevos.



Figura 2. 30 Cartuchos de membranas de ósmosis nuevos luego de la mejora

Fuente: Planta productora de bebidas.

2.3.6 Mejora del equipo medidor de sólidos totales.

Una vez realizado el análisis R&R se hizo una revisión del equipo de medición del laboratorio encontrándolo en el estado que se mencionaba en la Causa 6 por lo que se procede a enviarlos a mantenimiento, obteniendo resultados favorables como se observa en la figura 2.31.



Figura 2. 31 Equipo medidor de STD después de la mejora.

Fuente: María José Carvajal C.

2.3.7 Mejora en el cambio de carbón activado granular de planta de agua.

Se realizó la descarga del carbón activado, la limpieza con agua a presión en el interior del equipo, se revisa la estructura interna y de las flautas de filtración, se cambian mallas y abrazaderas internas del tanque por encontrarse en mal estado y con presencia de óxido. Se construyen empaques de caucho de grado alimenticio para las tapas superior, inferior y laterales. Se realiza limpieza de los pernos de las tapas y se cambian otros pernos de la tapa inferior por encontrarse en mal estado, la figura 2.32 muestra el tanque luego de la limpieza y mejora realizada por el área de mantenimiento. Con esto se determina una frecuencia de revisión del carbón cada dos años a pesar de que el proveedor indica que el carbón no cuenta ya con fecha de caducidad, pero como compañía se determina ese tiempo para el control del tanque y funcionamiento adecuado del carbón.



Figura 2. 32 Tanque de filtración por carbón activado después de la mejora.

Fuente: Planta productora (Mantenimiento)

2.3.8 Reparar tanque ablandador de agua

Una vez realizada la mayoría de mejoras en la planta procesadora de agua se observa que existen unos residuos en las membranas de ósmosis cuyos filtros fueron recientemente cambiados, por lo que se procede a retirarlos y se observa que existe una migración de la resina del tanque ablandador, se revisó la parte interna del tanque ablandador del agua y se encuentran fisuras en el mismo, se toma la decisión de enviar el tanque con un proveedor externo para la reparación de este como se observa en la figura 2.33 donde se observa que el tanque no se encuentra en la planta de agua.



Figura 2. 33 Planta de agua sin tanque ablandador

Fuente: Planta productora (Mantenimiento)

2.3.9 Capacitación al personal

La capacitación del personal que se encuentra en el anexo 5 se realiza a cada operador de las áreas donde se miden los sólidos totales como se observa en la figura 3.34 ya que se observó dentro de las causas, que los operadores no seguían la técnica de análisis de los sólidos correctamente, ni mantenían los equipos aptos para su uso.



Figura 2. 34 Personal recibiendo capacitación.

Fuente: Planta productora.

En la figura 2.35 se encuentra el registro de capacitación del personal.

REGISTRO DE ASISTENCIA ACTIVIDADES DE:						
<input type="checkbox"/> CAPACITACION			<input type="checkbox"/> ENTRENAMIENTO		<input type="checkbox"/> OTRAS	
NOMBRE DEL PROGRAMA O CURSO				RESPONSABLE DEL PROGRAMA Y AREA		
FECHA DE INICIO	FECHA DE TERMINO	TIEMPO	CIUDAD	NOMBRE DE FACILITADOR		
07/08/21	07/08/21		Gye	Ina Cesar Trujillo		
AREA (S) USUARIAS DE LA CAPACITACION				Facilitador interno		
Produccion - Plantagosa - Sala Jarabe				Facilitador externo		
DETALLE DE LOS TEMAS DEL CURSO						
Uso correcto medidor Solidos Totales.						
No.	NOMBRES	CODIGO SAP	CARGO	CÉDULA	CIUDAD	FIRMA
1	Luis Domínguez	163991	OP	130912082	GyE	[Firma]
2	Pedriel Luis	166009	OP	0930136978	GyB	[Firma]
3	Andrés Vargas	164002	OP	0912878683	GyE	[Firma]
4	Andrade Germán	193037	OP	1729863884	GyE	Andrade
5	Karin Quimi	201126	O.P.	0952169121	GyE	Karin Quimi
6						
7						
8						
9						
10						

Figura 2. 35 Hoja de registro de capacitación.

Fuente: Planta productora.

Una vez realizada la capacitación se observa que los análisis de los operadores se encuentran dentro de especificación y el registro de valores del producto final es el adecuado como indica la figura 2.36

PARAMETROS DE PREPARADO DE DASANI							
TANQUE	17	18	17	10	12	7	1
# de Lote jarabe terminado	1514	1515	1516	1517	1518	1519	1
Lote y # cartón Parte 1	2875868/13	2875868/13	2875868/13	2875868/13	2875868/13	2875868/13	2875868/13
Fecha caducidad concentrado	19-02-22	19-02-22	19-02-22	19-02-22	19-02-22	19-02-22	19-02-22
# datalyzer	4732	4733	4734	4735	4736	4737	4
UC usadas/lts obtenidos	4/10500	4/10500	4/10500	4/10000	4/10000	4/10229	4
Hora agitación Inicio-termino	08:45-09:15	10:30-11:20	12:40-13:40	13:50-14:50	15:00-16:00	17:40-18:00	19:00-19:00
Hora reposo Inicio-termino	09:15-10:15	11:20-12:20	13:40-14:40	14:50-15:50	16:00-17:00	18:00-19:00	19:00-19:00
sdt preparado - sdt agua osm.	25.24	25.35	25.25	25.78	25.29	192.89	
sdt jarabe terminado	25.24	25.35	25.25	25.78	25.29	192.89	
Sensorial olor	Normal	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Sensorial sabor	Normal	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Apariencia visual	Normal	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Cuento medio de partículas	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
pH	6.5 a 7.5	7.17	7.05	7.13	7.04	7.03	7.07
Densidad	g/ml	0.9983	0.9983	0.9983	0.9983	0.9983	0.9983
Temperatura	°c	24°	24°	24°	24°	24°	24°

Figura 2. 36 Hoja de análisis jarabe terminado.

Fuente: Planta productora.

CAPÍTULO 3

3. ETAPA DE CONTROL.

3.1. Resultados de la Mejora.

Para conocer si el proceso es capaz o no de cumplir con el indicador de $Cpk > 1.33$ solicitado por la matriz de México se realiza un análisis de capacidad. La figura 3.1 nos indica el Cpk del último mes verificado antes de la mejora donde se observa un Cpk de 0.47 siendo menor al requisito mínimo de 1.33 en Cpk implica que el proceso necesita una mejora.

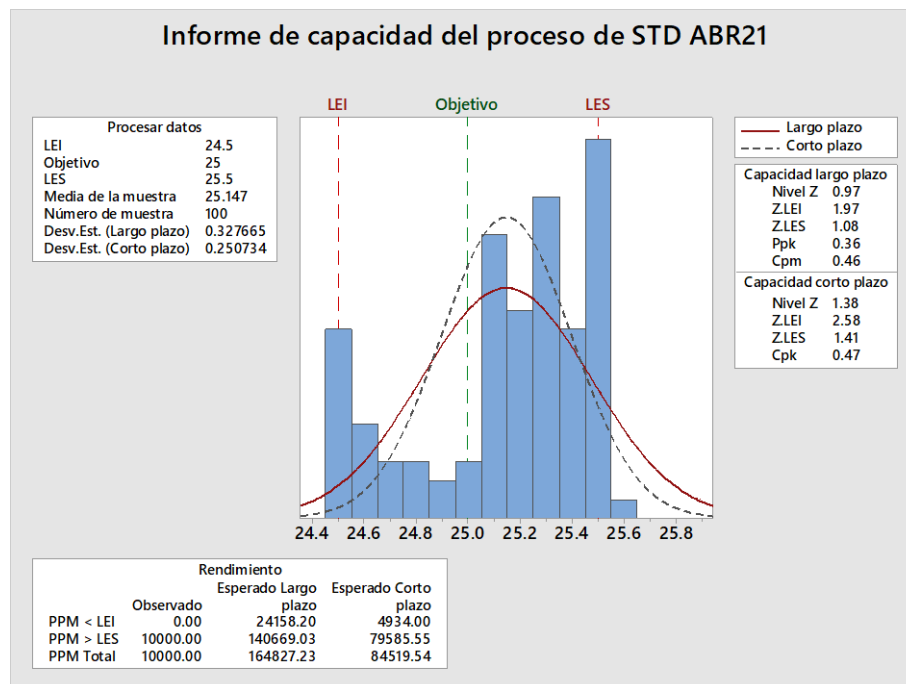


Figura 3. 1 Análisis de capacidad antes de la mejora abril 2021

Fuente: María José Carvajal C.

Antes de realizar el análisis de capacidad de la mejora se realiza una gráfica de control para conocer si los resultados se encuentran dentro de control estadístico, como se observa en la figura 3.2 los valores se encuentran dentro del control estadístico y su media se encuentra más cercana al objetivo de 25 ppm.

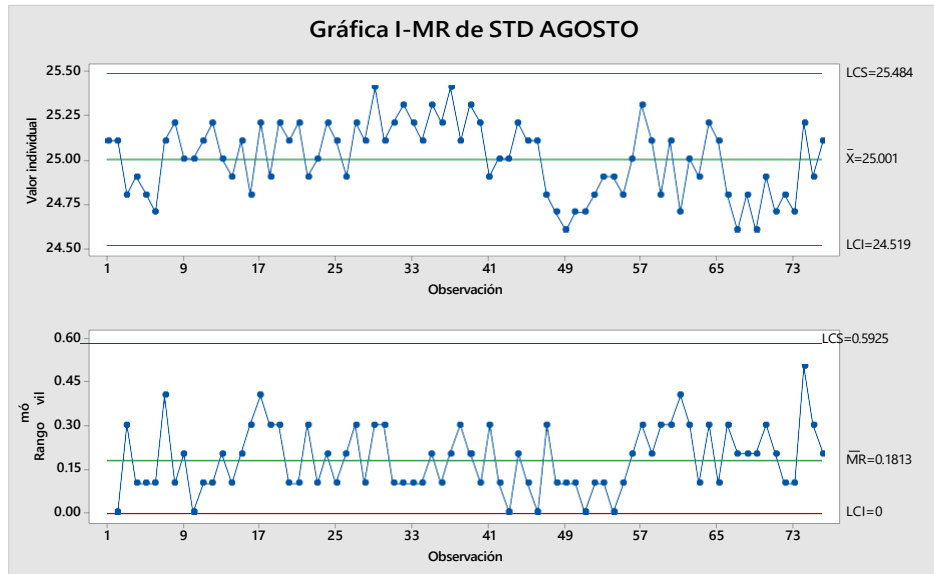


Figura 3. 2 Grafica de control agosto 2021

Fuente: María José Carvajal C.

Una vez que el proceso se encuentra dentro de control estadístico, se realiza el análisis de capacidad del mes de agosto, se ha observado una mejora significativa en los análisis de solidos totales del proceso en el mes de agosto 2021 como indica la figura 3.3 nos indica un valor de $Cpk = 1.03$ que, aunque no llega al ideal de 1.33, supera el objetivo establecido en este proyecto de alcanzar un Cpk de 0.85.

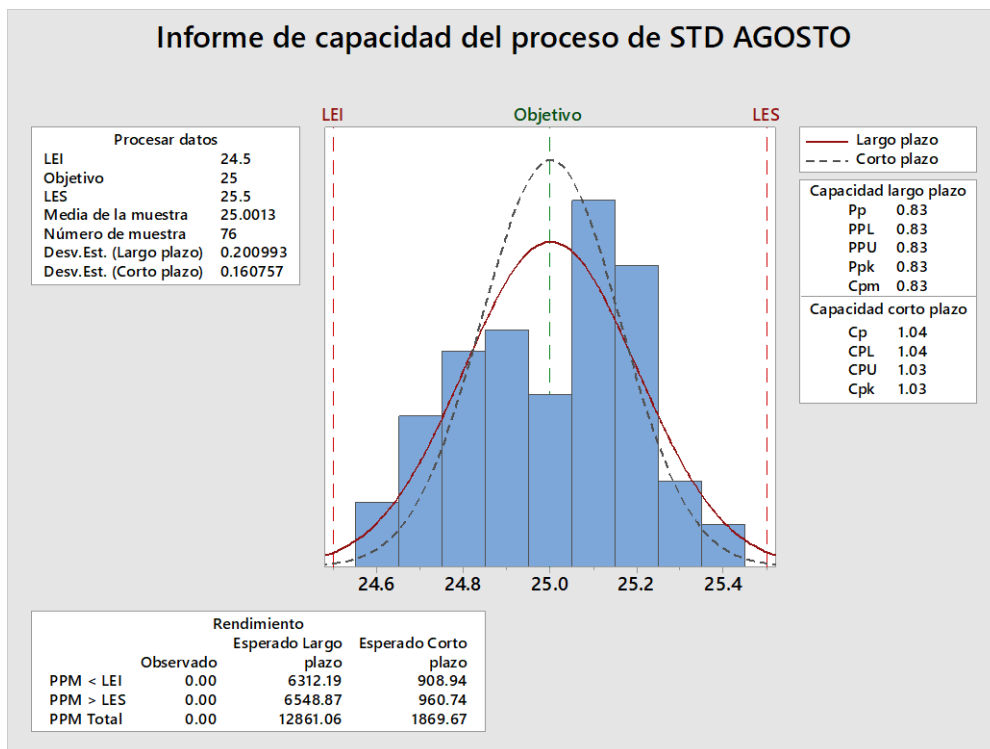


Figura 3. 3 Análisis de capacidad agosto 2021

Fuente: María José Carvajal C.

La tabla 3.1 que se encuentra en el anexo 6 nos muestra los resultados de los análisis de sólidos totales desde el mes de mayo hasta agosto del 2021 y la figura 3.4 nos indica que, una vez realizadas las mejoras en la producción del agua envasada, existe una mejora del 94% en el Cpk de la producción, superando el objetivo establecido en el proyecto durante estos meses.

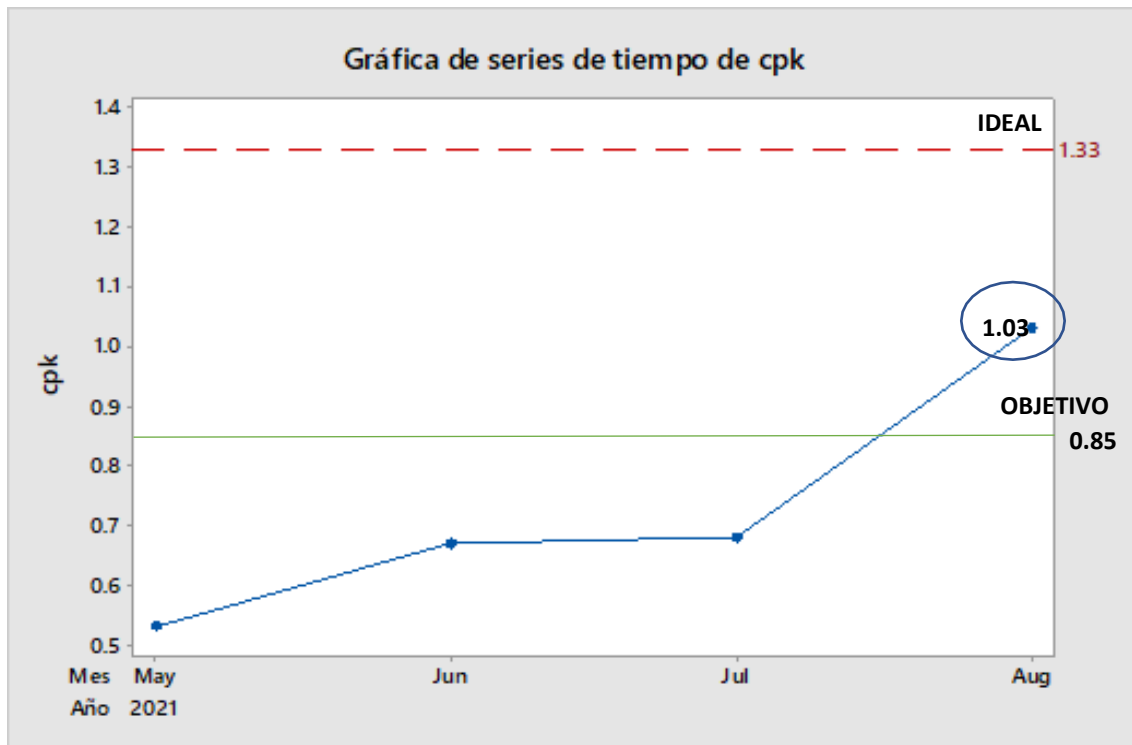


Figura 3. 4 Series de tiempo de Cpk 2021

Fuente: María José Carvajal C.

Para mantener y continuar con la reducción de la variabilidad de los sólidos totales se realiza un manual de mantenimiento que se encuentra en el anexo 7, el mismo que ayudará al personal a mantener un control más adecuado de los equipos para evitar que se llegue al daño de los equipos o de los accesorios que influyen en la variabilidad.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1 Conclusiones.

- Mediante el análisis estadístico se realiza una evaluación de los meses desde noviembre 2020 hasta abril 2021 concluyendo que las muestras se encontraban fuera de control estadístico y sus valores de Cpk durante esos meses llegaron a un máximo de 0.69 sin cumplir el de $Cpk > 1.33$ que es el que nos indica que un proceso es capaz de cumplir con los requisitos del cliente.
- Una vez que se realizó la gráfica de corridas se observó que existen causas especiales de variación, las mismas que a través del diagrama de Ishikawa y de la matriz de causa efecto fueron identificadas las causas que tuvieron mayor valoración:
 - 1.- Mal diseño de tuberías de recirculación
 - 2.- Tuberías en mal estado
 - 3.- Equipos no calibrados
 - 4.- Equipos Dañados
 - 5.- Tanque de agua blanda en mal estado.
 - 6.- Equipos fuera de especificación
 - 7.- Filtros de membrana de osmosis dañados
 - 8.- Carbón activado caducado
 - 9.- Sistema de medición incorrecto
 - 10.- Falta de conocimiento de los procesos
- Luego de implementadas las mejoras se realiza un análisis estadístico donde se determina que el proceso se encuentra dentro del control estadístico seguido de un análisis de capacidad evidenciando que existe una mejora en el $Cpk = 1.03$ superando el objetivo planteado en el proyecto de $Cpk = 0.85$ y realizando una mejora del 94 %.
- Durante el desarrollo de este proyecto se observa que la capacitación correcta del personal es un factor indispensable ya que con esto se evitarían varios errores en los análisis y la falta de conocimiento en la importancia de lo que representan los sólidos totales en el agua envasada, así como también la implementación de herramientas estadísticas en todas las partes del proceso de elaboración del producto ya que hasta el momento solo se lo realiza con mayor control en el producto final y no en las primeras etapas del proceso desde donde se pueden evitar productos finales fuera de especificación; por otro lado se refleja de manera específica que las herramientas de six sigma para la detección y solución de los problemas aprendidas en este proyecto ayudan a evitar que un proceso no cumpla los requerimientos de un cliente.

4.2 Recomendaciones.

- Para continuar con la reducción de la variabilidad de los sólidos totales y alcanzar el $Cpk > 1.33$ se debe seguir con la mejora del proceso. Durante este proyecto se realizó un enfoque a la mejora en la etapa inicial de la producción del agua envasada que es planta de agua, pero se debe continuar con la segunda etapa que es el área de llenado, donde se debe realizar un análisis en las llenadoras de una línea de producción específica, en la cual nos salen valores aún fuera de especificación en ciertas producciones, aunque en la etapa anterior al proceso (planta de agua) todo se encuentre dentro de parámetros.
- Se recomienda una capacitación continua a los operadores ya que se concluyó que luego de las lecciones de un punto, hubo una mejora en los análisis del agua envasada, es decir asegurarse cada cierto tiempo de que el operador tiene claro la importancia de los análisis realizados ya que, por ser un área de producción, el personal contratado puede rotar varias veces ya sea por nuevos ingresos o por cambio de área al personal. Adicional a esto implementar de forma más profunda la enseñanza de las herramientas de Six sigma para mantener la mejora continua en la empresa.
- Se sugiere mantenimiento periódico en los equipos como el tanque de contacto de ozono en el área de jarabe y en las líneas en el área de la llenadora de una línea que deben tener un mantenimiento adecuado para aportar en la mejora.
- Se debe mantener el control permanente durante la producción en los equipos de osmosis inversa, y no solo antes de la producción para mantener los sólidos totales dentro de especificaciones es decir menor a 10 ppm para que en los pasos siguientes de la producción dicho factor no se eleve y puedan darse valores fuera de especificación.

BIBLIOGRAFÍA

- 50 minutos. (2016). *El Diagrama de Ishikawa*. Lemaltre Publishing. Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com>
- Alcántara, W. C. (Febrero de 2014). *Análisis y mejora de procesos de una empresa textil empleando la metodología DMAIC*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Basu, R. (2009). *Implementing Six Sigma and Lean: a practical guide to tools and techniques*. Oxford: Elsevier Linacre House.
- Bonilla, E., Díaz, B., Kleeberg, F., & Noriega, M. (2020). *Herramientas y Técnicas "Mejora Continua de los procesos"*. Lima-Perú: Fondo Editorial.
- Carro, R., & González Gómez, D. A. (2012). Control estadístico de procesos. *IDEAS Working Paper Series from RePEc*, 18.
- Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2008). *Administración y Control de la Calidad*. México D.F: Cengage Learning.
- Motgomery, D. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control*. United States of America: John Wiley & Sons.
- Pérez, L. V. (2019). *Lean Manufacturing. Paso a Paso*. Barcelona: Marge Books.
- Pulido Gutiérrez, H., & de la Vara Salazar, R. (2013). Control estadístico de la calidad y Seis Sigma. México D.F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Salazar, D. L., Mosquera, M., Suarez Muñoz, N., & Mendoza, J. (s.f.). *Importancia de la herramienta AMEF en los procesos industriales*. Obtenido de Fundacion Universitaria de Popayan, Cauca, Colombia:
<http://unividafulp.edu.co/repositorio/files/original/e2bd47f3126ca374533113cb14e51f5b.pdf>
- Shaffie, S., & Shahbazi, S. (2012). *Lean Six Sigma*. United States: The Mac Graw Hill Companies.
- Velásquez Torres, J. (2019). Una aplicación de la carta de control para medias y rangos (X-R) y análisis de capacidad del proceso (ACP), en la producción de sobres de azúcar personalizados bajo el supuesto de normalidad. *AVANCES: Investigación en Ingeniería*, 7.
- W.Breyfogle, F. (2003). *Implementing Six Sigma*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Weeden, M. M. (2013). *Failure mode and effects analysis (FMEA) for small business owners and non-engineers*. Quality Press.
- Wilson, C. (2013). *Lluvia de idea y mas allá*. MK.

ANEXOS

ANEXO 1

Resultados de análisis de STD en el agua envasada de noviembre 2020-abril 2021

# MUESTRAS	STD NOVIEMBRE	STD DICIEMBRE	STD ENE21	STD FEB21	STD MAR21	STD ABR21
1	24.60	24.90	25.40	25.00	25.50	25.50
2	25.10	24.80	25.10	24.90	25.20	24.50
3	24.30	24.50	25.20	25.30	25.20	25.50
4	25.10	25.30	25.00	25.00	25.50	24.60
5	25.20	25.40	25.30	25.20	25.40	25.50
6	24.70	24.90	25.10	25.00	25.40	24.60
7	24.50	24.50	25.10	25.10	25.10	24.50
8	24.70	24.50	24.90	25.00	24.80	24.60
9	24.50	24.50	25.00	25.50	24.90	24.60
10	25.10	24.50	25.50	25.40	25.20	24.50
11	25.30	25.30	24.90	25.50	25.10	24.70
12	24.70	24.50	24.90	25.00	25.10	25.50
13	25.10	24.90	24.50	25.00	25.50	25.20
14	24.60	25.50	24.50	24.90	26.00	25.30
15	24.70	25.30	25.10	25.10	25.50	24.50
16	24.90	25.10	24.90	25.30	25.50	25.10
17	24.80	25.10	24.50	25.00	25.10	25.10
18	25.20	25.00	24.90	25.10	24.90	25.20
19	24.60	25.10	25.00	25.00	25.00	25.50
20	25.10	25.30	24.50	24.50	24.50	25.30
21	25.00	24.90	24.90	24.50	25.50	25.50
22	24.90	25.50	25.10	25.10	25.30	25.30
23	24.70	25.30	24.80	25.30	24.70	25.10
24	24.70	25.10	25.00	25.00	25.50	25.50
25	24.50	25.20	25.30	25.20	24.50	25.40
26	25.00	25.10	25.00	25.00	25.50	24.50
27	25.10	25.00	24.80	25.50	25.40	25.20
28	25.40	24.80	25.10	25.10	25.00	25.10
29	25.50	25.10	25.20	24.90	25.00	25.10
30	25.00	25.50	25.00	24.60	25.10	25.10
31	25.20	24.70	24.80	24.60	25.20	25.50
32	25.20	25.00		25.00	25.00	25.10
33	24.50	24.50		24.60	25.40	25.50
34	25.20	24.80		25.30	25.50	25.50
35	25.00	25.10		24.60	24.50	25.20
36	25.50	25.50		25.20	25.20	25.40
37	25.40	24.50		25.10	25.20	24.60
38	24.80	24.50		24.70	26.00	25.50
39	25.20	25.10		25.10	25.00	24.70
40	25.00	24.60		25.10	25.50	24.90
41	24.60	25.40		25.20	25.10	25.30
42	25.00	25.30		24.70	25.40	25.10
43	25.00	24.90		25.40	25.50	25.50
44	25.20	24.70		25.30	25.30	25.40
45	24.50	25.10		24.70	25.30	25.30
46	25.10	25.20		24.90	25.40	25.50
47	25.00	25.10		24.60	25.20	25.20
48	24.90	25.10		24.60	25.50	25.10
49	25.00	24.80		25.30	25.50	25.30
50	25.10	25.40		25.30	25.40	25.20
51	25.30	25.50		25.30	25.30	25.40
52	25.10	24.50		24.50	25.50	25.30
53	24.50	25.00		25.40	25.50	25.30
54	24.50	25.40		25.30	25.40	25.20
55	25.00	25.00		25.40	24.60	25.30
56	24.50	25.00		25.00	25.50	25.00
57	24.90	24.80		25.10	25.50	25.20
58	24.70	25.50			25.20	25.30
59	25.10	25.10			24.70	25.10
60	25.10	24.80			24.70	25.20
61	25.10	25.40			24.80	25.30
62	24.70	25.00			24.70	25.50
63	25.40	24.70			25.10	25.40
64		24.50			25.50	25.10
65		25.10			24.80	25.50
66		25.10			24.90	25.40
67		24.00			25.50	25.50
68		25.40			25.00	25.30
69		25.30			24.80	25.20
70		25.10			25.10	25.60
71		25.00			25.50	25.00
72		25.20			25.40	25.10
73		24.60			25.30	25.40
74		24.40			25.10	25.10
75		25.10			25.40	25.40
76		25.50			25.40	25.20
77		24.80			25.30	25.10
78		24.90			25.40	25.50
79		25.20			25.50	25.30
80		25.10			25.50	25.30
81		25.30			25.50	25.30
82		25.20			25.40	25.50
83		25.00			25.20	25.50
84		24.80			25.30	25.40
85		25.00			24.70	24.80
86		25.20			25.50	24.50
87					25.50	24.50
88					25.50	25.30
89					24.50	25.40
90					25.00	25.50
91					24.80	25.30
92					24.80	24.50
93					24.90	24.70
94					24.70	24.50
95					24.50	24.50
96					24.50	24.90
97					25.20	24.80
98					25.50	24.80
99					25.30	25.00
100					24.50	25.10

Fuente: Software Datalyzer.

ANEXO 2

Tabla 2. 2: Mediciones de las torres de ósmosis inversa para la remoción STD.

Remoción de los Sólidos Totales Disueltos (STD) en los equipos o torres de Ósmosis Inversa					
Hora	Torre 1	Torre 2	Torre 3	Torre 4	Tq. Pulmón
13:30	8.25	10.59	7.5	15.78	15.89
13:40	6.72	10.08	8.87	18.03	15.36
13:50	5.46	7.29	8.87	7.99	15.18
14:00	5.61	8.97	35.8	18.87	13.83
14:10	5.65	8.95	27.4	18.89	14.1
14:20	5.67	8.88	19.99	18.96	13.67
14:30	5.5	8.9	22.8	18.83	13.65
14:40	6.44	9.27	9.36	19.4	14.71
14:50	6.44	9.42	9.39	19.41	14.08
15:00	6.17	9.23	9.38	19.42	13.99
15:10	6.29	9.18	9.38	19.48	14.43
15:20	5.93	9.64	9.04	19.36	16.94
15:30	9.67	9.63	9.1	19.26	17.33
15:40	5.93	6.62	9.62	19.3	16.88
15:50	6.05	9.6	8.85	19.3	17.29
16:00	6.09	9.57	8.98	19.51	14.3
16:10	5.92	9.55	9.00	19.49	14.16
16:20	6.01	9.53	9.02	19.59	14.15
16:30	5.9	9.51	9.00	19.47	14.17
16:40	6.03	9.54	9.14	19.44	14.78
16:50	5.9	9.54	9.19	19.42	14.51
17:00	5.91	9.54	9.23	9.49	14.71
17:10	5.89	9.52	9.18	19.45	14.58
17:20	6.03	9.18	9.00	19.4	14.55
17:30	6.03	9.5	9.18	19.38	14.52
17:40	6.03	9.48	9.25	19.44	14.78
17:50	6.03	9.28	9.15	19.5	14.5
18:00	6.02	9.5	9.28	19.45	14.66
	Torre 1	Torre 2	Torre 3	Torre 4	Tq. Pulmón
Promedio	6.20	9.27	11.57	18.40	14.85
Desviación	0.85	0.74	6.63	2.83	1.06
LSCx	8.74	11.50	31.46	26.90	18.03
LICX	3.65	7.03	-8.32	9.90	11.67

Fuente: María José Carvajal C.

ANEXO 3

Tabla 2. 3: Resultados de las mediciones para el estudio R&R de STD en agua envasada

Estudio R&R de los solidos totales agua envasada										
Responsable	Maria José Carvajal Cerón						Fecha:	8/7/2021		
Especificaciones:	LI	24.5		LE	25.5		Area:	Aseguramiento de Calidad		
Tolerancia:	24.5	-		25.5	=	0.10	Turno:	1		
Número de partes	Operador A			Operador B			Operador C			
	Ensayo 1	Ensayo 2	Rango	Ensayo 1	Ensayo 2	Rango	Ensayo 1	Ensayo 2	Rango	
1	25.54	24.84	0.7	25.74	24.84	0.9	25.24	24.84	0.4	
2	24.94	25.04	-0.1	25.04	24.74	0.3	25.04	24.84	0.2	
3	24.94	24.84	0.1	24.94	24.34	0.6	25.04	24.94	0.1	
4	25.14	24.84	0.3	25.04	24.64	0.4	25.14	24.94	0.2	
5	25.04	25.14	-0.1	25.44	24.64	0.8	25.04	25.54	-0.5	
6	24.94	25.04	-0.1	25.04	24.94	0.1	25.04	25.14	-0.1	
7	24.94	24.94	0	24.94	24.54	0.4	25.04	25.04	0	
8	25.04	25.14	-0.1	25.14	25.04	0.1	25.04	25.24	-0.2	
9	24.84	24.94	-0.1	24.94	24.84	0.1	25.04	25.04	0	
10	25.04	24.74	0.3	24.84	24.54	0.3	24.94	24.84	0.1	

Fuente: María José Carvajal C.

ANEXO 4

Tabla 2. 4: Mediciones de las torres de ósmosis inversa para la remoción STD (agosto 2021)

Remoción de los Sólidos Totales Disueltos (STD) en las torres de Osmosis Inversa (Agosto 2021)				
Hora	Torre 1	Torre 2	Torre 3	Torre 4
8:30	6.03	6.03	5.67	6.29
8:40	6.03	6.03	5.5	8.69
8:50	6.03	6.64	6.03	9.67
9:00	5.64	5.63	5.9	8.63
9:10	5.63	5.62	5.91	9.02
9:20	5.62	5.28	5.89	9.1
9:30	5.98	5.02	6.03	9.11
9:40	6.44	4.27	7.36	9.2
9:50	6.44	4.42	6.39	10.43
10:00	6.17	4.23	9.38	10.03
10:10	6.29	4.18	7.38	10.23
10:20	7.01	4.64	9.04	10.05
10:30	8.98	4.63	9.1	10.06
10:40	9.00	5.93	9.62	9.98
10:50	9.02	5.67	8.85	9.96
11:00	9.00	5.93	8.98	9.56
11:10	5.92	6.05	9.00	9.03
11:20	6.01	6.09	9.02	9.06
11:30	5.9	8.51	9.00	9.15
11:40	6.03	8.54	9.14	9.26
11:50	5.99	8.53	5.93	9.64
12:00	5.91	8.61	9.67	9.63
12:10	5.89	8.31	5.93	9.38
12:20	6.03	8.24	6.05	9.6
12:30	6.03	8.65	6.09	9.57
12:40	6.03	8.69	5.92	9.29
12:50	6.03	7.85	9.15	8.97
13:00	6.02	7.83	9	9.48
	Torre 1	Torre 2	Torre 3	Torre 4
Promedio	6.47	6.43	7.53	9.36

Fuente: María José Carvajal C.

ANEXO 5

LECCIÓN DE UN PUNTO	Tema de la formación interna:	
	Uso correcto equipo medidor de sólidos totales.	
Formación de: Operadores y Analistas de Producción	Elaboró: Auditor de Calidad	Código: FF
	Aprobó: Jefe de Procesos	Revisión: 08
	Directriz: Inducción del personal	Emisión: 02

ANÁLISIS DE SÓLIDOS TOTALES CON CONDUCTIMETRO DIGITAL.

Lave el medidor de conductividad con agua destilada.

1. Enjuague tres veces el medidor con la muestra de agua a analizar.
2. Presione el botón TDS ubicado en la derecha del equipo.
3. Lea el valor que indica en la pantalla del equipo.
4. Reporte en ppm en el registro.

MANTENIMIENTO DEL EQUIPO.

Estado Incorrecto

Estado Correcto



Fecha de la formación	07/08/21
Entrenador	María José Carvajal
Evaluación	Inducción persona a persona in situ.
Asistentes	Luis Domínguez Luis Peñafiel Andrés Vargas Germán Andrade Kevin Quimi.

Fuente: María José Carvajal C.

ANEXO 6

Tabla 3. 1:
Resultados de los análisis de STD en el agua envasada de mayo
– agosto 2021.

1	25.6	25.2	25.4	25.1
2	25.4	24.6	25.3	25.1
3	25.6	25	25.3	24.8
4	25.3	24.6	25.4	24.9
5	25.3	24.6	25.2	24.8
6	25.2	24.7	25.2	24.7
7	25.4	25.4	25.3	25.1
8	25.3	25.4	24.9	25.2
9	25.5	25.1	25.0	25.0
10	25.3	24.8	25.1	25.0
11	25.1	25	25	25.1
12	24.6	25.4	24.8	25.2
13	24.6	25.2	25.2	25
14	25.6	25.2	25.2	24.9
15	25.6	25	25.1	25.1
16	24.8	25.6	25.5	24.8
17	24.8	25.6	25.3	25.2
18	24.9	25.1	25.3	24.9
19	25.2	25.4	25.1	25.2
20	25.0	25.4	25.2	25.1
21	24.6	25.0	25.2	25.2
22	24.6	25.6	25.0	24.9
23	25.3	25.6	24.8	25.0
24	25.6	25.6	24.8	25.2
25	25.3	24.6	25.1	25.1
26	25.4	24.7	25	24.9
27	25.0	25.1	25.4	25.2
28	25.3	25.1	25.2	25.1
29	25.3	24.9	25.2	25.4
30	25.6	25.4	25.5	25.1
31	25.2	25.6	25.4	25.2
32	25.4	25.6	25.2	25.3
33	25.3		25.6	25.2
34	25.6		25.3	25.1
35	25.6		25.3	25.3
36	25.6		25.1	25.2
37	25.6		25.2	25.4
38	24.9		25.2	25.1
39	25.1		25.3	25.3
40	25.3		25.1	25.2
41	25.1		24.7	24.9
42	25.4		25.3	25
43	25.6		25.4	25
44	25.2		25.3	25.2
45	24.6		25.2	25.1
46	25.6		25.3	25.1
47	24.9		25.2	24.8
48	25.6		25.4	24.7
49	24.9		25.3	24.6
50	25.4		25.3	24.7
51	25.1		24.8	24.7
52	25.6		24.9	24.8
53	25.3		24.9	24.9
54	25.3		25	24.9
55	25.3		25.1	24.8
56	25		25.2	25
57	25		25.3	25.3
58	25.1		25.2	25.1
59	25.1		25	24.8
60	25		25.2	25.1
61	25		25.6	24.7
62	25.3		25.4	25
63	25.3		25.4	24.9
64	24.9		25.1	25.2
65	25.1		25.5	25.1
66	25		25.1	24.8
67	25.2		25.3	24.6
68	25.1		25.2	24.8
69	25.3		25.3	24.6
70	25.3		25	24.9
71	24.9		25.1	24.7
72	25.3		25.4	24.8
73	25.2			24.7
74	25.3			25.2
75	25			24.9
76	25.1			25.1
77	25.4			
78	25			
79	25.3			
80	25.1			
81	24.7			
82	25.4			
83	25.4			
84	25.6			
85	25.2			
86	25.1			
87	25.3			
88	25.3			
89	25.4			
90	25.4			
91	25.3			
92	25.3			
93	25.6			
94	25.6			
95	25.4			
96	25.2			
97	24.9			
98	25.3			
99	25.2			
100	25.2			

Fuente: María José Carvajal C.

ANEXO 7

MANUAL DE MATENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA					
LOCALIDAD	Planta Guayaquil		FECHA	Agosto	
AÑO	2021		ELABORADO POR	Henry Cedeño - Maria Jose Carvajal	
EQUIPO	CODIGO SAP	PROVEEDOR	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	PROCEDIMIENTO
Equipo de Osmosis Inversa #1	2007088	UNIVERSAL	Mantenimiento/Calibración	TRIMESTRAL	1. Revisión de conexión accesorios de tuberías ingreso y salida del equipo, cambiar de ser necesario. 2. Revisión fugas de agua por los filtros pulidores, corregir de ser necesario. 3. Ajuste de tornillería soportes, bridas, accesorios.
Equipo de Osmosis Inversa #2	2007089	UNIVERSAL	Mantenimiento/Calibración		
Equipo de Osmosis Inversa #3	2016292	Aqua y Sistemas	Mantenimiento/Calibración		
Equipo de Osmosis Inversa #4	2016293	Aqua y Sistemas	Mantenimiento/Calibración		
Equipo de Osmosis Inversa #1	2007088	UNIVERSAL	Mantenimiento/Calibración	ANUAL	1.-Limpieza orgánica e inorgánica de membranas torres 1, 2, 3 y 4 de equipos de osmosis. 2.-Sanitización y desinfección de torres 1,2,3 y 4 de equipo de osmosis.
Equipo de Osmosis Inversa #2	2007089	UNIVERSAL	Mantenimiento/Calibración		
Equipo de Osmosis Inversa #3	2016292	Aqua y Sistemas	Mantenimiento/Calibración		
Equipo de Osmosis Inversa #4	2016293	Aqua y Sistemas	Mantenimiento/Calibración		
Tanque de agua blanda clorada	2007105	CARPET	Mantenimiento/Inspección	ANUAL	1.- Apertura de compuerta e inspección interna estructura del tanque. 2.- Reportar anomalías.
Tanque ablandador de agua clorada	2007106	CARPET	Mantenimiento/Inspección		
Tanque ablandador para calderos	2007107	CARPET	Mantenimiento/Inspección		
Tanque pulmon agua osmotica	2007108	EDUARDO OSPINA S.A	Mantenimiento/Inspección		
Bateria de Carbón # 1	2007110	ACINDEC	Mantenimiento/Inspección	BIENAL	1.Cierre ingreso de agua y purgar tuberías y filtro. 2.Evacuación del carbón activado dentro del filtro. 3.Limpieza interna tanque para eliminar suciedad incrustada. 4. Revisión de estructura de flautas, cambio en caso de daño o soldar si existen fisuras. 5. Cambio de las mallas y abrazaderas que recubren flautas. 6. Inundación de filtro de carbón vacío con agua con cloro a 5 ppm (12 horas). 7. Colocar nuevo lecho de carbón y ejecutar un enjuague para eliminar partículas de materiales suelta. 8. Vaporización del filtro. 9. Hacer pruebas de sensorial y ponerlo en funcionamiento una vez liberado por aseguramiento de calidad. 10. Reportar novedades encontradas.
Bateria de Carbón # 2	2007111	ACINDEC	Mantenimiento/Inspección		
Bateria de Carbón # 3	2007112	ACINDEC	Mantenimiento/Inspección		
Bateria de Carbón # 4	2007113	EDOSPINA	Mantenimiento/Inspección		
Bateria de Carbón # 5	2007114	EDOSPINA	Mantenimiento/Inspección		
Bateria de Carbón # 6	2016295	AQUA SISTEMAS MANTA	Mantenimiento/Inspección		
Tanque de agua rechazo osmosis	2007120	EDOSPINA	Mantenimiento/Inspección	ANUAL	1.- Apertura de compuerta e inspección interna estructura del tanque. 2.- Reportar anomalías.
Equipo ultravioleta # 1	2016302	ACUAFINE CORPORATION	Mantenimiento/Calibración	ANUAL	1.-Mantenimiento lámparas UV #1 y 2. 2.-Cambio de tubos UV. 3.-Cambio de tubos de protección. 4.-Cambio de balastro para los filtros. 5.-Cambiar Horometro. 6.-Probar el correcto funcionamiento. 7.-Reportar anomalías.
Equipo ultravioleta # 2	2015768	ACUAFINE CORPORATION	Mantenimiento/Calibración	ANUAL	
Tanque de agua	2006913	LOCAL	Mantenimiento/Inspección	BIENAL	1.- Apertura de compuerta e inspección interna estructura del tanque. 2.- Reportar anomalías.
Tanque pulmón	2006915	LOCAL	Mantenimiento/Inspección		
Bateria de arena # 1	2007092	EDOSPINA	Mantenimiento/Inspección	BIENAL	1. Cierre de ingreso de agua y purga de tuberías y filtro. 2. Evacuación de grava usada en filtro de arena. 3.Limpieza interna del tanque para eliminar suciedad incrustada. 4. Revisión de estructura de flautas, cambio en caso de daño o soldar si existen fisuras. 5. Cambio de las mallas y abrazaderas que recubren flautas. 6. Inundación filtro de arena vacío con agua con cloro a 5 ppm. 7. Colocar grava nueva en filtro de arena. 8. Poner en funcionamiento. 9. Hacer pruebas de sensorial y ponerlo en funcionamiento una vez liberado por aseguramiento de calidad. 10. Reportar novedades encontradas.
Bateria de arena # 2	2007093	EDOSPINA	Mantenimiento/Inspección		
Bateria de arena # 3	2007094	EDOSPINA	Mantenimiento/Inspección		
Tanque Clarificador # 1	2007115	EDOSPINA	Mantenimiento/Inspección	BIENAL	1.- Apertura de compuerta e inspección interna estructura del tanque. 2.- Reportar anomalías.
Tanque Clarificador # 2	2007116	EDOSPINA	Mantenimiento/Inspección		
Tanque Clarificador # 3	2007560	EDOSPINA	Mantenimiento/Inspección		
Tanque Clarificador # 4	2016294	Aqua y Sistemas	Mantenimiento/Inspección		
Tanque de Equilibrio	2007117	CARPET	Mantenimiento/Inspección	BIENAL	1.- Apertura de compuerta e inspección interna estructura del tanque. 2.- Reportar anomalías.
TANQUE PARA CLORO AGUA TRATADA	2007118	CARPET	Mantenimiento/Inspección		
TANQUE PARA CLORO AGUA BLANDA CLORADA	2007119	CARPET	Mantenimiento/Inspección		
Tanque de salmuera	2007121	PLASTIMET	Mantenimiento/Inspección		
Tanque de cloro carprt	2007126	CARPET	Mantenimiento/Inspección		
Tanque agua pre tratada	2007127	CEPEM (BRAZIL)	Mantenimiento/Inspección		
Tanque recuperación agua retrolavado	2007128	JOHNSON	Mantenimiento/Inspección		
Tanque de agua carpet	2007129	CARPET	Mantenimiento/Inspección		
Tanque de almacenamiento	2007133	CARPET	Mantenimiento/Inspección		

Fuente: María José Carvajal C.

