

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“MEJORA DEL PROCESO EN LA OBTENCIÓN
DEL AGUA POTABLE PARA AUMENTAR LA
CALIDAD DEL AGUA EN LA EMPRESA SEDACAJ
– CAJAMARCA, 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Industrial

Autora:

Cristina Beatriz Gayozo Muñoz

Asesor:

Ing. Mg. Karla Rossemary Sisniegas Noriega

Cajamarca - Perú

2021



DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada para mi hermosa familia, siendo mi principal motivación.

“Merecer lo que sueñas” Cerati (1999)

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia, a mi asesora y a la empresa SEDACAJ por el apoyo brindado para
hacer realidad esta investigación.

“Gracias Totales” Cerati (1997)

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	6
ÍNDICE DE ECUACIONES	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	16
CAPÍTULO III. RESULTADOS	25
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	114
REFERENCIAS	118
ANEXOS	122

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Técnicas de recolección de datos</i>	17
<i>Tabla 2: Métodos e instrumentos de recolección de datos</i>	19
<i>Tabla 3: Instrumentos de recolección de datos</i>	20
<i>Tabla 4: Matriz de consistencia</i>	23
<i>Tabla 5: Matriz de Operacionalización</i>	24
<i>Tabla 6: Medición de tiempos</i>	35
<i>Tabla 7: Número de observaciones</i>	36
<i>Tabla 8: Tabla YIELD</i>	38
<i>Tabla 9: Valores de índice de capacidad de proceso</i>	39
<i>Tabla 10: Valores con respecto a la turbiedad</i>	40
<i>Tabla 11: Valores con respecto al Ph</i>	42
<i>Tabla 12: Valores con respecto al Cloro Residual Libre</i>	44
<i>Tabla 13: Valores con respecto a la Conductividad</i>	46
<i>Tabla 14: Valores con respecto al color</i>	48
<i>Tabla 15: Valores con respecto a los Cloruros</i>	50
<i>Tabla 16: Valores con respecto a la Dureza Total</i>	52
<i>Tabla 17: Valores con respecto a los Sulfatos</i>	54
<i>Tabla 18: Valores con respecto a los Nitratos</i>	56
<i>Tabla 19: Valores con respecto a las Bacterias Heterotróficas</i>	58
<i>Tabla 20: Valores del laboratorio con respecto a la calidad del agua potable</i>	61
<i>Tabla 21: Matriz de operacionalización con resultados</i>	62
<i>Tabla 22: Tabla Pareto</i>	65
<i>Tabla 23: Tabla de severidad</i>	66
<i>Tabla 24: Tabla de detección</i>	67
<i>Tabla 25: Tabla de Gravedad</i>	68
<i>Tabla 26: AMEF</i>	69
<i>Tabla 27: 5 ¿Por qué?</i>	70
<i>Tabla 28: AMEF con acciones</i>	74
<i>Tabla 29: YIELD de mejora</i>	84
<i>Tabla 30: Nuevos valores de turbiedad</i>	85
<i>Tabla 31: Nuevos valores de Ph</i>	87
<i>Tabla 32: Nuevos Valores de Cloro residual libre</i>	89
<i>Tabla 33: Nuevos valores de conductividad</i>	91
<i>Tabla 34: Nuevos valores de color</i>	93
<i>Tabla 35: Nuevos valores de cloruros</i>	95
<i>Tabla 36: Nuevos valores de dureza total</i>	97
<i>Tabla 37: Nuevos valores de sulfatos</i>	99
<i>Tabla 38: Nuevos valores de nitratos</i>	101
<i>Tabla 39: Nuevos valores de bacterias heterotróficas</i>	103
<i>Tabla 40: Valores de calidad con mejoras</i>	106
<i>Tabla 41: Matriz de operacionalización de variables con resultados y diseño de mejora</i>	107
<i>Tabla 42: Cpk anterior vs Cpk de diseño</i>	108

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1: Procedimiento.....</i>	<i>21</i>
<i>Ilustración 2: Organigrama</i>	<i>26</i>
<i>Ilustración 3: Conexiones de la captación de agua de la planta</i>	<i>27</i>
<i>Ilustración 4: Conexiones de la captación de agua en 3D.....</i>	<i>27</i>
<i>Ilustración 5: Conexiones de la captación de agua en 3D, vista posterior</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 6: Laboratorio SEDACAJ.....</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 7: Diagrama de análisis de proceso</i>	<i>29</i>
<i>Ilustración 8: Diagrama Ishikawa</i>	<i>31</i>
<i>Ilustración 9: Diagrama de análisis de procesos.....</i>	<i>33</i>
<i>Ilustración 10: Prueba de normalidad de la turbiedad.....</i>	<i>41</i>
<i>Ilustración 11: Índice de capacidad del proceso de la turbiedad.....</i>	<i>41</i>
<i>Ilustración 12: Prueba de normalidad del Ph.....</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 13: Prueba de capacidad del Ph.....</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 14: Prueba de normalidad de Cloro Residual Libre</i>	<i>45</i>
<i>Ilustración 15: Prueba de capacidad de Cloro Residual Libre</i>	<i>45</i>
<i>Ilustración 16: Prueba de normalidad de Conductividad.....</i>	<i>47</i>
<i>Ilustración 17: Prueba de capacidad de la Conductividad.....</i>	<i>47</i>
<i>Ilustración 18: Prueba de normalidad con respecto al color</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 19: Índice de capacidad con respecto al color</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 20: Prueba de normalidad con respecto a los Cloruros.....</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 21: Índice de capacidad con respecto a los Cloruros</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 22: Prueba de normalidad con respecto a la Dureza Total</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 23: Índice de capacidad con respecto a la Dureza Total</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 24: Prueba de normalidad con respecto a los Sulfatos</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 25: Índice de capacidad con respecto a los Sulfatos.....</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 26: Prueba de normalidad con respecto a los Nitratos.....</i>	<i>57</i>
<i>Ilustración 27: Índice de capacidad con respecto a los Nitratos.....</i>	<i>57</i>
<i>Ilustración 28: Prueba de normalidad con respecto a las Bacterias Heterotróficas</i>	<i>59</i>
<i>Ilustración 29: Índice de Capacidad con respecto a las Bacterias Heterotróficas</i>	<i>59</i>
<i>Ilustración 30: SIPOC.....</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 31: Diagrama de Pareto</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 32: NRP (Número de prioridad de riesgo – Risk Priority Number).....</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 33: Lluvia de ideas.....</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 34: Diagrama de actividades de proceso</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 35: Reservorio corte C-C.....</i>	<i>75</i>
<i>Ilustración 36: Reservorio corte B-B</i>	<i>76</i>
<i>Ilustración 37: Reservorio corte A-A</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 38: Tipos de certificación six sigma</i>	<i>78</i>
<i>Ilustración 39: Diagrama de actividades de proceso mejorado</i>	<i>79</i>
<i>Ilustración 40: Factor de Westinghouse</i>	<i>81</i>
<i>Ilustración 41: Sistema de suplementos por descanso</i>	<i>82</i>
<i>Ilustración 42: Prueba de normalidad de turbiedad.....</i>	<i>86</i>
<i>Ilustración 43: Cpk de turbiedad</i>	<i>86</i>
<i>Ilustración 44: Prueba de normalidad del Ph.....</i>	<i>88</i>
<i>Ilustración 45: Cpk de ph.....</i>	<i>88</i>

<i>Ilustración 46: Prueba de normalidad de cloro residual libre</i>	90
<i>Ilustración 47: Cpk de cloro residual libre</i>	90
<i>Ilustración 48: Prueba de normalidad de conductividad</i>	92
<i>Ilustración 49: Cpk de conductividad</i>	92
<i>Ilustración 50: Prueba de normalidad del color</i>	94
<i>Ilustración 51: Cpk de color</i>	94
<i>Ilustración 52: Prueba de normalidad de cloruros</i>	96
<i>Ilustración 53: Cpk de cloruros</i>	96
<i>Ilustración 54: Prueba de normalidad de dureza total</i>	98
<i>Ilustración 55: Cpk de dureza total</i>	98
<i>Ilustración 56: Prueba de normalidad de sulfatos</i>	100
<i>Ilustración 57: Cpk de sulfatos</i>	100
<i>Ilustración 58: Prueba de normalidad de nitratos</i>	102
<i>Ilustración 59: Cpk de nitratos</i>	102
<i>Ilustración 60: Prueba de normalidad de bacterias heterotróficas</i>	104
<i>Ilustración 61: Cpk de bacterias heterotróficas</i>	104
<i>Ilustración 62: Costo por procedimientos</i>	109
<i>Ilustración 63: Costo en capacitaciones anuales</i>	109
<i>Ilustración 64: Costo en el cuidado de la salud anual</i>	110
<i>Ilustración 65: Costos en higiene</i>	110
<i>Ilustración 66: Costo en botiquín</i>	110
<i>Ilustración 67: Costos por pintado</i>	111
<i>Ilustración 68: Gastos operativos</i>	111
<i>Ilustración 69: Costos por incurrir en la propuesta de mejora</i>	112
<i>Ilustración 70: Costos por no incurrir en la propuesta de mejora</i>	112
<i>Ilustración 71: Flujo de caja neto</i>	113
<i>Ilustración 72: Tasa de descuento</i>	113
<i>Ilustración 73: VAN, TIR e IR</i>	113

ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1: Producción</i>	34
<i>Ecuación 2: Medición de tiempos</i>	34
<i>Ecuación 3: Medición de tiempos</i>	36
<i>Ecuación 4: Defectos por unidad</i>	36
<i>Ecuación 5: DPU resuelto</i>	37
<i>Ecuación 6: Defectos por oportunidad</i>	37
<i>Ecuación 7: DPO resuelto</i>	37
<i>Ecuación 8: Defectos por oportunidad de millón</i>	37
<i>Ecuación 9: DPMO resuelto</i>	38
<i>Ecuación 10: YIELD</i>	38
<i>Ecuación 11: YIELD resuelto</i>	38
<i>Ecuación 12: Regla de tres para hallar producción</i>	79
<i>Ecuación 13: Resta para hallar la producción</i>	80
<i>Ecuación 14: Nueva producción</i>	80
<i>Ecuación 15: Producción en m³</i>	80
<i>Ecuación 16: Tiempo normal</i>	81
<i>Ecuación 17: Tiempo Normal resuelto</i>	81
<i>Ecuación 18: Tiempo estándar</i>	82
<i>Ecuación 19: DPU de mejora resuelto</i>	83
<i>Ecuación 20: DPO de mejora resuelto</i>	83
<i>Ecuación 21: DPMO de mejora resuelto</i>	83
<i>Ecuación 22: YIELD de mejora resuelto</i>	84

RESUMEN

Esta investigación fue realizada con el objetivo de mejorar el proceso en la obtención del agua potable para aumentar la calidad del agua en la empresa SEDACAJ – Cajamarca, 2020, para ello se utiliza el six sigma, siendo esta metodología de gran importancia hoy en día, se puede observar que gracias a la aplicación de dicha herramienta se pudo mejorar el proceso de producción del agua y la calidad. En el proceso podemos comprar el tiempo de ciclo de producción, en minutos, de 240, en resultados, a 235, en el diseño de mejora, en producción un aumento de 19008 m³ a 21319 m³, en el DPMO una disminución de 98000 a 60000 m³, en el índice de capacidad de proceso se puede observar que a pesar que no todas las determinaciones llegaron a ser mayores que uno todas son mayores que en los resultados y, por último en la calidad podemos observar que los nuevos valores son más cercanos a los ideales. En la parte financiera se puede observar que existe una ganancia para la empresa SEDACAJ, si es que deciden hacer posible este proyecto, con un VAN mayor a 1y un TIR mayor a la tasa de descuento, el proyecto es viable.

Palabras clave: Six sigma, calidad y SEDACAJ

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Según estudios hechos por el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia y la Organización Mundial de la Salud (2015), el 91% de la población en el mundo cuenta con una fuente de agua potable mejorada, a diferencia de 1990 donde la cifra era menor en un 15%; es decir, 6600 millones de personas gozan de este recurso y 663 millones no. En 1990, 5937 millones de personas tenían este acceso, pero desgraciadamente los países que están en vías de desarrollo no pudieron llegar a abarcar dicha necesidad. Actualmente, solo existen tres países en el que el acceso del agua potable es de menos de la mitad, a diferencia de 1990 donde la cantidad de países era mayor en 20.

Para Casma (2015), América Latina y el Caribe son las regiones que cuentan con una mayor cantidad de agua dulce, pero al mismo tiempo son las más golpeadas por la sed, se puede afirmar que casi 37 millones de personas no disponen de agua potable y 110 millones no disponen de saneamiento. Haití, República Dominicana, Nicaragua, Ecuador, Perú y Bolivia son los países más castigados. Además, estos países cuentan con problemas en el suministro de agua con una calidad deficiente.

Según las cifras que podemos obtener de la investigación de la Autoridad Nacional del Agua (2013), el Perú es un país muy recompensado acerca de la cantidad de agua dulce con la que cuenta, considerándose el octavo país con mayor medida de este recurso. Existe muchas lagunas, ríos y glaciares tropicales, entre estos se encuentra el Amazonas y el Titicaca. Se tiene casi dos billones de metros cúbicos de agua cada año, pero el 66% de los peruanos solo tienen el 2,2% de acceso al servicio.

Según la Asociación Los Andes de Cajamarca (2016), existe un convenio hecho por el ALAC de Yanacocha, la Municipalidad Provincial de Cajamarca y la EPS SEDACAJ, los cuales van realizando once proyectos desde el 2012 para mejorar el suministro de agua en Cajamarca llamado “Agua para Cajamarca”, deseando mejorar el abastecimiento especialmente en Mollepampa con instalaciones de redes primarias y secundarias.

Para Castaño, Vélez (2016), en la tesis denominada “IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE CALIDAD EN EL PROCESO DE INYECCIÓN DE UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE PLÁSTICOS, UBICADA EN LA CIUDAD DE CALI”, de la Universidad Buenaventura de Cali, Colombia, el problema radica en el proceso de inyección donde se fabrican cubiertos de plástico, generando que no tengan una buena calidad, para mejorar el problema utilizaron el ciclo PHVA y un plan de calidad. Las conclusiones son que añadiendo una inspección de pesado y el plan de calidad mejoró la producción y calidad, se realizaron capacitaciones y se espera que próximamente la empresa tenga bases para implementar un plan de muestreo.

Para Pardo (2019), en la tesis denominada “PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO SIX SIGMA PARA MEJORAR EL PROCESO DE MANEJO Y CONTROL DE DESPERDICIOS DE MATERIA PRIMA EN LA EMPRESA CARTONES AMERICA”, de la Universidad Católica de Colombia, en la ciudad de Bogotá, lo rollos de materia prima no se encuentran en buenas condiciones de uso, además los cortes hechos no siempre son los correctos dificultando la calidad y cuando pasan al almacenamiento sufren cuidados deficientes, generando desperdicios, por ello decidieron implementar el six sigma y algunas herramientas lean manufacturing. Las conclusiones son que se reconocieron los problemas, se distinguieron los resultados con Cpk y con los métodos estadísticos se pudo realizar una mejora.

Para Herrera, Vilcamisa (2016), en la tesis denominada “APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA PARA MEJORAR EL PROCESO DE REGISTRO DE MATRÍCULA, EN LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL PERÚ”, de la Universidad Autónoma del Perú, en la ciudad de Lima, existe un mal manejo en el proceso de matrícula que genera sobrecostos, tiempos de ciclo muy amplios e insatisfacción, para reducir todo lo antes mencionado se utiliza la herramienta six sigma obteniendo que al aplicarla es factible económicamente. Las conclusiones de la investigación son que se mejoró el proceso, se redujeron colas y se logró saber cuál era el proceso antes y después de aplicar la herramienta.

Según Medina (2017), en la tesis denominada “APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DEL SEIS SIGMA EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EN LA EMPRESA J INGENIEROS S.A.C, SAN ISIDRO, 2017”, de la Universidad César Vallejo en Lima – Perú, existen retrasos en mantenimiento, el taller tiene un espacio reducido y no existe una base de datos, por ello se decidió aplicar la metodología lean seis sigma, la fase DMAIC. Las conclusiones son que la calidad antes del seis sigma era de menos del 70% y luego de aplicar la herramienta aumentó a más del 90%, la fiabilidad antes de aplicar la herramienta fue de menos del 80%, y luego aumentó a más del 90% y en el desmonte de bomba neumática, antes de la aplicación era menos del 90% y luego pasó a más del 90%.

Según Rebaza (2016), en la tesis denominada “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE SIX SIGMA, A TRAVÉS DEL MODELO DMAIC PARA LA MEJORA DE CALIDAD DEL PRODUCTO EN LA EMPRESA POSTES DEL NORTE S.A-CAJAMARCA”, de la Universidad Privada del Norte en Cajamarca – Perú, el principal problema se encuentra en el área de mezclado, ya que es el área

más importante y donde repercute a las demás, por ello se decidió aplicar la herramienta six sigma. Las conclusiones son que se logró realizar el diagnóstico y se aplicó el método DMAIC, el six sigma mejoró de 1 a 3 la productividad y eficiencia mejoró a más del 90%, por ello se puede decir que el proyecto si es viable.

Para Pastor (2018), en la tesis denominada “PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN APLICANDO LA METODOLOGÍA SIX SIGMA PARA REDUCIR DEFECTOS EN LA EMPRESA RMB SATECI S.A.C”, de la Universidad Privada del Norte en Cajamarca – Perú. Sus principales problemas tienen que ver con los desperdicios, errores que se encuentran en el proceso de producción y el mal uso de la materia prima, por ello, se aplicará la metodología six sigma con el fin de mejorar los procesos y desaparecer los desperdicios. En las conclusiones se puede deducir que el principal problema está en el área de pintura, obteniendo un estado poco óptimo, con un six sigma de 1.26 y un error de 59.40%, para eliminar pérdidas se propone instalar una cabina de granallado, al aplicar las mejoras, el nivel de six sigma, aumentó a 2.36 con un error de 27.65%, mejorando el proceso.

SEDACAJ (2012), en su página web informa que ofrece servicios de agua potable y alcantarillado para la ciudad de Cajamarca, San Miguel y Contumazá, más del 90% abarca el agua potable y más del 85% del alcantarillado, con una mejora en cada año. Sin embargo, siguen existiendo algunos inconvenientes, ya que no se tiene la calidad del agua esperada en la ciudad de Cajamarca, el problema recae en la etapa de filtración, porque existe una saturación de filtro, causada, ya sea por la arena o por el mal manejo de las anteriores actividades. Por ello el fin de esta investigación es realizar una mejora de proceso con la ayuda de la herramienta six sigma con el fin de mejorar la calidad del agua en la ciudad de Cajamarca.

Para Bravo (2011), los procesos son diferentes actividades con el fin de convertir entradas, que son los recursos, en salidas, que se refiere al producto final, las entradas y salidas tienen información, el proceso crea un valor al producto final para obtener satisfacción en el cliente.

Para Carvajal, Valls, Lemoine, Alcívar (2017), los procesos son actividades o tareas que tienen el fin de realizar un producto o un servicio con el fin de satisfacer el cliente, agregando valor al output.

Para Tarí (2000), define que la calidad es la felicidad que tienen las personas con el producto o servicio final. Las estipulaciones que requieren los clientes deben ser cumplidos, sin basarse en lo que opine la empresa, y es lo que muchas empresas están tomando en cuenta.

Según Alfaro (2009), Son todas las cualidades de un producto o servicio para satisfacer las necesidades de los clientes. En mercadotecnia, es efectuar todos los patrones desde el principio.

Según Navarro, Gisbert, Pérez (2017), Seis sigma nació en los años 80 en la empresa Motorola gracias al ingeniero Mikel Harry, se implementó con la finalidad de mejorar la calidad. Las empresas industriales y comerciales realizaron un pequeño cambio optimizando procesos para mejorar la competitividad y productividad; además, realizar una mejora continua.

1.2. Formulación del problema

¿En qué medida la mejora del proceso en la obtención del agua potable aumentará la calidad del agua en la empresa SEDACAJ – Cajamarca, 2020?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Mejorar el proceso en la obtención del agua potable para aumentar la calidad del agua en la empresa SEDACAJ – Cajamarca, 2020.

1.3.2. Objetivos específicos

- Medir el proceso y la calidad del agua actual de la empresa SEDACAJ – Cajamarca.
- Diseñar una mejora de proceso en la obtención del agua potable para aumentar la calidad del agua en la empresa SEDACAJ.
- Analizar la calidad del agua después de la mejora de proceso en la obtención del agua potable en la empresa SEDACAJ.
- Realizar una evaluación económica financiera para evaluar la viabilidad de la mejora de proceso en la obtención del agua potable, en la empresa SEDACAJ.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

La mejora del proceso en la obtención del agua potable aumentará significativamente la calidad del agua en la empresa SEDACAJ – Cajamarca, 2020.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Enfoque

Según Hueso, Cascant (2012), la investigación cuantitativa usa las herramientas estadísticas para obtener información relevante como población, muestra y aplicación de variables.

De lo expuesto anteriormente por los autores se puede deducir que la investigación es cuantitativa, ya que cumple con que se utilizan técnicas estadísticas para desarrollar el proyecto.

2.1.2. Diseño

Según Arias (2012), los diseños preexperimentales son experimentos realizados antes de la evaluación final, es complicado la inspección que se tiene en las actividades del proceso, por ello su valor es refutable. Se utilizan el pre test y el post test.

Por lo anterior mencionado se concluye que la investigación es pre experimental ya que se observará el cambio de la variable dependiente al realizar la mejora en la variable independiente.

2.1.3. Tipo

Según Fernández, Baptista (2014), las investigaciones de tipo correlacionales, relacionan las variables estudiadas para un grupo importante de población o muestra. La investigación es correlacional, ya que las dos variables se relacionan entre sí, dando como resultado, que al aumentar la eficiencia en los procesos aumentará también la calidad del agua potable.

2.2. Población y muestra

Población: Todos los procesos de todas las áreas de la empresa SEDACAJ

Muestra: El proceso para la obtención del agua potable en la empresa SEDACAJ

2.3. Métodos, Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Métodos

2.3.1.1. Método Inductivo – Deductivo. Inductivo ya que podremos ir de lo particular a lo general, además, utilizaremos el método deductivo porque se revisará fundamentos teóricos.

2.3.1.2. Método Cuantitativo – Cualitativo. Se utilizará el método cuantitativo, ya que dos de nuestros instrumentos son la entrevista y la observación, por otro lado, también será de uso el método cualitativo por el instrumento de entrevista.

2.3.2. Técnicas

Los datos se recolectaron y analizaron de la siguiente forma:

Tabla 1: Técnicas de recolección de datos

Técnicas	Se deduce	Instrumentos	Aplicado a
Observación	El proceso y el tiempo de ciclo	Guía de observación Lapicero Cámara	Producción
Entrevista	Los problemas	Guía de entrevista Lapicero Grabadora	Encargado
Análisis de la Documentación	La calidad	Informes calidad Cámara	Involucrados en calidad

Nota. En esta tabla podemos observar las técnicas que se utilizaron para recolectar datos, entre ellas está la observación, la entrevista y el análisis de la documentación.

El objetivo de realizar la observación es diagnosticar los tiempos y el proceso en el área de producción en la empresa SEDACAJ, para aplicarla será necesario coordinar una cita previa con el área de producción del agua potable con la finalidad de llenar la guía de observación, la cual se preparará antes, con el lapicero y se tomarán fotos para luego proceder a hacer el diagrama de análisis de procesos y la medición de tiempos.

Entrevista

El objetivo principal de la entrevista es encontrar los problemas del proceso de obtención del agua potable y cómo influye esto en la calidad, para ello es necesario coordinar con anterioridad la visita, ya que se utilizará 10 minutos con el encargado, se utilizará la guía de entrevista, previamente hecha, lapicero y una grabadora con el fin de volver a escuchar las explicaciones dadas para poder realizar la situación actual de la empresa y observar la mejora que se debe aplicar mediante la metodología six sigma.

Análisis de la Documentación

El objetivo principal del análisis de la documentación es saber cómo miden la calidad del agua en la empresa SEDACAJ, se deberá pedir la autorización correspondiente, ya que se conversará con los encargados del control de calidad con el fin de revisar documentos necesarios para realizar las dimensiones de la calidad del agua potable y a partir de ello medir la situación actual y posteriormente la mejora con la herramienta asignada.

Los métodos e instrumentos que se utilizarán según cada indicador son:

Tabla 2: Métodos e instrumentos de recolección de datos

Indicadores	Método	Instrumentos
Tiempo de ciclo de producción	Diagrama de análisis de proceso	Excel
Producción	Análisis de datos	Dato
Tiempo normal	Medición de tiempos	Excel
Tiempo estándar	Medición de tiempos	Excel
DPU	Análisis de datos	Word, fórmulas
DPO	Análisis de datos	Word, fórmulas
DPMO	Análisis de datos	Word, fórmulas
CPK	Análisis de datos	Minitab
Definir	Diagrama PEPSU	Power Point
Medir	Diagrama de Pareto	Excel
Analizar	AMEF, 5 ¿por qué?	Excel
Mejorar	Lluvia de ideas, diagrama de análisis de proceso, AMEF	Power Point, Excel
Controlar	Capacitaciones	Excel, Word

Nota. Esta tabla nos presenta los métodos e instrumentos utilizados para procesar los datos obtenidos y realizar las mejoras.

Los instrumentos que utilizaremos son:

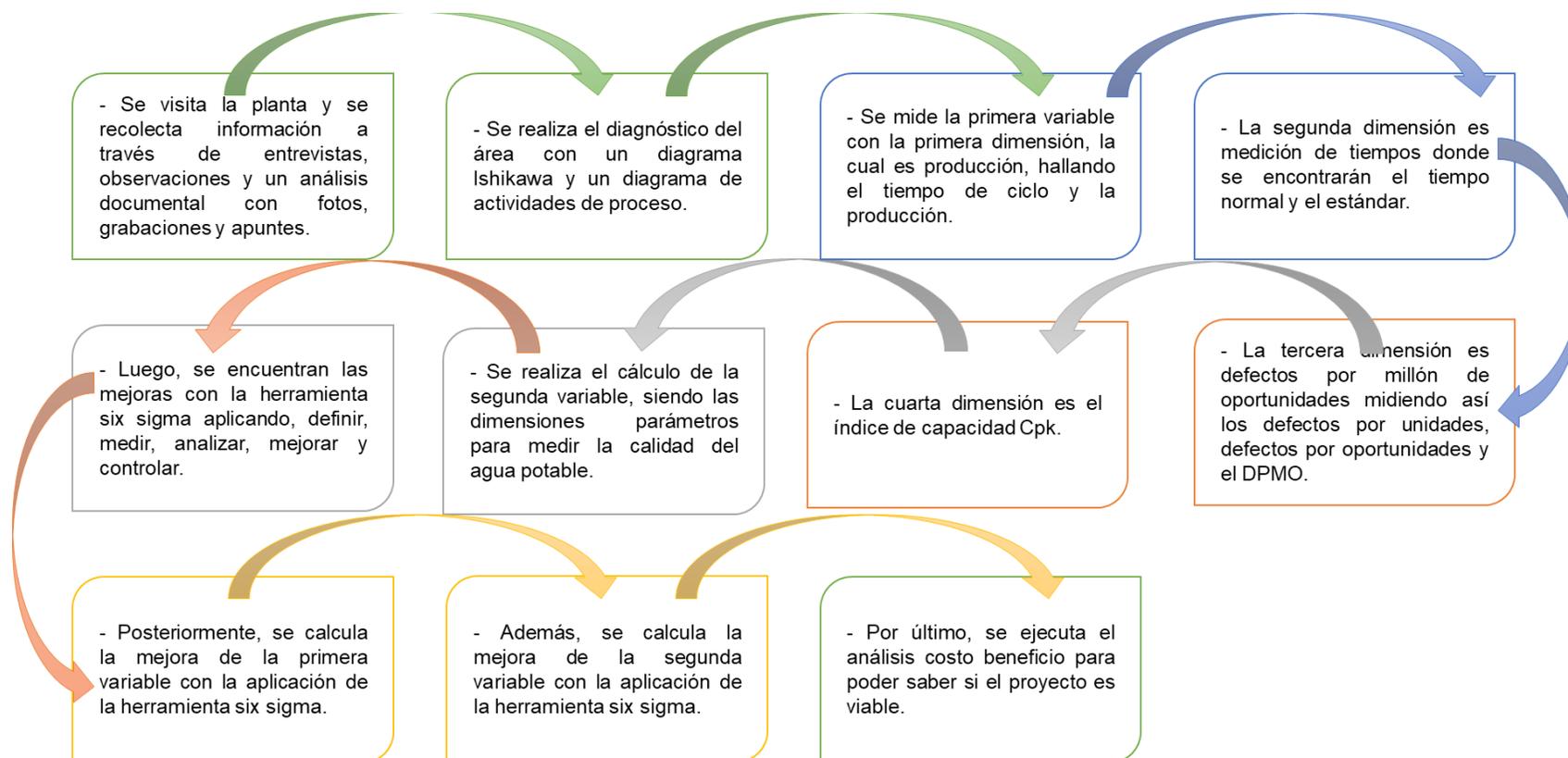
Tabla 3: Instrumentos de recolección de datos

Instrumentos	Justificación
Guía de observación	Permitirá observar los procesos y la calidad
Guía de entrevista	Permitirá encontrar los problemas
Plan de control	Permitirá medir la calidad
Power Point	Permitirá realizar los diagramas
Word	Permitirá realizar la tesis y las ecuaciones
Excel	Permitirá hacer las tablas
Minitab	Permitirá hallar métodos estadísticos

Nota. En esta tabla se presentan los instrumentos que se utilizarán para poder realizar los resultados y mejoras.

2.4. Procedimiento

Ilustración 1: Procedimiento



Nota. En esta figura se podrá observar los pasos que se seguirá en dicha investigación.

2.4.1. Para analizar la información

Después de haber aplicado el instrumento, se procedió a organizar la información en Excel, Power Point y Minitab, lo cual permitió elaborar las tablas y gráficos que describen los resultados, para la redacción del informe se utilizó el Word.

2.4.2. Aspectos éticos de la investigación

Se está citando a todas las fuentes que han sido consultadas y consideradas en esta investigación, también contamos con la autorización de la institución en estudio para recolectar la información necesaria, dicha información será usada solo con fines académicos, basándonos en el método científico y sin dejar de lado valores que un investigador debe observar; todos los resultados se presentan sin alterar datos reales.

2.5. Matriz de consistencia

Tabla 4: Matriz de consistencia

Matriz de Consistencia				
Formulación del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
¿En qué medida la mejora del proceso en la obtención del agua potable aumentará la calidad del agua en la empresa SEDACAJ – Cajamarca, 2020?	General	General	Independiente	Materiales, instrumentos y métodos
	Mejorar el proceso en la obtención del agua potable para aumentar la calidad del agua en la empresa SEDACAJ – Cajamarca, 2020.	La mejora del proceso en la obtención del agua potable aumentará significativamente la calidad del agua en la empresa SEDACAJ – Cajamarca, 2020.	Proceso	
	Específicos		Dependiente	Diagrama de procesos, PEPSU, diagrama ishikawa, Pareto, Cpk, entrevistas, AMEF, lluvia de ideas, 5 ¿por qué?, análisis costo- beneficio y capacitaciones.
	Medir el proceso y la calidad del agua actual de la empresa SEDACAJ – Cajamarca.		Calidad	
	Diseñar una mejora de proceso en la obtención del agua potable para aumentar la calidad del agua en la empresa SEDACAJ.			
Analizar la calidad del agua después de la mejora de proceso en la obtención del agua potable en la empresa SEDACAJ.				
Realizar una evaluación económica financiera para evaluar la viabilidad de la mejora de proceso en la obtención del agua potable en la empresa SEDACAJ.				
				Tipo de investigación
				Cuantitativa, pre experimental y correlativa

Nota. En esta tabla podemos observar un pequeño resumen de lo antes mencionado en la parte de metodología.

2.6. Matriz de Operacionalización

Matriz de Operacionalización de Variables						
Variable	Tipo de Variable	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	
Proceso	Independiente	"Proceso es un conjunto de actividades con una finalidad común: transformar las entradas en salidas que agreguen valor a los clientes. El proceso es realizado por personas organizadas según una cierta estructura". (Bravo Carrasco, 2011)	Los elementos básicos que constituyen a un proceso son las entradas, los recursos, las salidas, el control y los límites (Contreras, Olaya, & Matos, 2017). En esta investigación las entradas serán medidas por el six sigma, los recursos por las métricas six sigma, las salidas por el DPMO y el índice de capacidad de proceso, y los límites por la producción y la medición de tiempos.	Producción	Tiempo de ciclo de producción	
					Producción	
				Medición de tiempos	Tiempo normal	
					Tiempo estándar	
				DPMO	DPMO	
				Índice de capacidad	Ppk o Cpk	
					Definir	
					Medir	
					Analizar	
					Mejorar	
Calidad del agua	Dependiente	"Es el juicio que el cliente tiene sobre un producto o servicio, resultado del grado con el cual un conjunto de características inherentes al producto cumple con sus requerimientos". (Gutierrez, de la Vara; 2009)	La variable calidad del agua será examinada a través del Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano, publicado por el MINSA, para lo cual se obtuvieron pruebas de laboratorio de la empresa SEDACAJ.	Nivel de Calidad de agua según SEDACAJ		
						Turbiedad
						Ph
						Cloro residual libre
						Conductividad
						Color
						Cloruros
						Dureza Total
						Sulfatos
						Nitratos
	Bacterias heterotróficas					

Nota. En esta tabla se podrá observar las dimensiones e indicadores que se utilizarán para medir los resultados de la investigación.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3. Resultados

3.1. Información General de la Empresa

Nombre de la empresa: EPS SEDACAJ S.A

Número de Ruc: 20113733641

Tipo de empresa: Empresa Estatal de Derecho Privado

Tipo de contribuyente: Sociedad Anónima

Nombre comercial: SEDACAJ

Gerente: Ing. Marco Tulio Narro Centurión

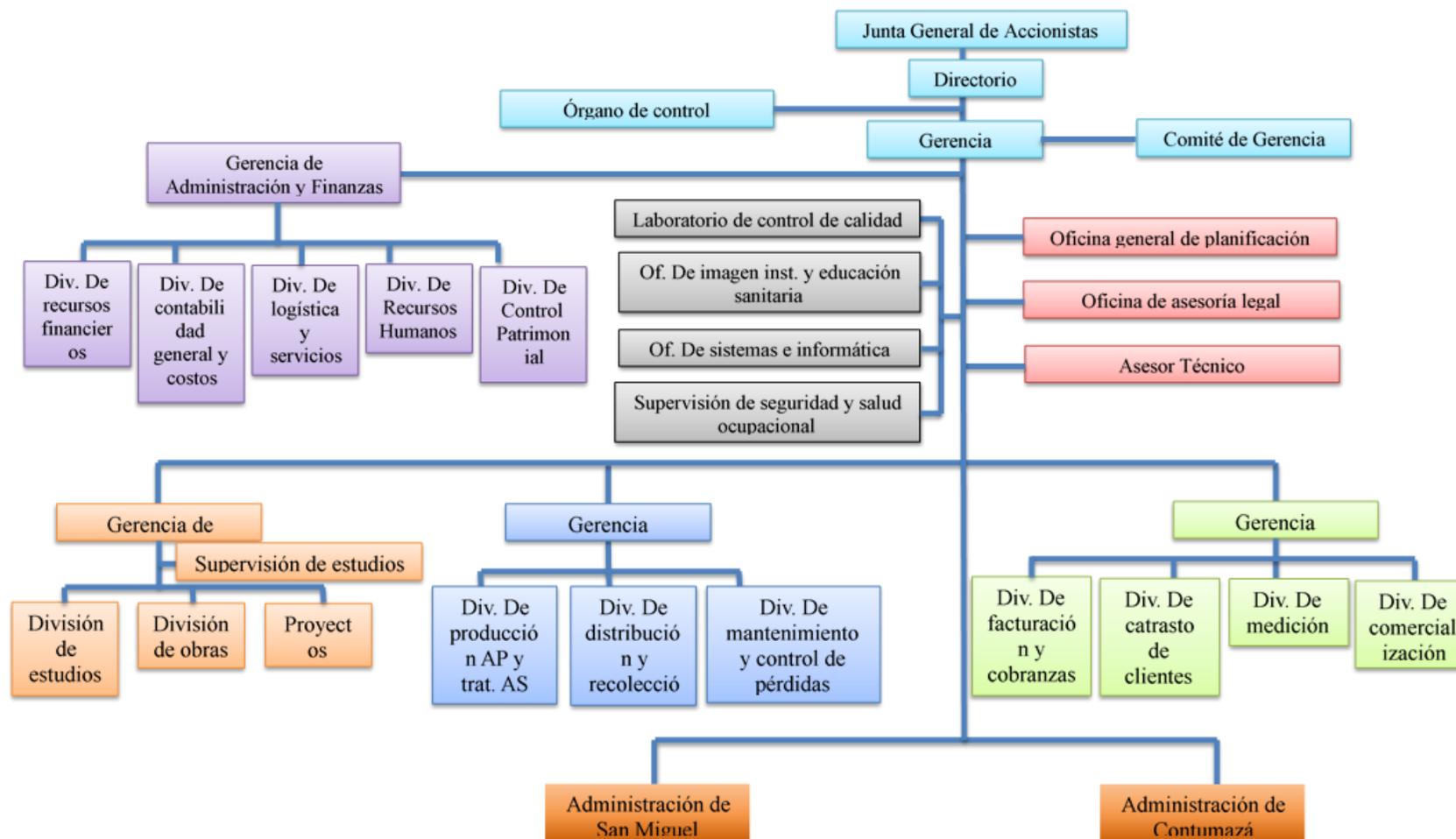
Ubicación: Jr. Jirón Cruz de Piedra N° 150, Cajamarca

Misión: “Brindar servicios en agua potable y alcantarillado sanitario, atendiendo la demanda con calidad, responsabilidad social, ambiental, con una gestión moderna, sostenible, competitiva y transparente”.

Visión: “Liderar la prestación de servicios de agua potable y alcantarillado sanitario que contribuye al bienestar y la salud de la población; en armonía con el medio ambiente, logrando la satisfacción plena de nuestros usuarios”.

SEDACAJ es una empresa prestadora de servicio de agua potable y alcantarillado, los ríos de donde capta el agua cruda son Río Porcón, Río Grande y Río San Lucas, con dos plantas de tratamiento una en Santa Apolonia y otra en el Milagro, y cinco reservorios.

Ilustración 2: Organigrama

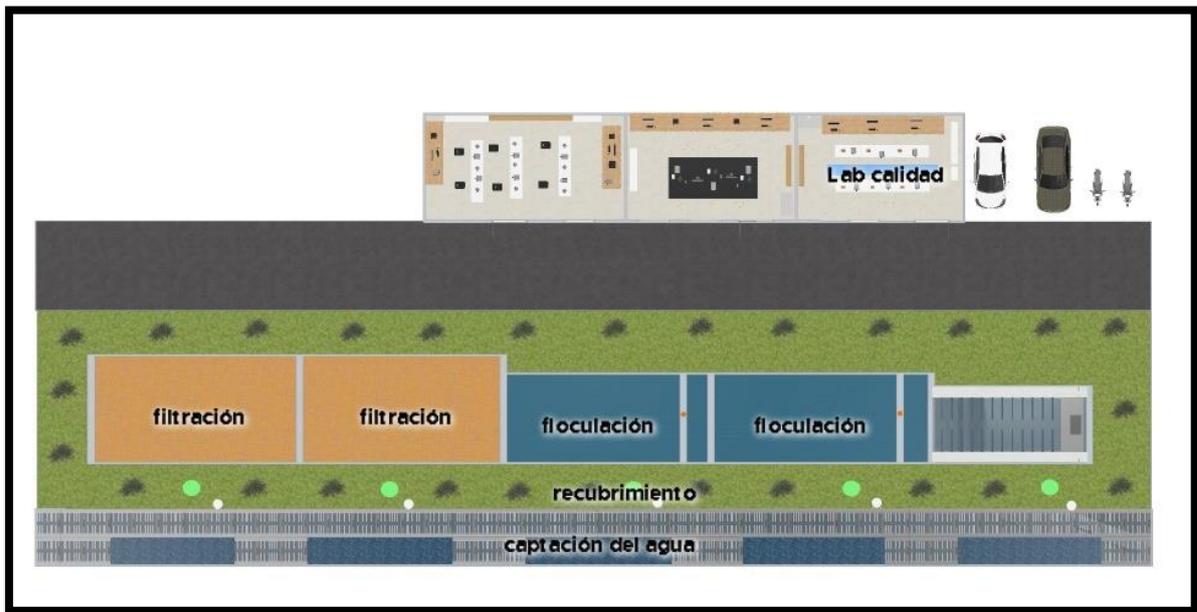


Nota. Este organigrama es adaptado de la página web de la empresa SEDACAJ.

3.2.Diagnóstico general del área de estudio

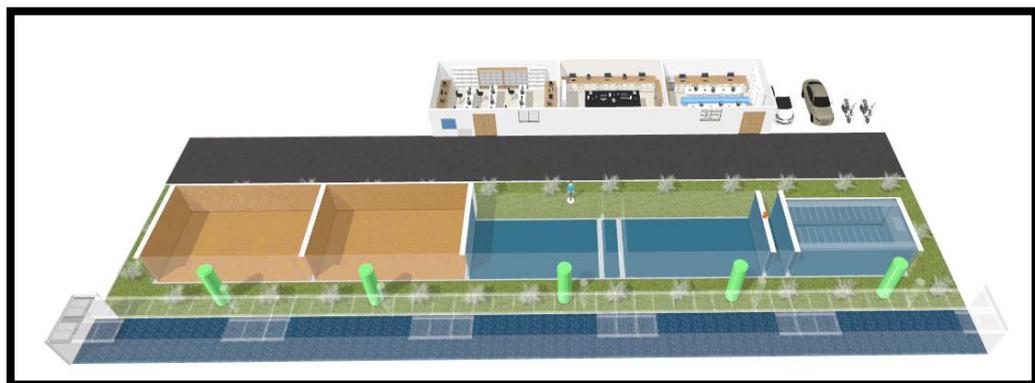
Proceso del agua: Veremos imágenes realizadas en una aplicación con el fin de obtener un croquis del proceso de agua potable.

Ilustración 3: Conexiones de la captación de agua de la planta



Nota. Se puede observar las conexiones de este sistema de agua, que contribuirá en su desarrollo para la planta El Milagro.

Ilustración 4: Conexiones de la captación de agua en 3D



Nota. Se puede observar las conexiones de la planta El Milagro, en una presentación

3D.

Ilustración 5: Conexiones de la captación de agua en 3D, vista posterior



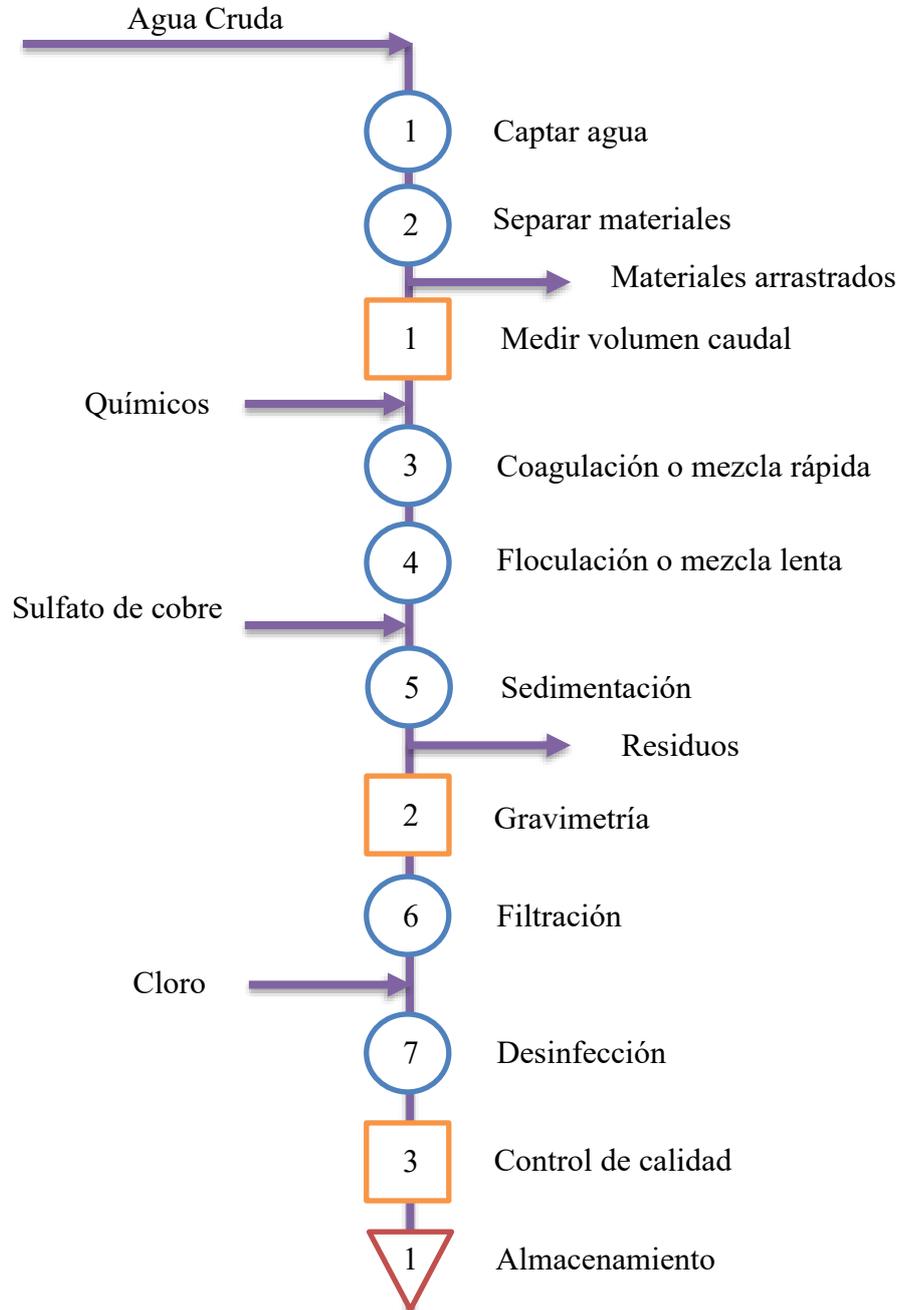
Nota. Se puede observar las conexiones de la planta El Milagro, desde una vista posterior.

Ilustración 6: Laboratorio SEDACAJ



Nota. Se puede observar el Laboratorio donde se realizan las pruebas de calidad del agua potable.

Ilustración 7: Diagrama de análisis de proceso

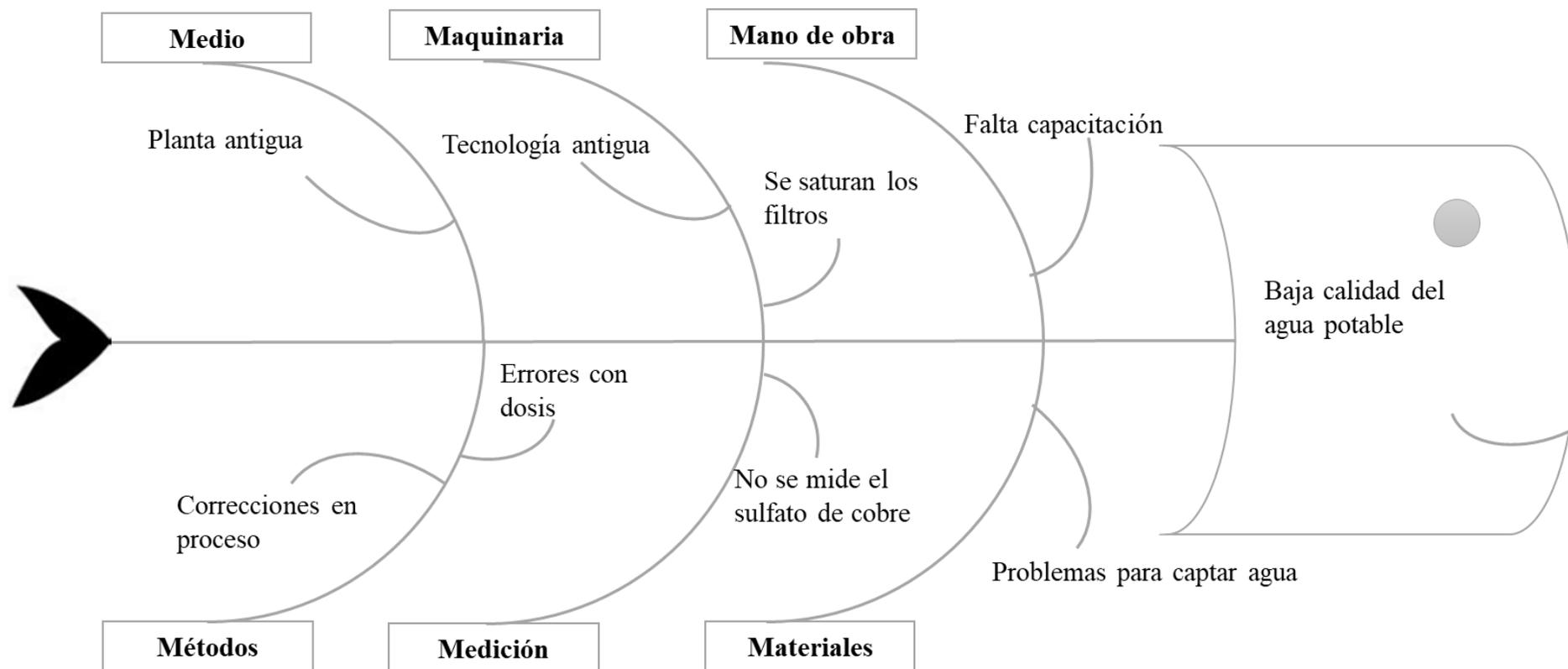


Nota. Se puede observar el procedimiento realizado para la obtención del agua potable en la empresa SEDACAJ.

El proceso comienza con la captación del agua cruda que se realiza de dos ríos Porcón y Grande, luego ingresa a unos tubos los cuales tienen rejillas con el fin de separar los materiales que arrastra el agua como ramas, hojas, etc. Posteriormente, se mide el volumen del caudal en litros por segundo, para agregar polímero aniónico, cal, sulfato de aluminio y polímero catiónico con el fin de realizar la coagulación o mezcla rápida, luego se aprecia la floculación o mezcla lenta. Más adelante, se añade sulfato de cobre con el propósito que se sedimente, el efecto es que se extraen residuos minúsculos, además, se procede a medir los parámetros, gravimetría, en seguida se aplica el cloro para realizar la desinfección, por último, se realiza un control de calidad del agua potable.

3.2.2. Diagrama Ishikawa

Ilustración 8: Diagrama Ishikawa



Nota. Se puede observar el diagrama Ishikawa donde encontramos que existe la posibilidad de mejorar la calidad del agua.

Se realiza el diagrama Ishikawa con el fin de detallar las causas que dan como consecuencia que la calidad del agua potable en la empresa SEDACAJ sea baja. En primer lugar, podemos observar que a la mano de obra le hace falta una capacitación constante, en segundo lugar, en los materiales, siendo el principal el agua cruda extraída de dos ríos, tiene problemas con la captación en algunas etapas del año por la falta de lluvias. En tercer lugar, en la maquinaria, se tiene la dificultad con los filtros ya que se saturan y tiene menos ciclo de vida, además que se considera que se debe mejorar la tecnología utilizada, en cuarto lugar, en medición, no existe una medida adecuada del sulfato de cobre. En quinto lugar, en medio, se tiene que sería necesario realizar una inversión para mejorar la planta, ya que es muy antigua, por último, en métodos, encontramos que existe un problema en el proceso y error en colocar las dosis correctas.

3.3. Diagnóstico de la variable proceso

3.3.1. Diagnóstico de la dimensión producción

3.3.1.1. Tiempo de ciclo de producción: Se realiza el diagrama de análisis de proceso, incluyendo los tiempos con el fin de calcular los minutos que se demora la empresa SEDACAJ en realizar la producción del agua potable.

Ilustración 9: Diagrama de análisis de procesos

Diagrama de Actividades de Proceso								
Diagrama N°: 01		Resumen						
Objetivo: Revisión de las actividades del agua potable		Operación:		7				
Proceso analizado: Agua potable		Transporte:		0				
Actual: <input checked="" type="checkbox"/> Propuesto: <input type="checkbox"/>		Demora:		0				
Localización: SEDACAJ		Inspección:		3				
Área: Producción		Almacén:		1				
Elaborado por: Cristina Gayozo		TOTAL:		11				
Fecha: 18 / 01 / 2021								
Descripción	Distancia en metros	Tiempo en minutos	Símbolo					Observaciones
			○	⇨	◻	□	▽	
Captar Agua		6	●					
Separar Materiales		6	●					Salen materiales arrastrados
Medir Volumen de Caudal		6				●		
Coagulación		31	●					Entran químicos
Floculación		41	●					
Sedimentación		61	●					Entra sulfato de cobre y salen residuos
Gravimetría		6				●		
Filtración		60	●					
Desinfección		21	●					Entra cloro
Control de Calidad		11				●		
Almacenamiento		0					●	
Total:		247	7	0	0	3	1	

Nota. Se puede observar el procedimiento, más específicamente, realizado para la obtención del agua potable en la empresa SEDACAJ.

Como se puede observar el tiempo de ciclo de producción para realizar el agua potable es de 247 minutos, obteniendo en total 7 actividades, 3 inspecciones y un solo almacén, para que el agua luego abastezca a la ciudad.

3.3.1.2. Producción: Según la empresa SEDACAJ, al realizar una entrevista al encargado, se pudo obtener por dato que se realizan 240 litros de agua potable por cada segundo, además que se trabaja las 24 horas del día en la producción, pero se debe disminuir el tiempo en que para la producción que es 2 horas al día; es decir, se tomará en cuenta solo 22 horas.

$$P = \frac{240 \text{ litros}}{\text{segundo}} \times \frac{60 \text{ segundos}}{1 \text{ minuto}} \times \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ hora}} \times \frac{22 \text{ horas}}{1 \text{ día}} = \frac{19008000 \text{ litros}}{\text{día}} = \frac{19008 \text{ m}^3}{\text{día}}$$

Dando como resultado una producción de 19008 m³ al día.

3.3.2. Diagnóstico de la dimensión medición de tiempos:

Para calcular los tiempos es necesario encontrar el número de observaciones por el método estadístico:

Ecuación 2: Medición de tiempos

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

n' = Número de observaciones del estudio preliminar

\sum = Suma de valores

x = Valor de las observaciones

40 Constante para un nivel de confianza de 94,45%

Se realizaron 10 observaciones de prueba con el fin de encontrar si son suficientes.

Tabla 6: Medición de tiempos

Descripción	Tiempos										Promedio		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Captar Agua	6	5	6	4	4	5	5	6	5	4	5		
Separar Materiales	5	4	5	6	6	5	4	4	6	5	5		
Medir Volumen de Caudal	4	4	5	5	5	6	6	5	5	5	5		
Coagulación	30	32	29	29	31	30	31	30	28	30	30		
Floculación	41	42	41	39	38	40	40	39	38	42	40		
Sedimentación	62	61	62	60	58	58	60	59	60	60	60		
Gravimetría	4	5	5	5	6	6	4	5	5	5	5		
Filtración	62	60	60	59	59	60	62	59	59	60	60		
Desinfección	22	20	18	19	21	20	20	22	19	19	20		
Control de Calidad	11	12	9	8	10	10	10	8	11	11	10		
Almacenamiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
X	247	245	240	234	238	240	242	237	236	241	Total	2400	5760000
X al cuadrado	61009	60025	57600	54756	56644	57600	58564	56169	55696	58081		576144	

Nota. En esta tabla podemos observar la medición de tiempo realizada en la empresa SEDACAJ.

Remplazando los datos obtenidos de la ecuación anterior obtenemos un resultado de:

Ecuación 3: Medición de tiempos

$$n = \left(\frac{40\sqrt{1440}}{2400}\right)^2 = 1 \text{ observación}$$

El indicador de la fórmula menciona que cuando n es menor o igual a n' el número de observaciones tomadas es suficiente.

Tabla 7: Número de observaciones

n'	10
$\sum x^2$	576144
$\sum x$	2400
$\sum (x)^2$	5760000
N	1
n° observaciones	Suficiente

Nota. En esta tabla podemos observar, paso por paso, como se obtuvo el número de observaciones.

3.3.3. Diagnóstico de la dimensión DPMO:

3.3.3.1. Defectos por unidad DPU:

Existe una pérdida denominada por gastos operativos, los cuales son considerados como defectos, específicamente se habla del retro lavado de filtros.

Ecuación 4: Defectos por unidad

$$DPU = \frac{\text{Defectos}}{\text{Unidades}}$$

Estas pérdidas de gastos operativos se realizan por lo general dos horas al día, por ello se puede deducir que se pierde 1728 m³ de agua potable al día, además, se sabe que la producción de la empresa SEDACAJ es 19008 m³ de agua potable al día.

$$DPU = \frac{1728}{19008} = 0.09$$

Al realizar el cálculo se obtiene que el 9% son los defectos por litro de agua en la empresa SEDACAJ.

3.3.3.2. Defectos por oportunidad DPO:

Ecuación 6: Defectos por oportunidad

$$DPO = \frac{DPU}{Oportunidad}$$

Para hallar la oportunidad se realiza un conteo de los errores que pudieron ocasionar los gastos operativos, estos son: el retro lavado de filtros, algún desperfecto y el mantenimiento al sedimentador, siendo en total tres, se añade a esto el dato DPU hallado en la parte anterior.

Ecuación 7: DPO resuelto

$$DPO = \frac{0.09}{3} = 0.03$$

Al realizar el cálculo se obtiene 3% de defectos por oportunidad.

3.3.3.3. Defectos por oportunidad de millón DPMO:

Ecuación 8: Defectos por oportunidad de millón

$$DPMO = DPO \times 1000000$$

Para hallar los defectos por oportunidad de millón se debe tener como dato el DPO el cual es 3% según lo encontrado antes.

$$DPMO = 0.03 \times 1000000 = 30000$$

Los defectos por millón de oportunidades son de 30000; es decir, por cada millón de metros cúbicos existe una pérdida de 30000 metros cúbicos de agua potable.

Yield:

Ecuación 10: YIELD

$$Yield = (1 - DPO) \times 100$$

Como última ecuación para encontrar el nivel six sigma tenemos Yield:

Ecuación 11: YIELD resuelto

$$Yield = (1 - 0.03) \times 100 = 97\%$$

Tabla 8: Tabla YIELD

Nivel six sigma	DPMO	Yield
6	3.4	99.99966%
5	233	99.977%
4	6210	99.38%
3	66807	93.3%
2	308538	69.1%
1	691462	30.9%

Nota. En esta tabla podemos observar los niveles six sigma según el DPMO y YIELD, además, se observa que el nivel six sigma encontrado es de entre tres y cuatro sigmas.

3.3.4. Diagnóstico de la dimensión índice de capacidad:

Se utilizarán los datos de calidad dadas por SEDACAJ con veinte pruebas aleatorias por cada indicador. En primer lugar, se deberá realizar una prueba de normalidad, con el fin de definir si los datos obtenidos son normales o no normales, donde el valor p debe ser mayor que el nivel de significancia de 0.05, si es que los datos son normales se aplica en minitab el índice de capacidad obteniendo como dato el cpk y el ppk , si en todo caso los datos no son normales, se deberá recurrir a identificar la distribución que más se ajuste a los datos obtenidos y así se podrá obtener el índice de capacidad.

Valores de la prueba de normalidad:

“Valor $p \leq \alpha$: Los datos no siguen una distribución normal (Rechaza H_0): Si el valor p es menor que o igual al nivel de significancia, la decisión es rechazar la hipótesis nula y concluir que sus datos no siguen una distribución normal”. (Minitab, 2019)

“Valor $p > \alpha$: Usted no puede concluir que los datos no siguen una distribución normal (No puede rechazar H_0): Si el valor p es mayor que el nivel de significancia, la decisión es que no se puede rechazar la hipótesis nula. Usted no tiene suficiente evidencia para concluir que los datos no siguen una distribución normal”. (Minitab, 2019)

Tabla 9: Valores de índice de capacidad de proceso

Cpk o Ppk	Significado
<1	No alcanza los requerimientos
=1	Alcanza requerimientos mínimos
>1	Excede los requerimientos

Nota. En esta tabla podemos observar los valores de Cpk o Ppk según corresponda.

3.3.4.1. Turbiedad

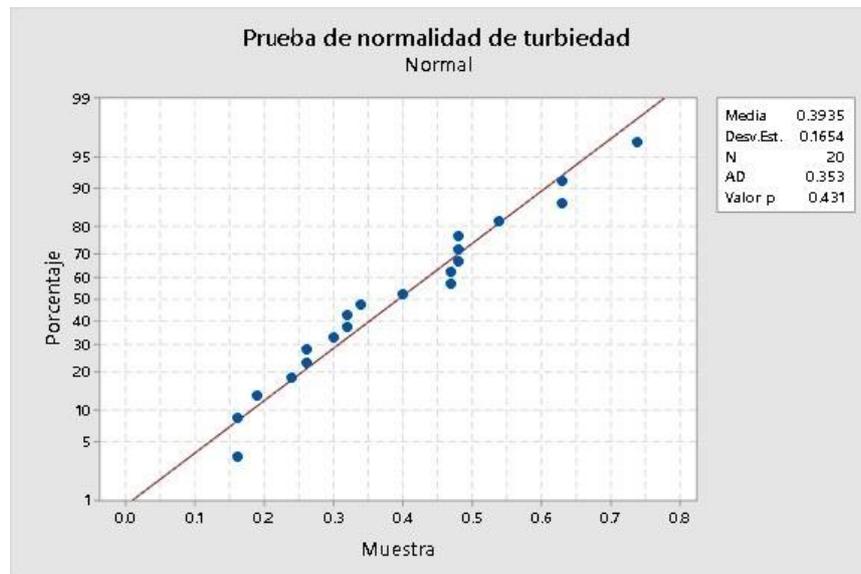
En el siguiente cuadro podemos observar las veinte pruebas de turbiedad aleatorias que se realizar, las cuales deben encontrarse en el rango de 0 a 5 UNT o unidad nefelométrica de turbiedad:

Tabla 10: Valores con respecto a la turbiedad

Turbiedad	
Límites	0-5
Unidad	UNT
N°	Muestra
1	0.16
2	0.26
3	0.48
4	0.24
5	0.32
6	0.48
7	0.26
8	0.63
9	0.19
10	0.34
11	0.32
12	0.48
13	0.47
14	0.63
15	0.40
16	0.16
17	0.74
18	0.47
19	0.30
20	0.54

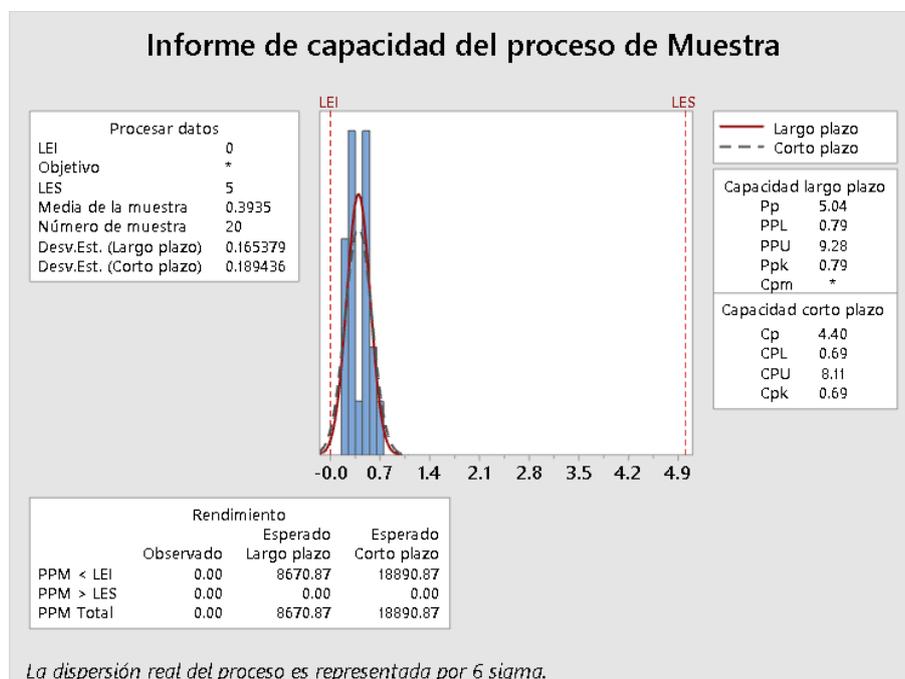
Nota. En esta tabla podemos observar las 20 muestras de valores según la turbiedad.

Ilustración 10: Prueba de normalidad de la turbiedad



Nota. Como se puede observar en la prueba de normalidad de turbiedad, los datos son normales, ya que el valor p es mayor que 0.05.

Ilustración 11: Índice de capacidad del proceso de la turbiedad



Nota. Según lo que se puede deducir de este gráfico es que el índice de capacidad a corto y a largo plazo (Cpk y Ppk), son menores que uno, por ello, no llegan a cumplir con los requerimientos mínimos y se debe mejorar.

3.3.4.2.Ph

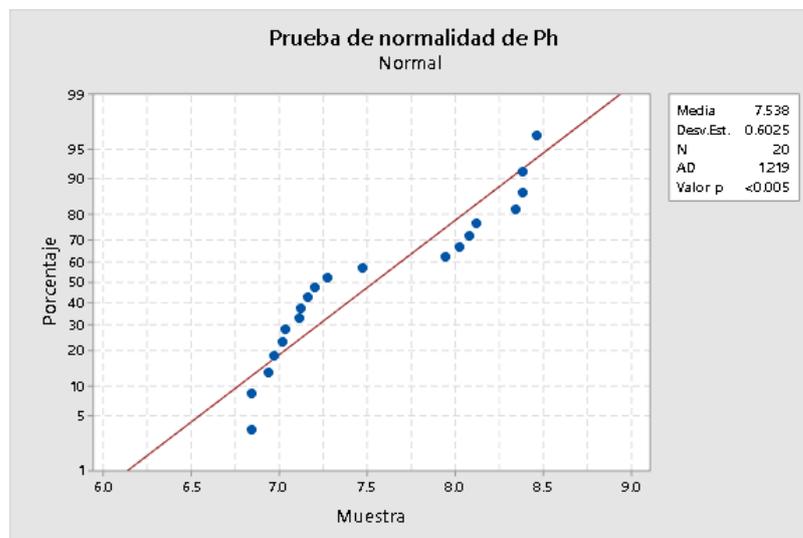
En el siguiente cuadro podemos observar las veinte pruebas de ph aleatorias que se realizar, las cuales deben encontrarse en el rango de 6.5 a 8.5.

Tabla 11: Valores con respecto al Ph

Ph	
Límites	6.5-8.5
Unidad	-
N°	Muestra
1	8.35
2	8.39
3	7.27
4	7.16
5	7.47
6	7.12
7	7.20
8	6.84
9	8.12
10	7.11
11	8.08
12	6.94
13	6.84
14	6.97
15	7.95
16	8.03
17	8.39
18	7.02
19	7.03
20	8.47

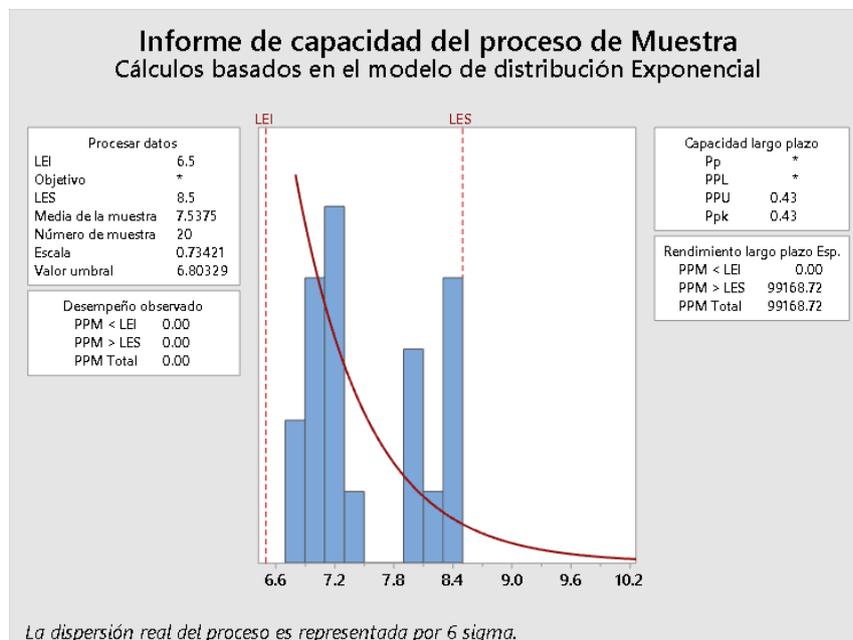
Nota. En esta tabla podemos observar las 20 muestras de valores según el Ph.

Ilustración 12: Prueba de normalidad del Ph



Nota. Como se puede observar en la prueba de normalidad del Ph, los datos son no normales, ya que el valor p es menor que 0.05.

Ilustración 13: Prueba de capacidad del Ph



Nota. Según lo que se puede deducir de este gráfico es que el índice de capacidad a largo plazo (Ppk), es menor que uno, por ello, no llega a cumplir con los requerimientos mínimos y se debe mejorar.

3.3.4.3. Cloro Residual Libre

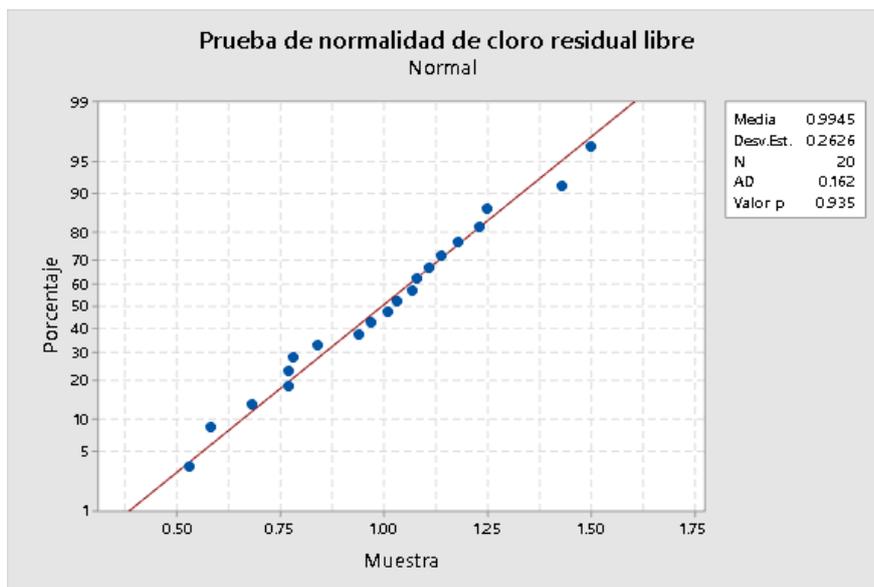
En el siguiente cuadro podemos observar las veinte pruebas de cloro residual libre aleatorias que se realizar, las cuales deben encontrarse en el rango de 0.5 a 1 miligramo por litro.

Tabla 12: Valores con respecto al Cloro Residual Libre

Cloro Residual Libre	
Límites	0.5-5
Unidad	mg/l
N°	Muestra
1	1.03
2	1.25
3	0.77
4	0.84
5	1.43
6	0.58
7	1.14
8	1.23
9	0.53
10	1.18
11	1.08
12	1.50
13	1.07
14	0.68
15	0.78
16	1.11
17	0.94
18	1.01
19	0.97
20	0.77

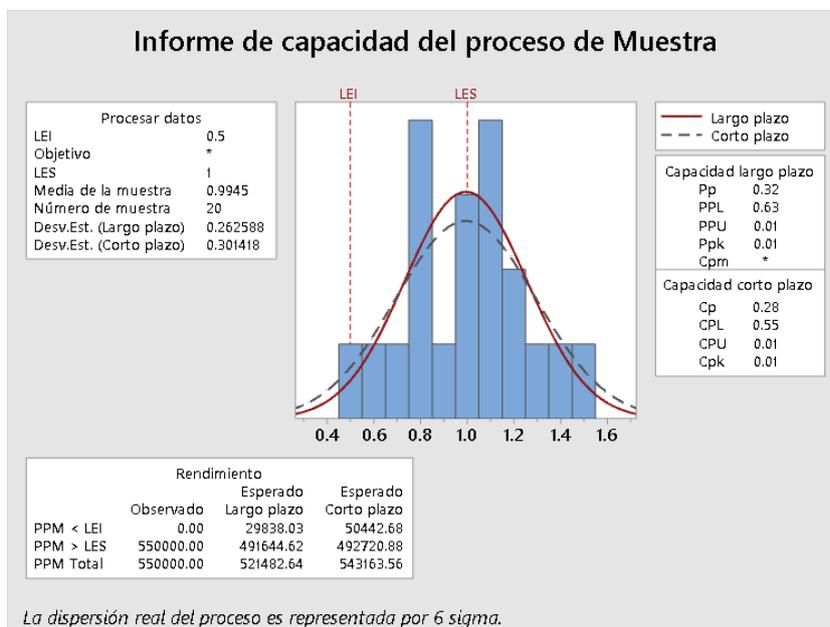
Nota. En esta tabla podemos observar las 20 muestras de valores según el Cloro Residual Libre.

Ilustración 14: Prueba de normalidad de Cloro Residual Libre



Nota. Como se puede observar en la prueba de normalidad del cloro residual libre, los datos son normales, ya que el valor p es mayor que 0.05.

Ilustración 15: Prueba de capacidad de Cloro Residual Libre



La dispersión real del proceso es representada por 6 sigma.

Nota. Según lo que se puede deducir de este gráfico es que el índice de capacidad a corto y a largo plazo (Cpk y Ppk), son menores que uno, por ello, no llegan a cumplir con los requerimientos mínimos y se debe mejorar.

3.3.4.4. Conductividad

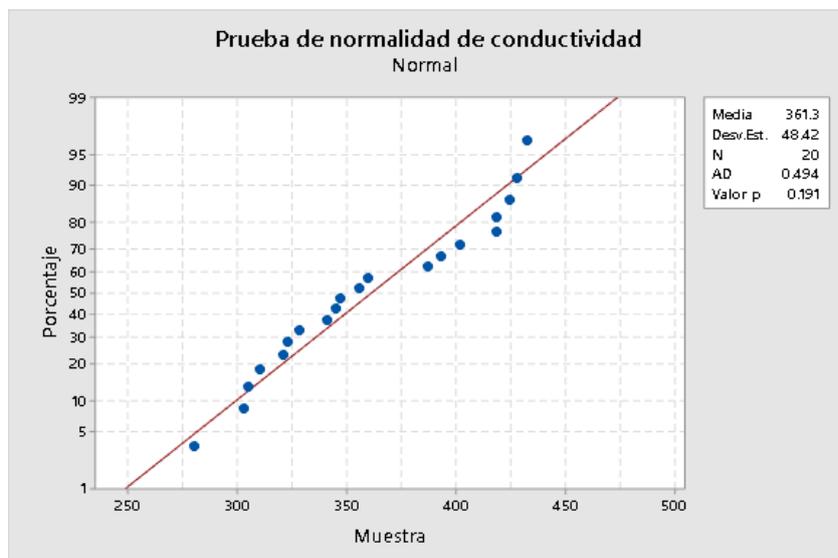
En el siguiente cuadro podemos observar las veinte pruebas de conductividad aleatorias que se realizar, las cuales deben encontrarse en el rango de 0 a 1500 micro siemens por centímetro.

Tabla 13: Valores con respecto a la Conductividad

Conductividad	
Límites	0-1500
Unidad	us/cm
N°	Muestra
1	323
2	425
3	433
4	321
5	419
6	428
7	419
8	387
9	356
10	393
11	341
12	360
13	347
14	280
15	310
16	303
17	305
18	345
19	328
20	402

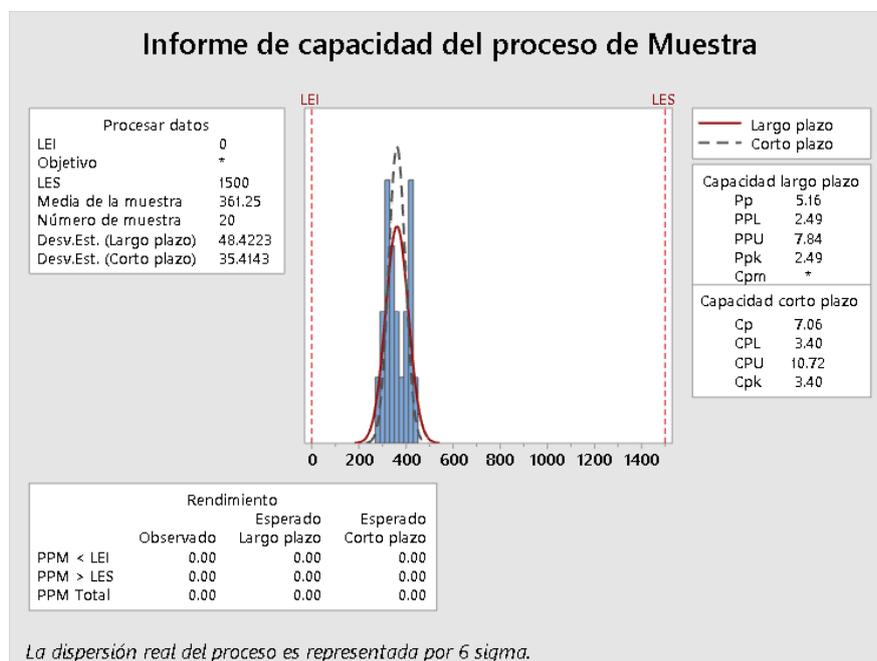
Nota. En esta tabla podemos observar las 20 muestras de valores según la Conductividad.

Ilustración 16: Prueba de normalidad de Conductividad



Nota. Como se puede observar en la prueba de normalidad de la conductividad los datos son normales, ya que el valor p es mayor que 0.05.

Ilustración 17: Prueba de capacidad de la Conductividad



Nota. Según lo que se puede deducir de este gráfico es que el índice de capacidad a corto y a largo plazo (Cpk y Ppk), son mayores que uno, por ello, llegan a cumplir con los requerimientos mínimos.

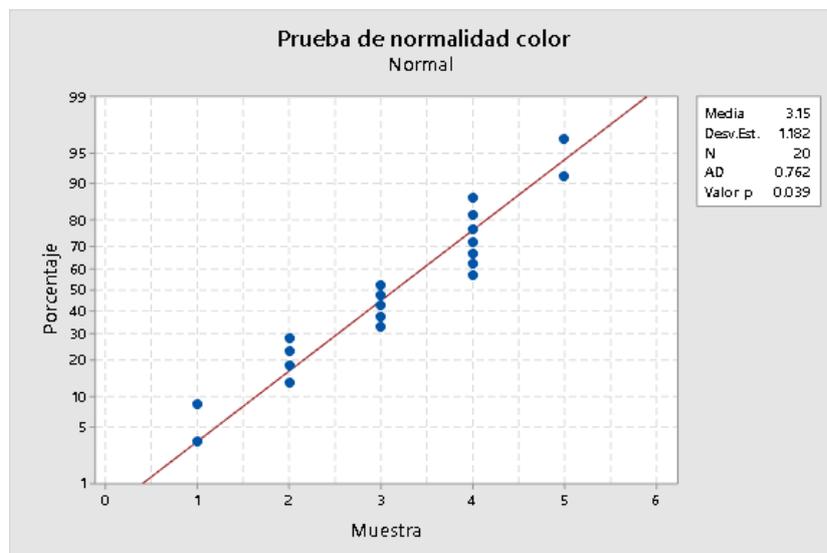
En el siguiente cuadro podemos observar las veinte pruebas de color aleatorias que se realizar, las cuales deben encontrarse en el rango de 0 a 15 unidades de color verdadero por platino cobalto.

Tabla 14: Valores con respecto al color

Color	
Límites	0-15
Unidad	UCV pt/co
N°	Muestra
1	3
2	4
3	3
4	4
5	2
6	3
7	4
8	4
9	1
10	1
11	2
12	3
13	2
14	3
15	2
16	4
17	4
18	4
19	5
20	5

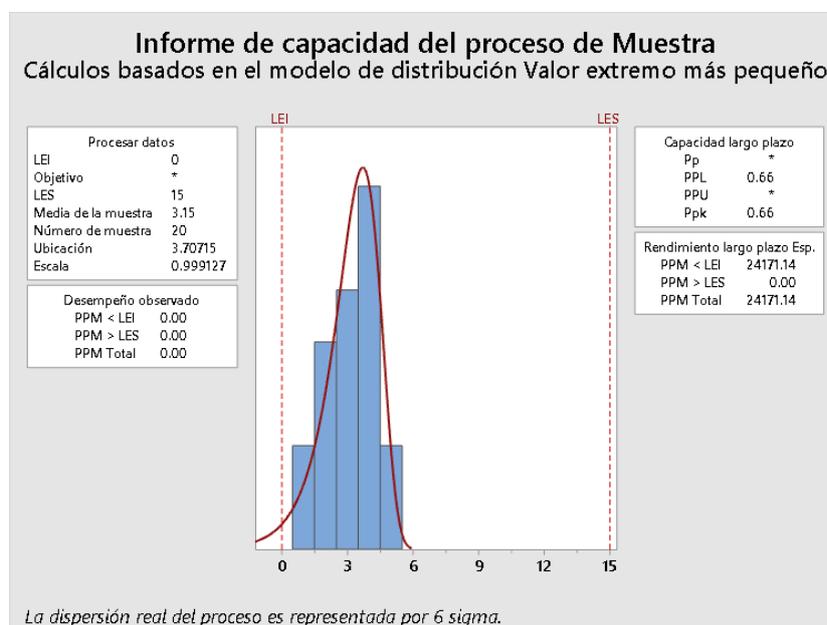
Nota. En esta tabla podemos observar las 20 muestras de valores según la Color.

Ilustración 18: Prueba de normalidad con respecto al color



Nota. Como se puede observar en la prueba de normalidad del color los datos son no normales, ya que el valor p es menor que 0.05.

Ilustración 19: Índice de capacidad con respecto al color



Nota. Según lo que se puede deducir de este gráfico es que el índice de capacidad a largo plazo (Ppk), es menor que uno, por ello, no llega a cumplir con los requerimientos mínimos y se debe mejorar.

3.3.4.6. Cloruros

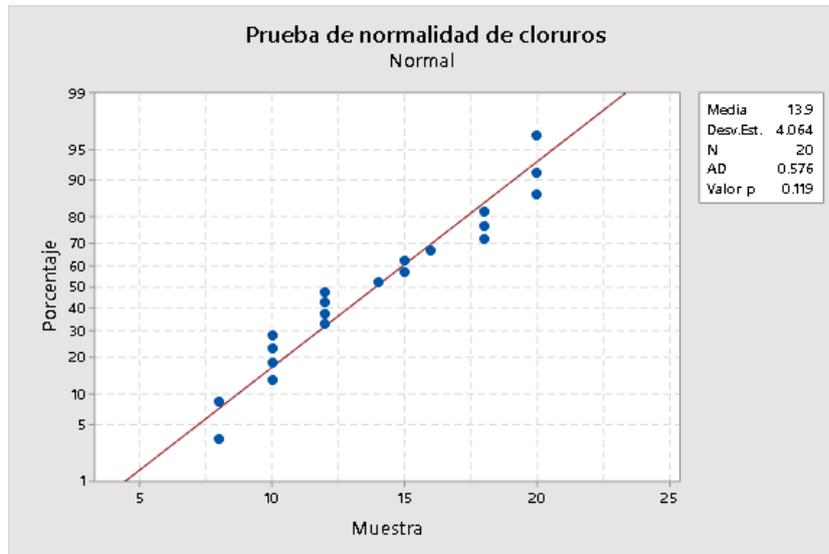
En el siguiente cuadro podemos observar las veinte pruebas de cloruros aleatorias que se realizar, las cuales deben encontrarse en el rango de 0 a 250 miligramos por litro de agua.

Tabla 15: Valores con respecto a los Cloruros

Cloruros	
Límites	0-250
Unidad	mg/l
N°	Muestra
1	12
2	14
3	16
4	10
5	20
6	12
7	20
8	20
9	18
10	12
11	18
12	12
13	15
14	10
15	8
16	10
17	15
18	18
19	8
20	10

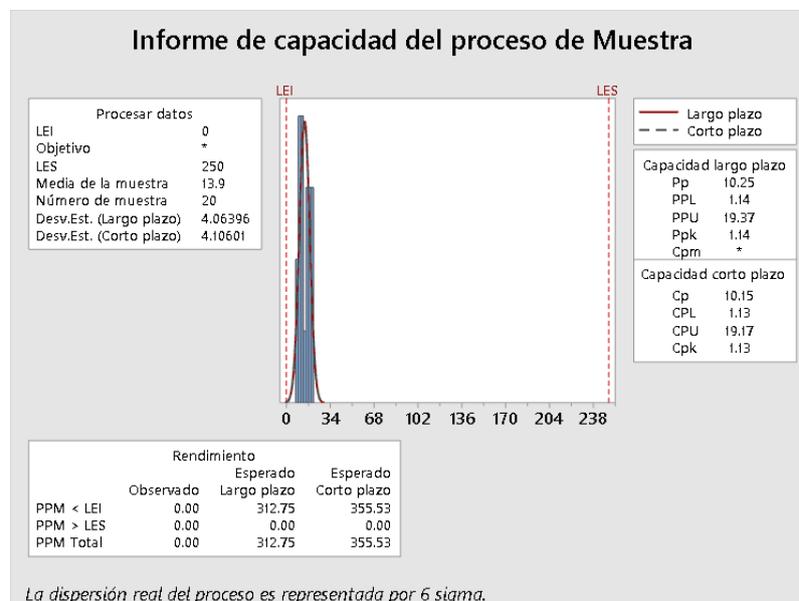
Nota. En esta tabla podemos observar las 20 muestras de valores según la Cloruros.

Ilustración 20: Prueba de normalidad con respecto a los Cloruros



Nota. Como se puede observar en la prueba de normalidad de los cloruros los datos son normales, ya que el valor p es mayor que 0.05.

Ilustración 21: Índice de capacidad con respecto a los Cloruros



Nota. Según lo que se puede deducir de este gráfico es que el índice de capacidad a corto y a largo plazo (Cpk y Ppk), son mayores que uno, por ello, llegan a cumplir con los requerimientos mínimos.

3.3.4.7. Dureza Total

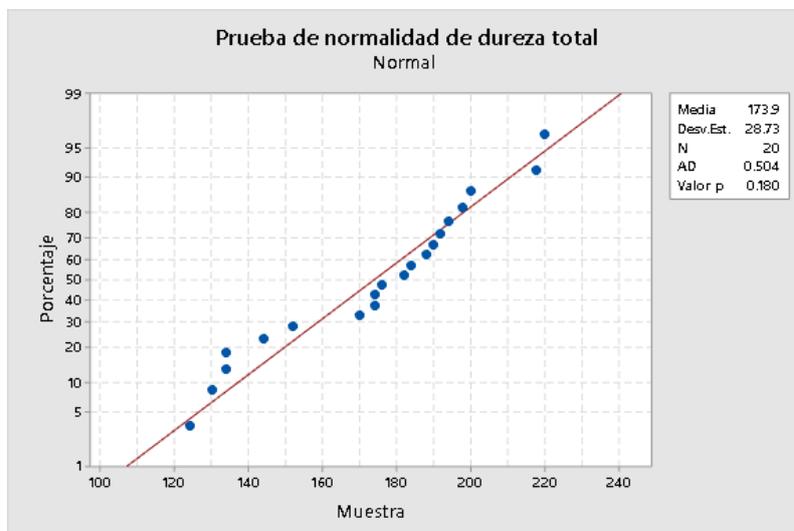
En el siguiente cuadro podemos observar las veinte pruebas de dureza total aleatorias que se realizar, las cuales deben encontrarse en el rango de 0 a 500 miligramos por litro de agua potable.

Tabla 16: Valores con respecto a la Dureza Total

Dureza Total	
Límites	0-500
Unidad	mg/l
N°	Muestra
1	218
2	220
3	200
4	194
5	174
6	198
7	190
8	174
9	184
10	188
11	176
12	192
13	144
14	124
15	130
16	152
17	170
18	182
19	134
20	134

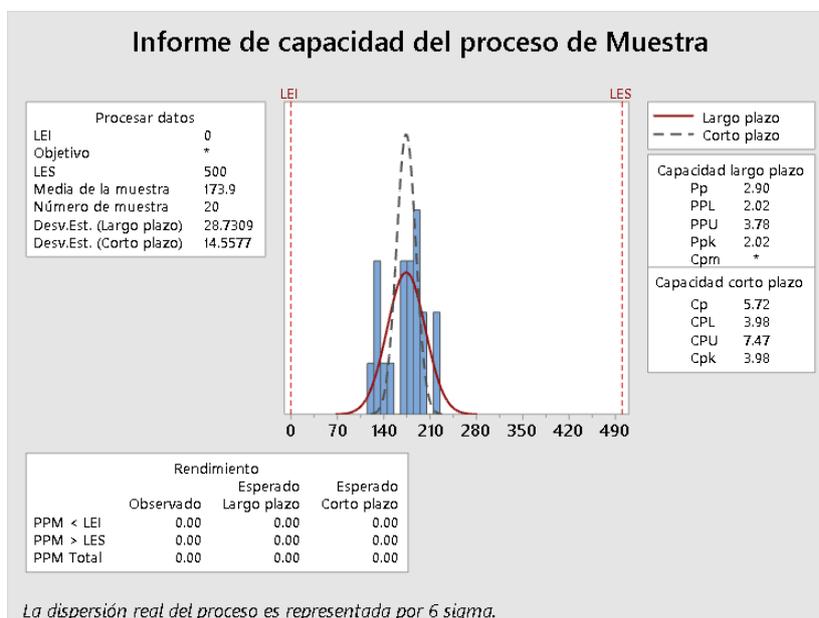
Nota. En esta tabla podemos observar las 20 muestras de valores según la Dureza Total.

Ilustración 22: Prueba de normalidad con respecto a la Dureza Total



Nota. Como se puede observar en la prueba de normalidad de la dureza total, los datos son normales, ya que el valor p es mayor que 0.05.

Ilustración 23: Índice de capacidad con respecto a la Dureza Total



Nota. Según lo que se puede deducir de este gráfico es que el índice de capacidad a corto y a largo plazo (Cpk y Ppk), son mayores que uno, por ello, llegan a cumplir con los requerimientos mínimos.

3.3.4.8. Sulfatos

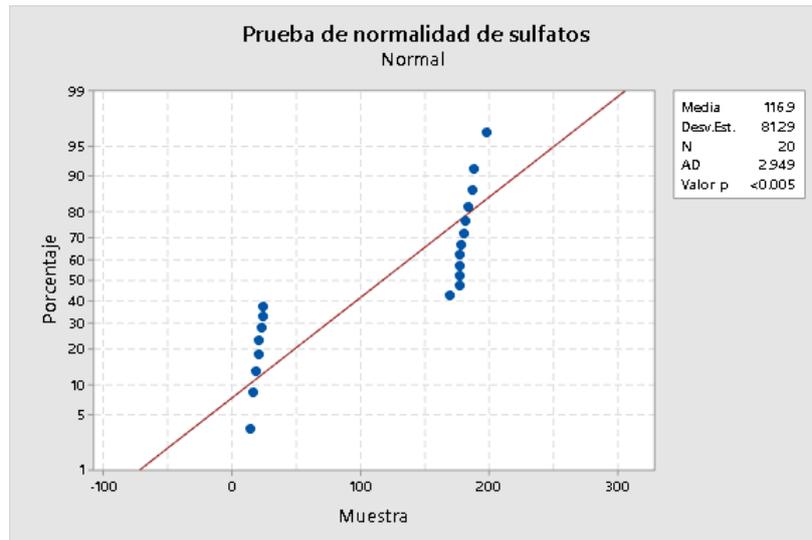
En el siguiente cuadro podemos observar las veinte pruebas de sulfatos aleatorias que se realizar, las cuales deben encontrarse en el rango de 0 a 250 miligramos por litro de agua potable.

Tabla 17: Valores con respecto a los Sulfatos

Sulfatos	
Límites	0-250
Unidad	mg/l
N°	Muestra
1	16
2	181
3	179
4	177
5	18
6	170
7	177
8	14
9	188
10	23
11	177
12	198
13	21
14	177
15	24
16	187
17	21
18	184
19	24
20	182

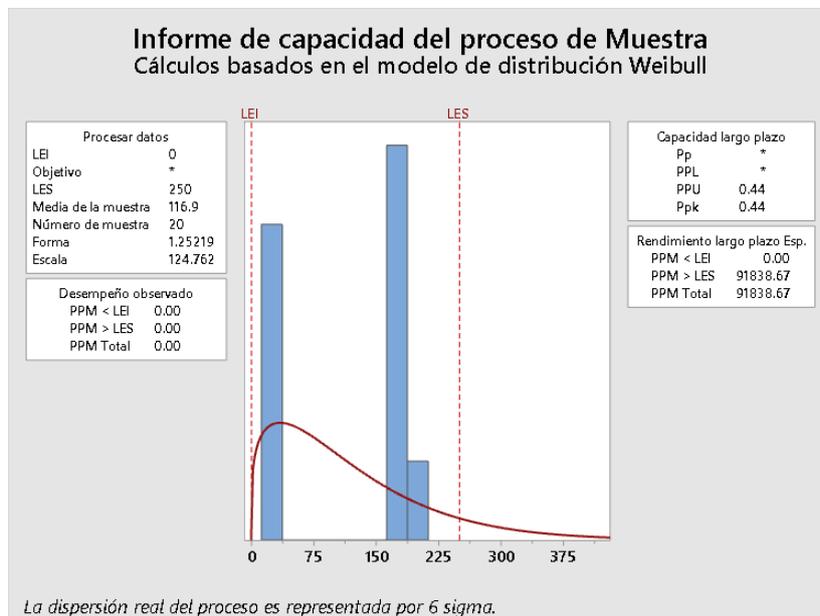
Nota. En esta tabla podemos observar las 20 muestras de valores según los Sulfatos.

Ilustración 24: Prueba de normalidad con respecto a los Sulfatos



Nota. Como se puede observar en la prueba de normalidad de los sulfatos, los datos son no normales, ya que el valor p es menor que 0.05.

Ilustración 25: Índice de capacidad con respecto a los Sulfatos



Nota. Según lo que se puede deducir de este gráfico es que el índice de capacidad a largo plazo (Ppk), es menor que uno, por ello, no llega a cumplir con los requerimientos mínimos y se debe mejorar.

3.3.4.9. Nitratos

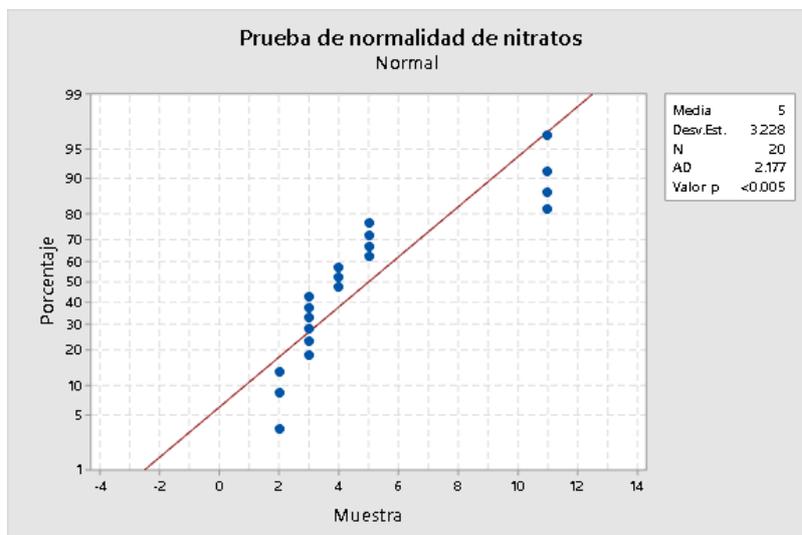
En el siguiente cuadro podemos observar las veinte pruebas de nitratos aleatorias que se realizar, las cuales deben encontrarse en el rango de 0 a 50 miligramos por litro de agua potable.

Tabla 18: Valores con respecto a los Nitratos

Nitratos	
Límites	0-50
Unidad	mg/l
N°	Muestra
1	3
2	4
3	4
4	3
5	5
6	3
7	5
8	2
9	11
10	11
11	2
12	2
13	11
14	11
15	3
16	5
17	3
18	5
19	4
20	3

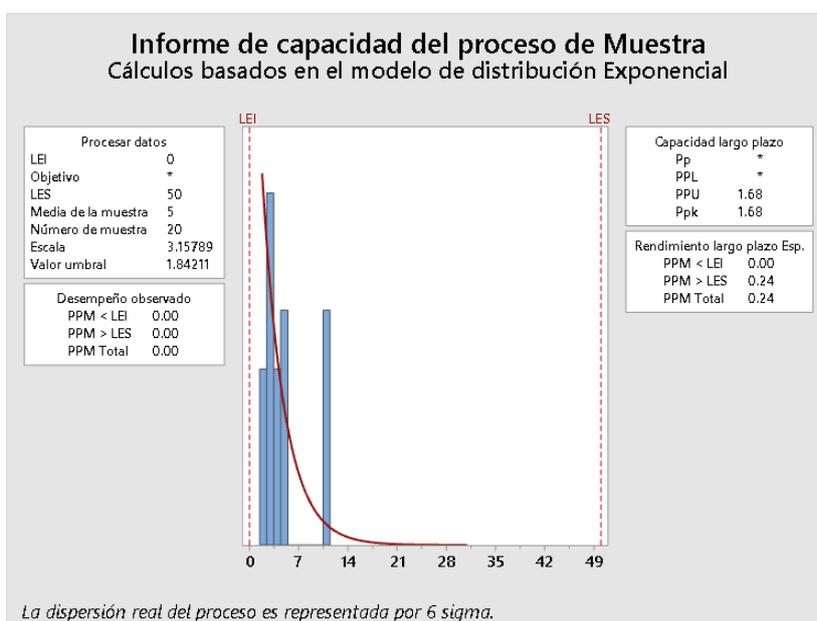
Nota. En esta tabla podemos observar las 20 muestras de valores según los Nitratos.

Ilustración 26: Prueba de normalidad con respecto a los Nitratos



Nota. Como se puede observar en la prueba de normalidad de los nitratos los datos son no normales, ya que el valor p es menor que 0.05.

Ilustración 27: Índice de capacidad con respecto a los Nitratos



Nota. Según lo que se puede deducir de este gráfico es que el índice de capacidad a largo plazo (Ppk), es mayor que uno, por ello, llega a cumplir con los requerimientos mínimos.

3.3.4.10. Bacterias Heterotróficas

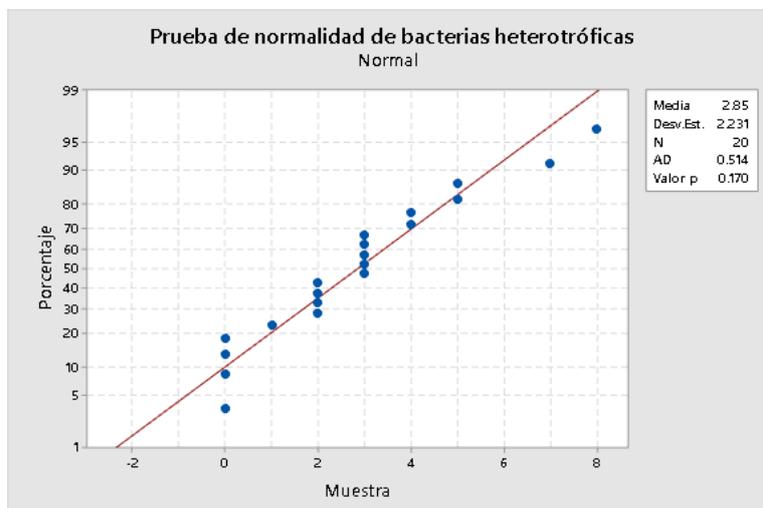
En el siguiente cuadro podemos observar las veinte pruebas de bacterias heterotróficas aleatorias que se realizar, las cuales deben encontrarse en el rango de 0 a 500 unidades formadoras de colonias por milímetro.

Tabla 19: Valores con respecto a las Bacterias Heterotróficas

Bacterias Heterotróficas	
Límites	0-500
Unidad	UFC/ml
N°	Muestra
1	0
2	3
3	2
4	0
5	1
6	2
7	1
8	0
9	1
10	2
11	1
12	1
13	2
14	0
15	0
16	0
17	1
18	2
19	0
20	3

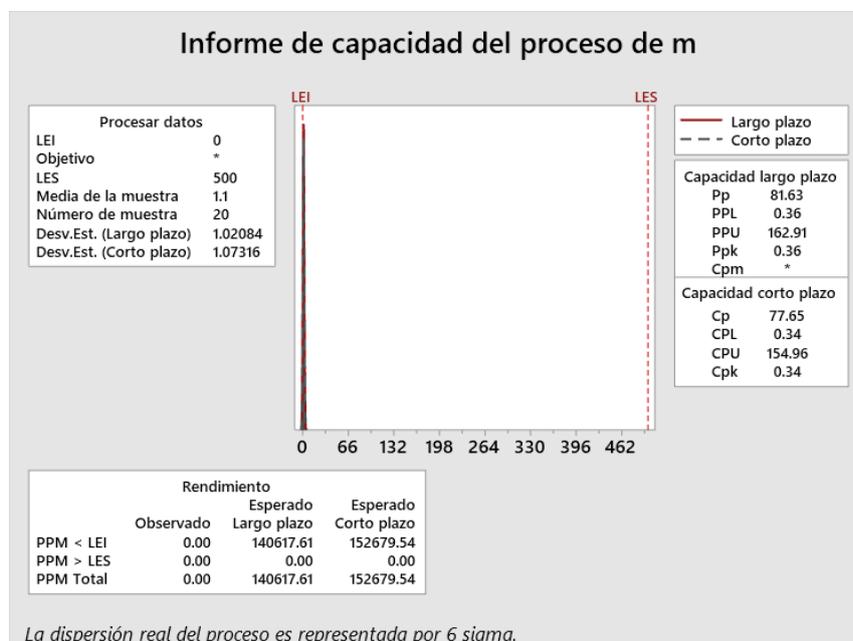
Nota. En esta tabla podemos observar las 20 muestras de valores según las Bacterias Heterotróficas.

Ilustración 28: Prueba de normalidad con respecto a las Bacterias Heterotróficas



Nota. Como se puede observar en la prueba de normalidad de las bacterias heterotróficas los datos son normales, ya que el valor p es mayor que 0.05.

Ilustración 29: Índice de Capacidad con respecto a las Bacterias Heterotróficas



Nota. Según lo que se puede deducir de este gráfico es que el índice de capacidad a corto y a largo plazo (Cpk y Ppk), son menores que uno, por ello, no llegan a cumplir con los requerimientos mínimos y se debe mejorar.

3.4. Diagnóstico de la variable calidad del agua

3.4.1. Diagnóstico de la dimensión nivel de calidad del agua según SEDACAJ

Para controlar el nivel de calidad del agua potable, la empresa SEDACAJ se rige especialmente por diez determinaciones. En primer lugar, se tiene el nivel de turbiedad, el cual debe estar entre 0 a 5 UNT (unidad nefelométrica de turbidez). En segundo lugar, se mide el ph o potencial de hidrógeno, que indica el nivel de acidez o alcalinidad, el cual debe encontrarse en el rango de 6.5 a 8.5 y no tiene una medida. En tercer lugar, se observa el cloro residual libre que debe tener un mínimo de 0.5 a 5 miligramo por litro de agua potable.

En cuarto lugar, la conductividad, el cual debe estar entre 0 a 1500 micro siemens por centímetro. En quinto lugar, el color, debe estar entre 0 a 15 unidades de color verdadero (platino - cobalto). En sexto lugar, los cloruros, los cuales deben de estar entre 0 a 250 miligramos por litro de agua potable. En séptimo lugar, la dureza total, que debe encontrarse entre 0 a 500 miligramos por litro de agua potable.

En octavo lugar, los sulfatos que deben observarse entre 0 a 250 miligramos por litro de agua potable. En noveno lugar, los nitratos que deben estar entre 0 a 50 miligramos por litro de agua. Por último, las bacterias heterotróficas, que deben estar entre 0 a 500 unidades formadoras de colonia por milímetro. Los valores promedio que se obtuvieron de las pruebas de laboratorio hechas fueron:

Tabla 20: Valores del laboratorio con respecto a la calidad del agua potable

Determinación	Unidad	Valores Promedio
Turbiedad	UNT	0.39
Ph	-	7.54
Cloro residual libre	mg/l	0.99
Conductividad	us/cm	361
Color	UCV pt/co	3
Cloruros	mg/l	14
Dureza Total	mg/l	174
Sulfatos	mg/l	117
Nitratos	mg/l	5
Bacterias Heterotróficas	UFC/ml	1

Nota. Esta tabla se realiza con la finalidad de encontrar los valores promedio de las determinaciones dentro del agua potable en la empresa SEDACAJ.

Finalmente podemos deducir que los valores se encuentran dentro de los rangos aceptados por el MINSA; sin embargo, se pueden mejorar con el fin de brindar una mejor calidad del agua potable a la ciudad de Cajamarca.

3.5. Matriz de Operacionalización de variables con resultados diagnóstico

Tabla 21: Matriz de operacionalización con resultados

Matriz de Operacionalización de Variables				
Variable	Tipo de Variable	Dimensiones	Indicadores	Resultados diagnósticos
Proceso	Independiente	Producción	Tiempo de ciclo de producción	247
			Producción	19008
		Medición de tiempos	Tiempo normal	-
			Tiempo estándar	-
		DPMO	DPMO	45000
		Índice de capacidad	Ppk o Cpk	
		Métricas Six sigma	Definir	-
			Medir	-
			Analizar	-
			Mejorar	-
Controlar	-			
Calidad del agua	Dependiente	Nivel de Calidad de agua según SEDACAJ	Turbiedad	0.39
			Ph	8
			Cloro residual libre	0.99
			Conductividad	361
			Color	3
			Cloruros	14
			Dureza Total	174
			Sulfatos	117
			Nitratos	5
			Bacterias heterotróficas	1
				Turb: 0.69
				Ph:0.43
				CRL:0.01
	Cond:3.40			
	Color: 0.66			
	Cloru:1.13			
	DT:3.98			
	Sulf:0.44			
	Nitr: 1.68			
	BH:6.75			

Nota. Se puede observar los resultados en la matriz de operacionalización.

3.6. Diseño de mejora de la variable Proceso

3.6.1. Diseño de mejora de la dimensión métricas six sigma

Para realizar el plan de mejora del proceso y la calidad del agua potable en la empresa SEDACAJ se determinó que era conveniente utilizar la herramienta Six Sigma, de aquí en adelante se proyectarán los pasos de cómo se ha trabajado para llegar a dicha mejora de variables.

3.6.1.1.Fase Definir

Problema

Esta investigación se centrará en mejorar el proceso de la obtención del agua potable, ya que el principal problema es la baja calidad del agua en la empresa SEDACAJ.

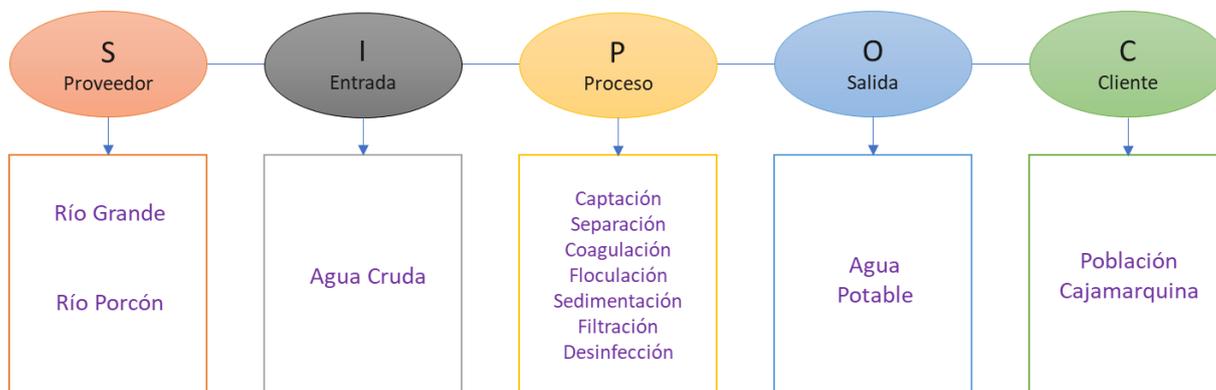
La raíz de este problema es que la empresa cuenta con una planta y tecnología antigua, además, que existe una saturación de filtros, se puede afirmar también que los trabajadores necesitan ser capacitados, así mismo, muchas veces los procesos no se cumplen como deberían ser, también existe un problema con las dosis químicas colocadas y, por último, existe un problema de captación de agua en algunos meses del año por falta de lluvias.

SIPOC

Se realiza el SIPOC con la finalidad de definir la empresa en la que se está trabajando, para los proveedores, se tiene que la captación de agua cruda se realiza de dos diferentes ríos el Porcón, el cual se encuentra en Huambocancha Alta a 2,751 m.s.n.m. y el Grande que se encuentra en Llushcapampa Alta a 2,869 m.s.n.m. La entrada del proceso es el agua cruda, la cual no es recomendable utilizar para el consumo humano, en el proceso se observa que la primera actividad es captar el agua, posteriormente, se separan los materiales, luego se realiza la coagulación, floculación, sedimentación, filtración y por último la desinfección, lo obtenido es el

agua potable para el consumo humano, la cual es la salida u output, finalmente el cliente es la población cajamarquina.

Ilustración 30: SIPOC



Nota. En esta ilustración se observa las entradas y salidas hasta la llegada el cliente final.

3.6.1.2.Fase Medir

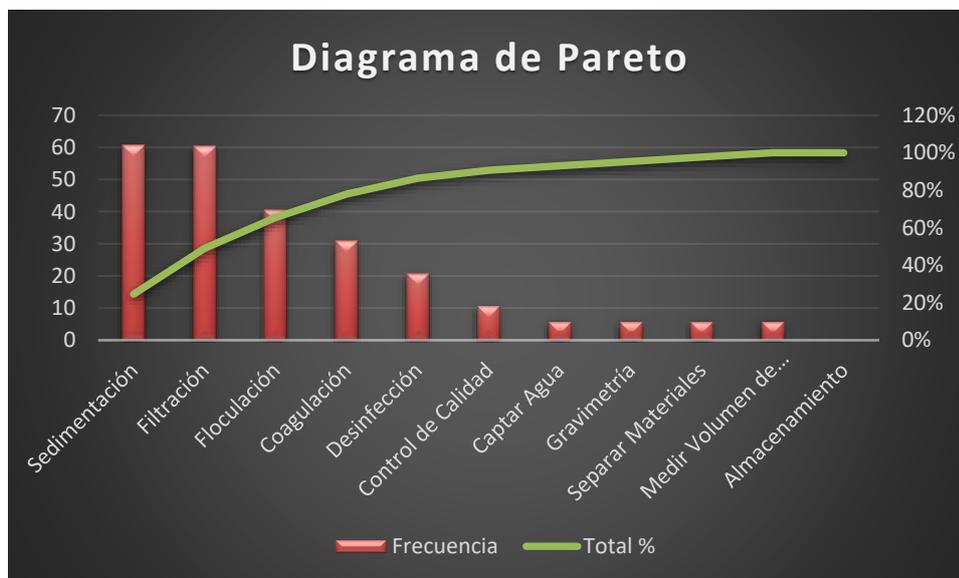
Diagrama de Pareto

Para la fase de medir se realiza un diagrama de Pareto, para poder observar las actividades que utilizan el mayor tiempo en el proceso, lo cual podríamos denominar el cuello de botella. Se ha utilizado el tiempo promedio de cada actividad y se puede concluir que las actividades con más tiempo son la sedimentación y la filtración, lo cual tiene mucho sentido, ya que las principales pérdidas de agua potable por gastos operativos son por el retro lavado de filtros y el mantenimiento del sedimentador.

Actividad	Frecuencia	Frecuencia %	Total %
Sedimentación	60.6	25%	25%
Filtración	60.33	24%	49%
Floculación	40.53	16%	65%
Coagulación	30.86	13%	78%
Desinfección	20.6	8%	86%
Control de Calidad	10.59	4%	91%
Captar Agua	5.82	2%	93%
Gravimetría	5.78	2%	95%
Separar Materiales	5.74	2%	98%
Medir Volumen de Caudal	5.71	2%	100%
Almacenamiento	0	0%	100%
Total	246.56	100%	

Nota. Aquí se observan las frecuencias de cada actividad en la producción de agua potable, siendo la que demora más la sedimentación y la de menos duración la de medir el volumen de caudal.

Ilustración 31: Diagrama de Pareto



Nota. Se puede observar la frecuencia ilustrada en la tabla anterior, dando como resultado que es necesario agilizar las actividades de sedimentación y filtración.

3.6.1.3.Fase Analizar

AMEF

Para la fase analizar se realizará una matriz en la cual se encontrarán las causas y efectos que tienen las fallas en el proceso de obtención del agua potable. Para comenzar, se podrán observar las tablas con los criterios que se tomarán en cuenta para hallar el riesgo de la falla.

Tabla 23: Tabla de severidad

Severidad	Criterio	Valor
Muy Baja	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observara un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable.	2-3
Moderada	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema.	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas de seguridad reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10.	9-10

Nota. Se puede observar, en esta tabla, los criterios que se tomarán en cuenta para hallar la severidad de las fallas.

Detección	Criterio	Valor
Muy Baja	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-6
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	7-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

Nota. En esta tabla se puede observar los criterios a tomar para la detección de la falla.

Gravedad	Criterio	Valor
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes.	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque ser iba detectado con toda seguridad posterior.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción.	4-6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final.	9-10

Nota. Se puede observar en la tabla los criterios a tomar según la gravedad de la falla.

Ilustración 32: NRP (Número de prioridad de riesgo – Risk Priority Number)

$NPR = \text{Ocurrencia} * \text{Severidad} * \text{Detección}$

500 – 1000	Alto riesgo de falla
125 – 499	Riesgo de falla medio
1 – 124	Riesgo de falla bajo
0	No existe riesgo de falla

Nota. Se puede ver la multiplicación que se realizará para hallar el riesgo.

Tabla 26: AMEF

AMEF								
Nombre del proceso: Obtención del agua potable						Nombre: Cristina Gayozo Muñoz		
Producto: Agua potable						Fecha AMEF última revisión:		
Fecha AMEF: 08/02/2021								
N°	Falla	Efecto	S	Causa	O	Control actual	D	RPN
1	Planta antigua	Accidentes en el trabajo	10	No hay remodelación	7	No tiene	10	700
2	Demora en el proceso	Se cuenta con desperdicios	5	Tecnología antigua	7	No tiene	10	350
3				Falta capacitación	8			
4	Algas como bioindicadores	Saturación de filtros	5	El agua es captada y contiene algas	9	No tiene	10	450
5	Errores con dosis	Daña los materiales	7	No existe una medición	7	No tiene	10	490
6	Problemas para captar agua	Falta de agua para ser tratada	7	Falta de lluvias	9	No tiene	10	630

Nota. En esta tabla se puede observar la realización del AMEF. Como conclusión tenemos que el principal problema es que no existe un control actual en las fallas mencionadas, lo que produce un RPN muy alto. Al realizar esta técnica, se puede decir que se está entre un riesgo de falla medio y alto.

Se utilizó este método con el fin de llegar hasta la raíz de los problemas para atacar desde el principio.

Tabla 27: 5 ¿Por qué?

Problema	P1 ¿Por qué?	P2 ¿Por qué?	P3 ¿Por qué?	P4 ¿Por qué?	P5 ¿Por qué?
¿Por qué la calidad del agua potable es baja?	La planta y la tecnología son antiguas	No se ha remodelado	No se ha dado prioridad	Las utilidades no pueden cubrir todos los problemas	Se encontraron otros problemas de más urgencia
	Se saturan los filtros	Existen algas como bioindicadores	No se mide el sulfato de cobre	Hay errores con dosis	Falta capacitación
	Es más complicado captar agua en algunos meses del año	Hay estiaje	No hay lluvias		

Nota. Como conclusión a esta tabla tenemos que la raíz del problema principal, ¿por qué la calidad del agua potable se puede mejorar?, es que falta capacitación y que se dieron prioridad a otros problemas, por ello no se ha remodelado la planta ni la tecnología.

3.6.1.4.Fase Mejorar

Lluvia de ideas

Se utilizó esta técnica con el fin de encontrar ideas originales para mejorar la calidad del agua en la empresa SEDACAJ, ya que es un método grupal se utilizó la ayuda de personas de confianza.

Ilustración 33: Lluvia de ideas

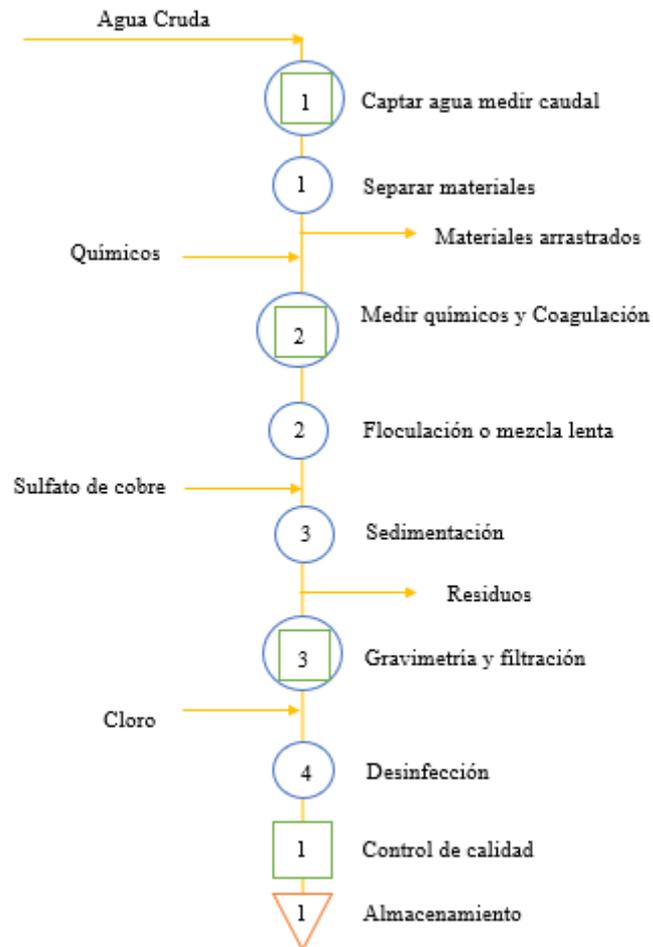


Nota. Se encontraron diez opciones importantes a realizar para mejorar la calidad de la empresa SEDACAJ; sin embargo, en esta investigación nos centraremos en cuatro las cuales serán, guías de capacitación, medir correctamente el sulfato de cobre, realización de auditorías y el reservorio de agua.

Diagrama de actividades de proceso

A continuación, se presentará un nuevo diagrama de actividades de proceso con el fin de mejorar este mismo y mejorando la calidad.

Ilustración 34: Diagrama de actividades de proceso



Nota. En este nuevo diagrama podemos observar que se ha reacomodado algunas actividades con el fin de reducir tiempo de ciclo de producción y añadiendo otras con el fin de mejorar el proceso. Las remodelaciones son: que al captar el agua se realiza la medición de caudal también, además se ha añadido una medición de químicos al momento de realizar la coagulación, por último, la gravimetría se realiza con la filtración.

AMEF de mejora

Tabla 28: AMEF con acciones

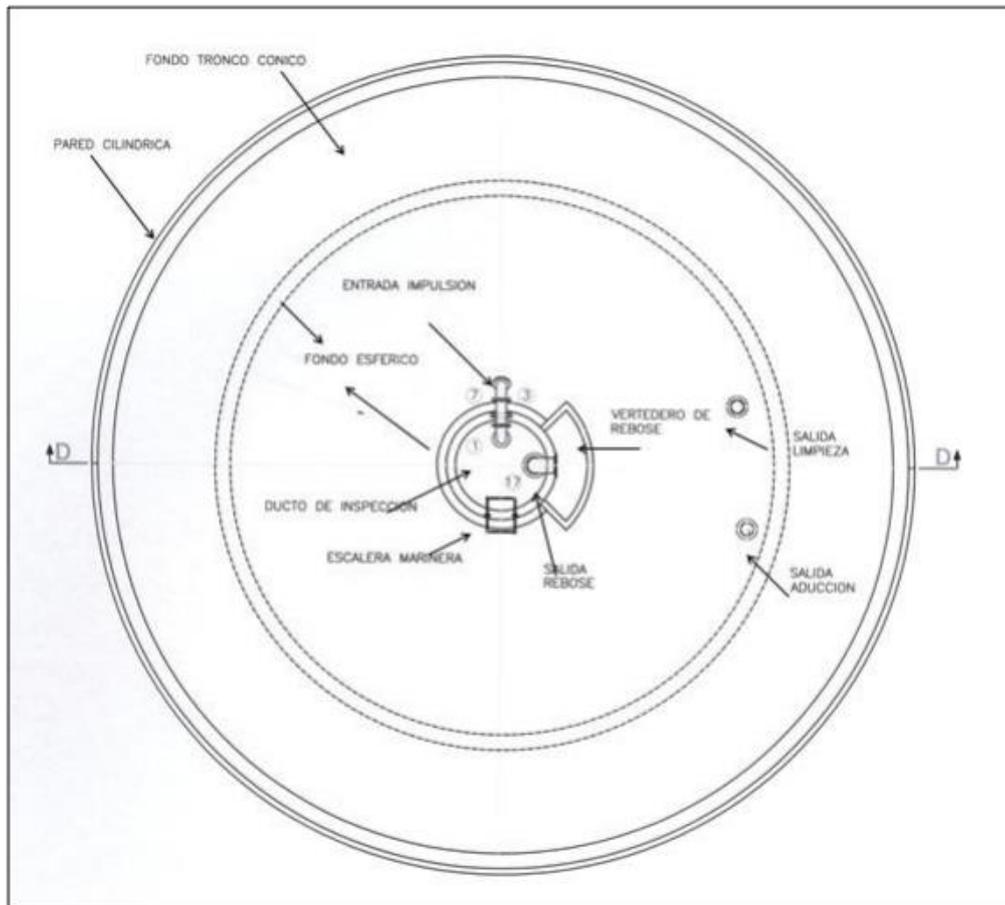
AMEF													
Nombre del proceso: Obtención del agua potable						Nombre: Cristina Gayozo Muñoz							
Producto: Agua potable						Fecha AMEF última revisión:							
Fecha AMEF: 08/02/2021													
N°	Falla	Efecto	S	Causa	O	Control actual	D	RPN	Acciones	S	O	D	RPN
1	Planta antigua	Accidentes en el trabajo	10	No hay remodelación	7	No tiene	10	700	Mejorar planta	6	1	10	60
2	Demora en el proceso	Se cuenta con desperdicios	5	Tecnología antigua	7	No tiene	10	350	Arreglar software	3	3	10	90
3				Falta capacitación	8	No tiene	10	400	Guías de capacitación	3	2	10	60
4	Algas como bioindicadores	Saturación de filtros	5	El agua es captada y contiene algas	9	No tiene	10	450	Medida correcta de sulfato de cobre	1	9	10	90
5	Errores con dosis	Daña los materiales	7	No existe una medición	7	No tiene	10	490	Medición controlada	3	1	10	30
6	Problemas para captar agua	Falta de agua para ser tratada	7	Falta de lluvias	9	No tiene	10	630	Reservorios de agua	1	9	10	90

Nota. En esta tabla a diferencia de la anterior se puede observar las acciones que se realizarán con el fin de conseguir un RPN menor, entre ellas están la mejora de planta, arreglar el software, realizar guías de capacitación, obtener la medida correcta de sulfato de cobre, una medición controlada y el reservorio de agua. Concluimos que, el riesgo de falla, comparado con el anterior, se encuentra en una situación baja.

Para la realización de los reservorios se han podido encontrar algunas opciones por internet.

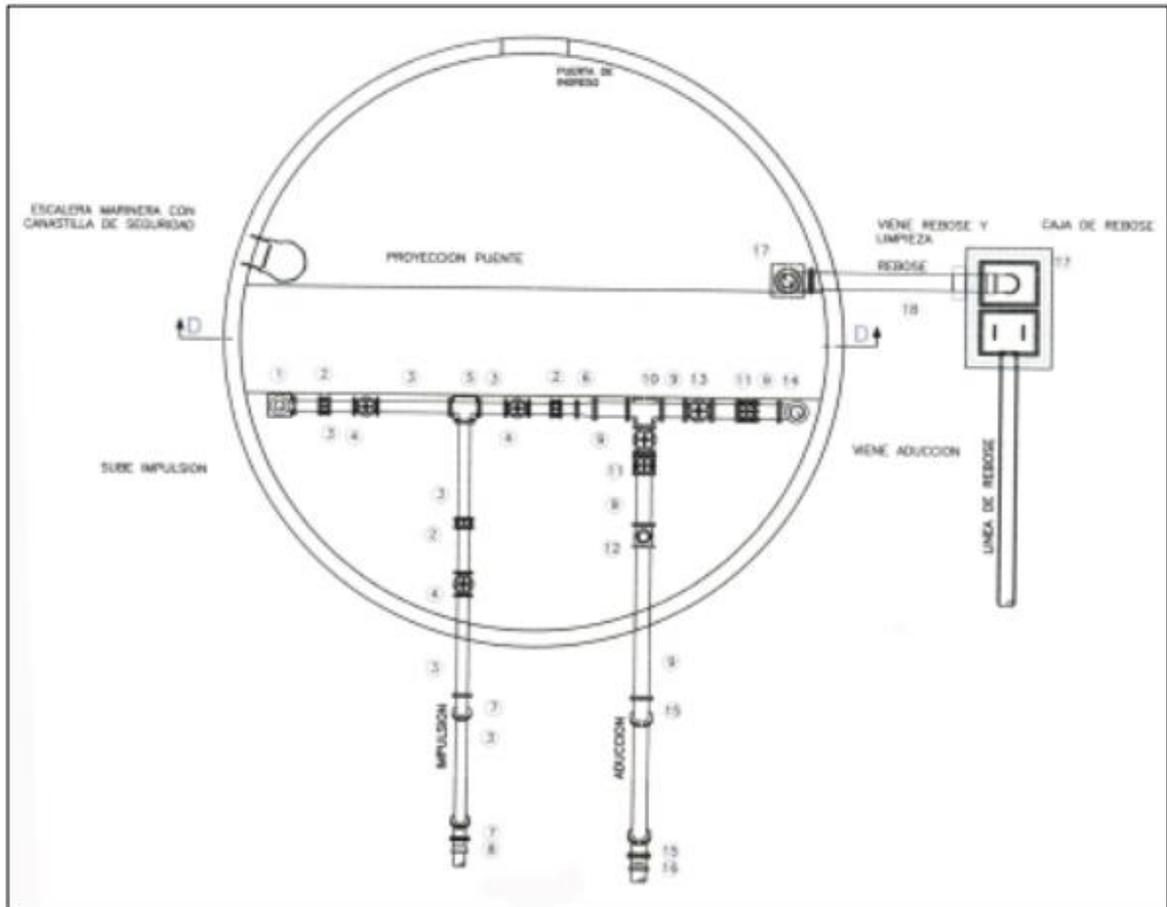
Modelos de Reservorio

Ilustración 35: Reservorio corte C-C

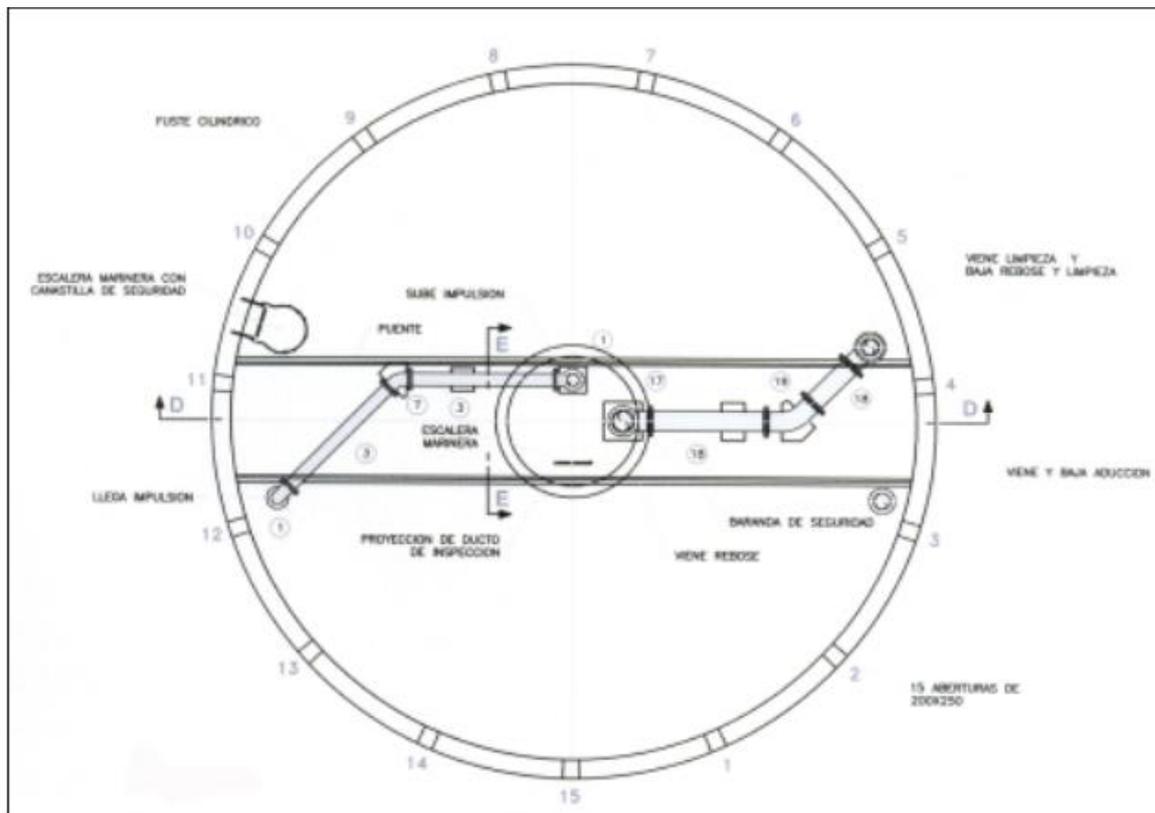


Nota. Reservorio elevado corte C-C. Extraído de Organización Panamericana de la Salud.

Ilustración 36: Reservorio corte B-B



Nota. Reservorio elevado corte B - B. Extraído de Organización Panamericana de la Salud.



Nota. Reservorio elevado corte A - A. Extraído de Organización Panamericana de la Salud.

3.6.1.5.Fase Controlar

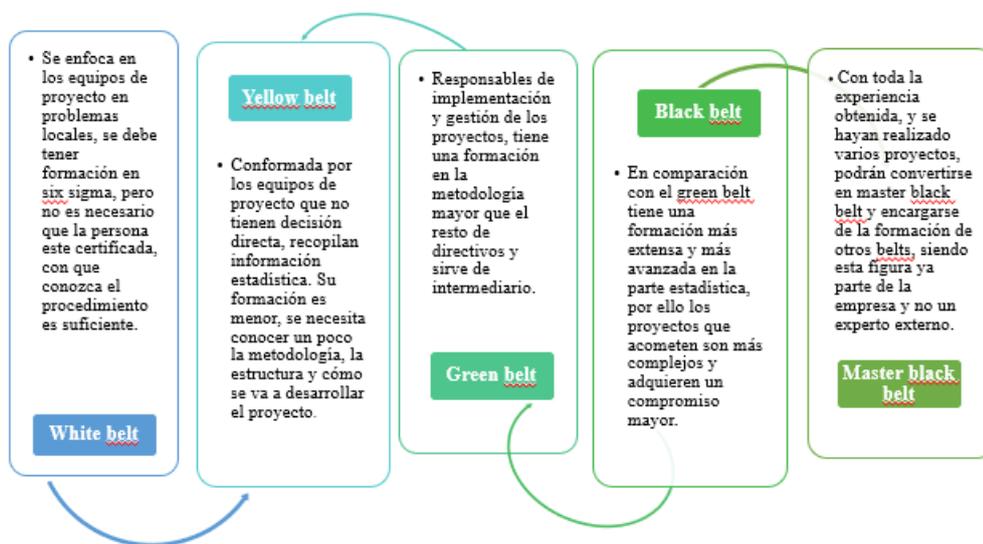
Capacitaciones

Según Anónimo (2021), hay certificaciones para poder capacitarse los cuales explican cómo aplicar conceptos prácticos del Six Sigma, la cual es una metodología de alta efectividad para aumentar la calidad y la economía de la empresa, de acuerdo con la forma en la que avanzan los cursos se otorgan diferentes cintas las cuales se nombran con colores de cinturones como en las artes marciales.

Cinta Blanca (White Belt), Cinta Amarilla (Yellow Belt), Cinta Verde (Green Belt),
Cinta Negra (Black Belt) y Master Cinta Negra (Master Black Belt).

Según Anónimo (2021), podemos deducir la siguiente ilustración mostrando de lo
que se trata cada certificación.

Ilustración 38: Tipos de certificación six sigma



Nota. En esta investigación queremos enfocarnos en que los trabajadores de
SEDACAJ, obtengan esta certificación en un nivel de cinta verde y cinta amarilla.

3.6.2. Diseño de mejora de la dimensión producción

3.6.2.1. Tiempo de ciclo de producción

Se presenta este nuevo diagrama de actividades de proceso que tiene como objetivo
disminuir los tiempos de realización de agua potable para poder aumentar la cantidad
de m³ obtenidos al día.

Ilustración 39: Diagrama de actividades de proceso mejorado

Diagrama de Actividades de Proceso								
Diagrama N°: 01			Resumen					
Objetivo: Revisión de las actividades del agua potable			Operación:	7				
Proceso analizado: Agua potable			Transporte:	0				
Actual: <input type="checkbox"/> Propuesto: <input checked="" type="checkbox"/>			Demora:	0				
Localización: SEDACAJ			Inspección:	4				
Área: Producción			Almacén:	1				
Elaborado por: Cristina Gayozo			TOTAL:	12				
Fecha: 18 / 01 / 2021								
Descripción	Distancia en metros	Tiempo en minutos	Símbolo					Observaciones
			○	⇒	D	□	▽	
Captar Agua y medir caudal		6	●	—	●			
Separar Materiales		6	●	—	●			Salen materiales arrastrados
Medir químicos y coagulación		31	●	—	●			Entran químicos
Floculación		41	●	—	●			
Sedimentación		61	●	—	●			Entra sulfato de cobre y salen residuos
Gravimetría y Filtración		60	●	—	●			
Desinfección		21	●	—	●			Entra cloro
Control de Calidad		11					●	
Almacenamiento		0					●	
Total:		235	7	0	0	4	1	

Nota. A diferencia que el anterior diagrama de actividades estas suman 235 minutos, siendo menos, con el fin de obtener más metros cúbicos de agua al día.

3.6.2.2. Producción

En primer lugar, se calculará cuantos metros cúbicos de más se realizarán al día, haciendo una regla de tres y restando el resultado:

Ecuación 12: Regla de tres para hallar producción

$$x = \frac{235 \times 240}{247} = 228$$

Nota. Aquí se realizó la regla de tres, en donde se multiplican 235 minutos de este nuevo diagrama de análisis de proceso por 240 litros por segundo de la producción anterior entre 247 minutos de los del diagrama de actividades de proceso anterior.

Ecuación 13: Resta para hallar la producción

$$x_1 = 240 - 228 = 12$$

Nota. En esta ecuación se resta los 240 litros por segundo de la producción anterior menos los 228 litros por segundo que se obtuvieron en la ecuación anterior.

Ecuación 14: Nueva producción

$$\text{Producción nueva} = 240 + 12 = 252 \text{ litros por segundo}$$

Nota. Se suma a los 240 litros por segundo de la producción anterior los 12 nuevos que obtuvimos de realizar lo antes mencionado.

A la siguiente ecuación se le aumentarán las horas de trabajo al día, ya que al hacer las mejoras se deduce que en promedio el paro por gastos operativos será solo de media hora al día a diferencia de las dos horas al día que se tenía en los resultados.

Ecuación 15: Producción en m³

$$P = \frac{252 \text{ litros}}{\text{segundo}} \times \frac{60 \text{ segundos}}{1 \text{ minuto}} \times \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ hora}} \times \frac{23.5 \text{ horas}}{1 \text{ día}} = \frac{21319200 \text{ litros}}{\text{día}} = \frac{21319 \text{ m}^3}{\text{día}}$$

Nota. Dando como resultado una nueva producción de 21319 m³ al día.

3.6.3. Diseño de mejora de la dimensión medición de tiempos

3.6.3.1. Tiempo normal

Ecuación 16: Tiempo normal

$$T_n = T_p (1 - fw)$$

Factor de Westinghouse: Se evaluaría al operario promedio, ya que todos tiene la misma experiencia, con una habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia excelentes.

Ilustración 40: Factor de Westinghouse

<u>HABILIDAD</u>			<u>ESFUERZO</u>		
+ 0.15	A1	Extrema	+ 0.13	A1	Excesivo
+ 0.13	A2	Extrema	+ 0.12	A2	Excesivo
+ 0.11	B1	Excelente	+ 0.10	B1	Excelente
+ 0.08	B2	Excelente	+ 0.08	B2	Excelente
+ 0.06	C1	Buena	+ 0.05	C1	Bueno
+ 0.03	C2	Buena	+ 0.02	C2	Bueno
0.00	D	Regular	0.00	D	Regular
- 0.05	E1	Aceptable	- 0.04	E1	Aceptable
- 0.10	E2	Aceptable	- 0.08	E2	Aceptable
- 0.16	F1	Deficiente	- 0.12	F1	Deficiente
- 0.22	F2	Deficiente	- 0.17	F2	Deficiente
<u>CONDICIONES</u>			<u>CONSISTENCIA</u>		
+ 0.06	A	Ideales	+ 0.04	A	Perfecta
+ 0.04	B	Excelentes	+ 0.03	B	Excelente
+ 0.02	C	Buenas	+ 0.01	C	Buena
0.00	D	Regulares	0.00	D	Regular
- 0.03	E	Aceptables	- 0.02	E	Aceptable
- 0.07	F	Deficientes	- 0.04	F	Deficiente

Ecuación 17: Tiempo Normal resuelto

$$T_n = 235 (1 - 0.28) = 169.2 \text{ minutos}$$

Con un factor de Westinghouse de 0.28 el tiempo normal para realizar el agua potable en la empresa SEDACAJ es de 169.2 minutos.

3.6.3.2. Tiempo estándar

Ecuación 18: Tiempo estándar

$$Te = Tn (1 + \% \text{ tolerancia})$$

Sistema de Suplementos por descanso: Para hallar el porcentaje se analizó de la siguiente forma, los operarios son hombres, trabajan de pie, la postura es ligeramente incómoda, no se utiliza mucha fuerza, no existe una mala iluminación, las condiciones atmosféricas son buenas, el trabajo es fatigoso, el ruido es intermitente y fuerte, el proceso es complejo, el trabajo es bastante monótono, y bastante aburrido.

Ilustración 41: Sistema de suplementos por descanso

1. SUPLEMENTOS CONSTANTES			
	Hombres	Mujeres	
A. Suplemento por necesidades personales	5	7	
B. Suplemento base por fatiga	4	4	
2. SUPLEMENTOS VARIABLES			
	Hombres	Mujeres	
A. Suplemento por trabajar de pie	2	4	4
B. Suplemento por postura anormal			2
Ligeramente incómoda	0	1	
incómoda (inclinado)	2	3	
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7	
C. Uso de fuerza/energía muscular (Levantar, tirar, empujar)			
Peso levantado [kg]			
2,5	0	1	
5	1	2	
10	3	4	
25	9	20	
35,5	22	máx	
D. Mala iluminación			
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	
Bastante por debajo	2	2	
Absolutamente insuficiente	5	5	
E. Condiciones atmosféricas			
Índice de enfriamiento Kata			
16	0		
8		10	
F. Concentración intensa			
Trabajos de cierta precisión	0	0	45
Trabajos precisos o fatigosos	2	2	100
Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5	
G. Ruido			
Continuo	0	0	
Intermitente y fuerte	2	2	
Intermitente y muy fuerte	5	5	
Estridente y fuerte			
H. Tensión mental			
Proceso bastante complejo	1	1	
Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	4	
Muy complejo	8	8	
I. Monotonía			
Trabajo algo monótono	0	0	
Trabajo bastante monótono	1	1	
Trabajo muy monótono	4	4	
J. Tedio			
Trabajo algo aburrido	0	0	
Trabajo bastante aburrido	2	1	
Trabajo muy aburrido	5	2	

$$Te = 169.2 (1.22) = 206.424 \text{ minutos}$$

Con una tolerancia de 22% el tiempo normal en realizar el agua potable en SEDACAJ es de 206.424 minutos.

3.6.4. Diseño de mejora de la dimensión DPMO

3.6.4.1. Defectos por unidad DPU

Para hallar el DPU del diseño de mejora se tomará las pérdidas por gastos operativos, los cuales a diferencia del anterior resultado serán de 30 minutos, es decir, 454 m³, además tenemos el dato de la nueva producción que es de 21319 m³

Ecuación 19: DPU de mejora resuelto

$$DPU = \frac{454}{21319} = 0.02$$

Al realizar el cálculo se obtiene que el 2% son los defectos por litro de agua en la empresa SEDACAJ.

3.6.4.2. Defectos por oportunidad DPO

La oportunidad seguirá siendo tres, ya que el costo por gastos operativos seguirá siendo el retro lavado de filtros, algunos desperfectos y el mantenimiento del sedimentador.

Ecuación 20: DPO de mejora resuelto

$$DPO = \frac{0.02}{3} = 0.006$$

Al realizar el cálculo se obtiene 0.6% de defectos por oportunidad.

3.6.4.3. Defectos por oportunidad de millón DPMO

Para hallar los defectos por oportunidad de millón se debe tener como dato el DPO el cual es 1% según lo encontrado antes.

Ecuación 21: DPMO de mejora resuelto

$$DPMO = 0.006 \times 1000000 = 60000$$

Los defectos por millón de oportunidades son de 60000; es decir, por cada millón de metros cúbicos existe una pérdida de 60000 metros cúbicos de agua potable.

Yield:

Ecuación 22: YIELD de mejora resuelto

$$Yield = (1 - 0.006) \times 100 = 99.4\%$$

Tabla 29: YIELD de mejora

Nivel six sigma	DPMO	Yield
6	3.4	99.99966%
5	233	99.977%
4	6210	99.38%
3	66807	93.3%
2	308538	69.1%
1	691462	30.9%

Nota. El nivel sigma encontrado se encuentra ubicado entre cuatro y cinco sigmas siendo más alto que el que habíamos encontrado en los resultados.

3.6.5. Diseño de mejora de la dimensión Índice de Capacidad

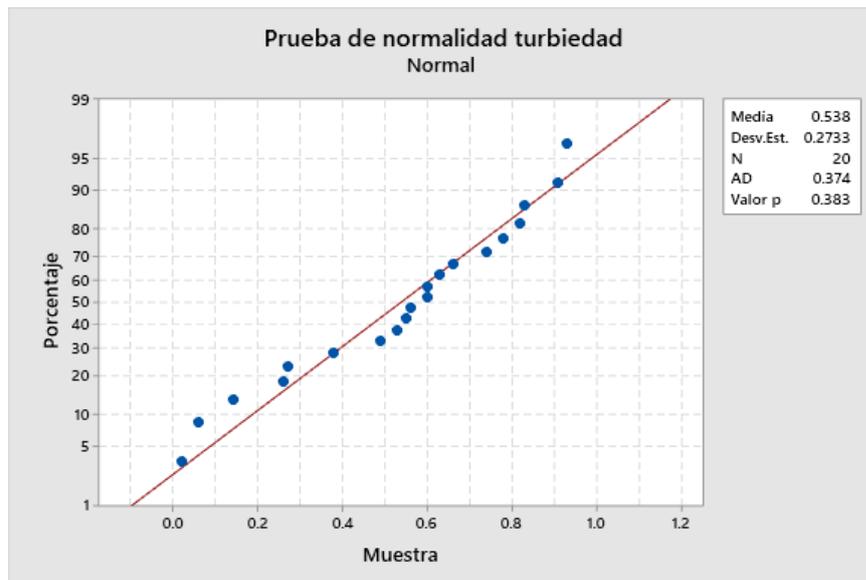
3.6.5.1. Turbiedad

Según la OMS (Organización Mundial de la Salud) (2006), la turbiedad del agua para consumo humano no debe superar en ningún caso las 5 UNT, y estará idealmente por debajo de 1 UNT.

Tabla 30: Nuevos valores de turbiedad

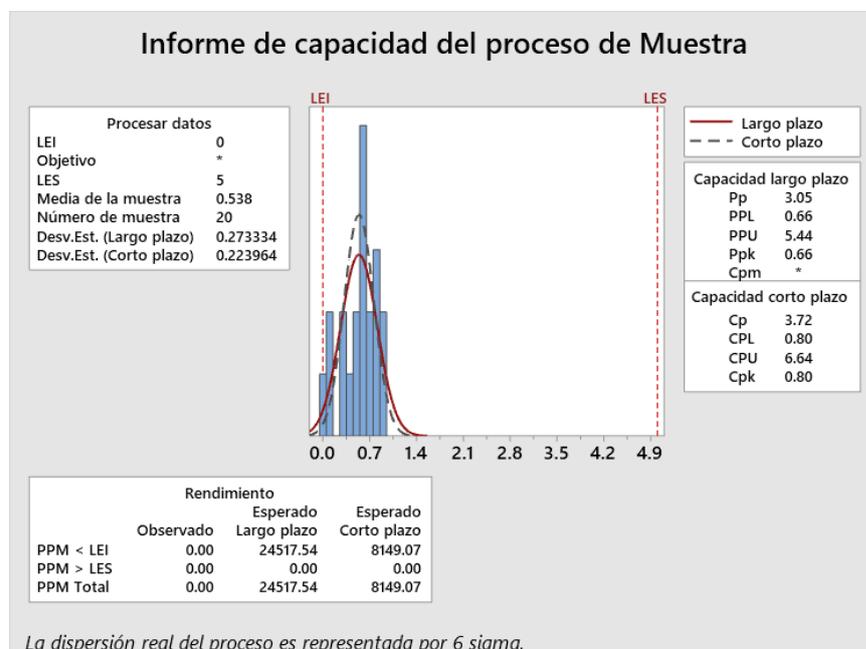
Turbiedad	
Límites	0-5
Limites ideales	0-1
Unidad	UNT
N°	Muestra
1	0.66
2	0.26
3	0.63
4	0.83
5	0.82
6	0.27
7	0.06
8	0.02
9	0.74
10	0.93
11	0.49
12	0.60
13	0.91
14	0.78
15	0.56
16	0.53
17	0.60
18	0.38
19	0.55
20	0.14

Ilustración 42: Prueba de normalidad de turbiedad



Nota. Como se puede observar en la prueba de normalidad de turbiedad, los datos son normales, ya que el valor p es mayor que 0.05.

Ilustración 43: Cpk de turbiedad



Nota. Según lo que se puede deducir de este gráfico es que el índice de capacidad a corto y a largo plazo (Cpk y Ppk), son menores que uno, por ello, no llega a cumplir con los requerimientos mínimos.

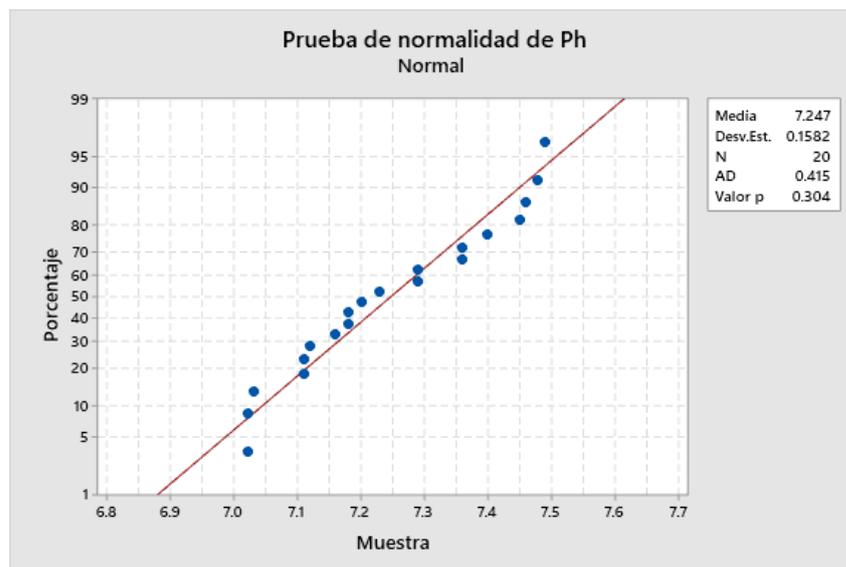
3.6.5.2.Ph

Según el Grupo Corsa (2019), el Ph alcanza una media neutra, entre la acidez y la alcalinidad, de 7, por ello se tomarán los datos de entre 7 y 7.5.

Tabla 31: Nuevos valores de Ph

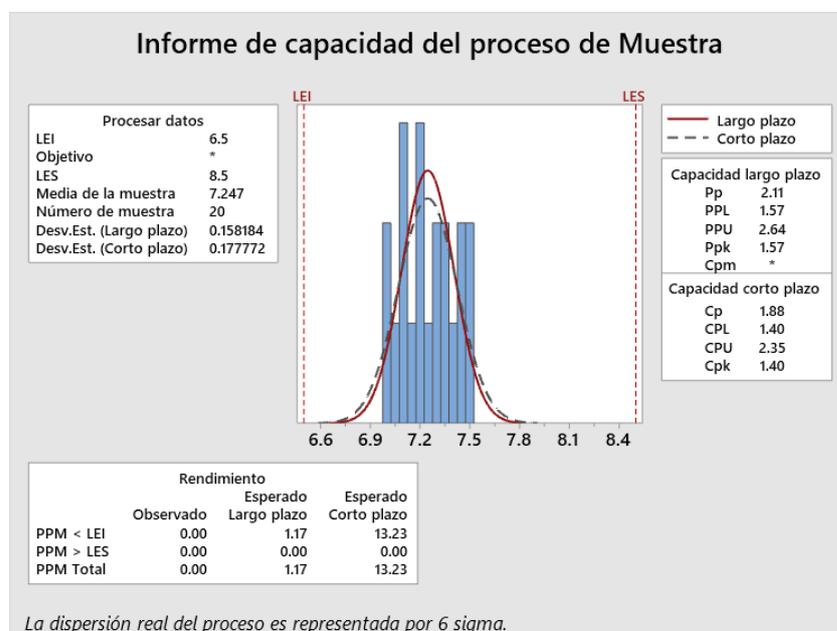
Ph	
Límites	6.5-8.5
Limites ideales	7-7.5
Unidad	-
N°	Muestra
1	7.36
2	7.23
3	7.02
4	7.03
5	7.4
6	7.02
7	7.46
8	7.29
9	7.11
10	7.36
11	7.18
12	7.2
13	7.12
14	7.49
15	7.29
16	7.18
17	7.16
18	7.45
19	7.48
20	7.11

Ilustración 44: Prueba de normalidad del Ph



Nota. Como se puede observar en la prueba de normalidad del Ph, los datos son normales, ya que el valor p es mayor que 0.05.

Ilustración 45: Cpk de ph



Nota. Según lo que se puede deducir de este gráfico es que el índice de capacidad a corto y a largo plazo (Cpk y Ppk), son mayores que uno, por ello, llega a cumplir con los requerimientos mínimos.

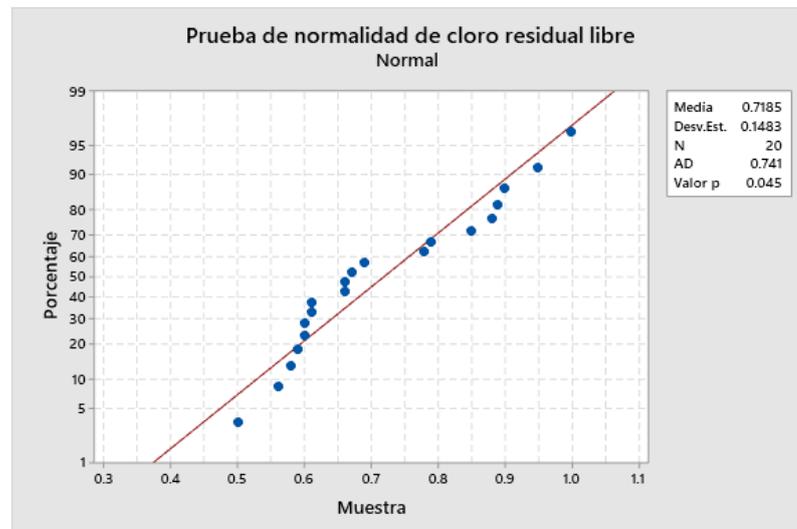
3.6.5.3. Cloro Residual Libre

Según el ALKEMI (2017), se fijó que 1 mg por litro de agua de cloro residual libre es la medida ideal para el consumo humano en el agua potable, por ese motivo se utilizará el rango de medidas entre 0.5 y 1.

Tabla 32: Nuevos Valores de Cloro residual libre

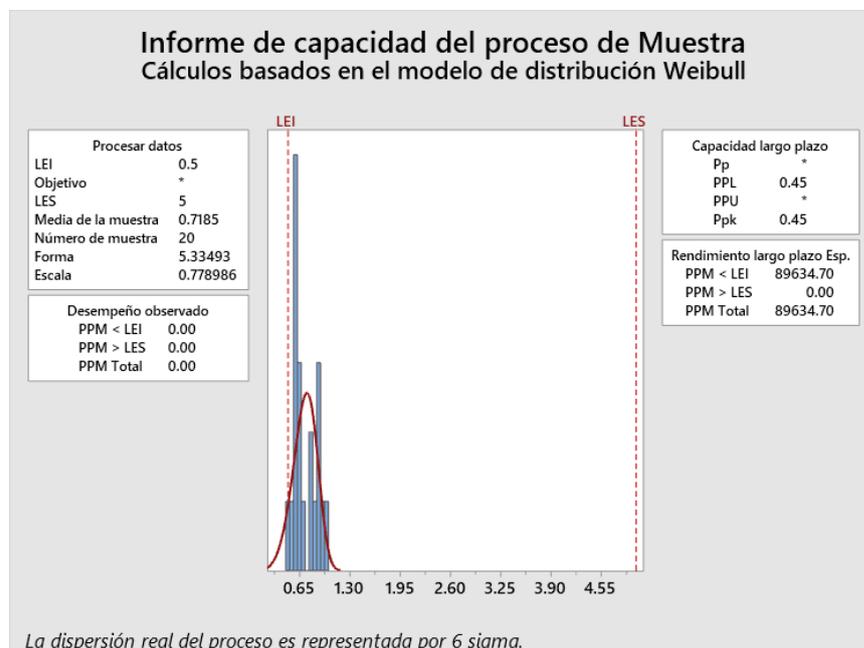
Cloro Residual Libre	
Límites	0.5-5
Limites ideales	0.5-1
Unidad	mg/l
N°	Muestra
1	0.56
2	0.61
3	0.79
4	1
5	0.59
6	0.78
7	0.85
8	0.61
9	0.69
10	0.89
11	0.88
12	0.6
13	0.67
14	0.66
15	0.9
16	0.6
17	0.66
18	0.95
19	0.5
20	0.58

Ilustración 46: Prueba de normalidad de cloro residual libre



Nota. Como se puede observar en la prueba de normalidad del cloro residual libre, los datos no son normales, ya que el valor p es menor que 0.05.

Ilustración 47: Cpk de cloro residual libre



Nota. Según lo que se puede deducir de este gráfico es que el índice de capacidad a corto y a largo plazo (Cpk y Ppk), son menores que uno, por ello, no llega a cumplir con los requerimientos mínimos.

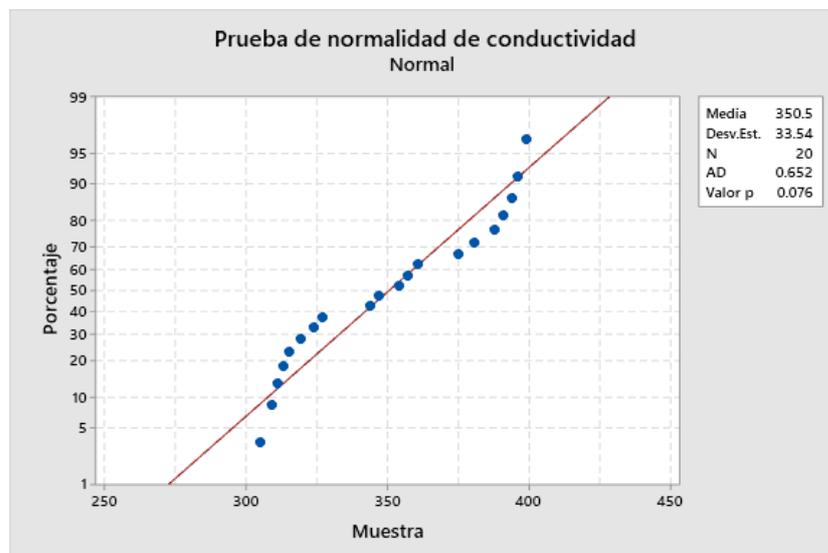
3.6.5.4. Conductividad

Según Waterboards (2018), fija una medida de conductividad ideal de 300 US por cm, por ello en esta investigación se utilizará los límites entre 300 y 400 US por cm.

Tabla 33: Nuevos valores de conductividad

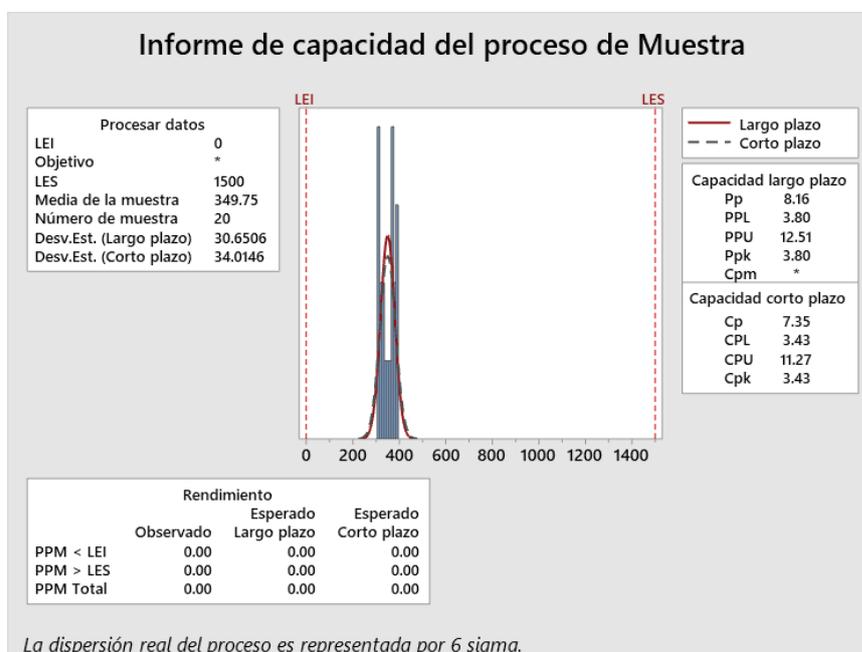
Conductividad	
Límites	0-1500
Limites ideales	300-400
Unidad	us/cm
N°	Muestra
1	319
2	339
3	391
4	372
5	307
6	370
7	369
8	313
9	358
10	392
11	309
12	314
13	375
14	383
15	346
16	330
17	318
18	367
19	329
20	394

Ilustración 48: Prueba de normalidad de conductividad



Nota. Como se puede observar en la prueba de normalidad de la conductividad, los datos son normales, ya que el valor p es mayor que 0.05.

Ilustración 49: Cpk de conductividad



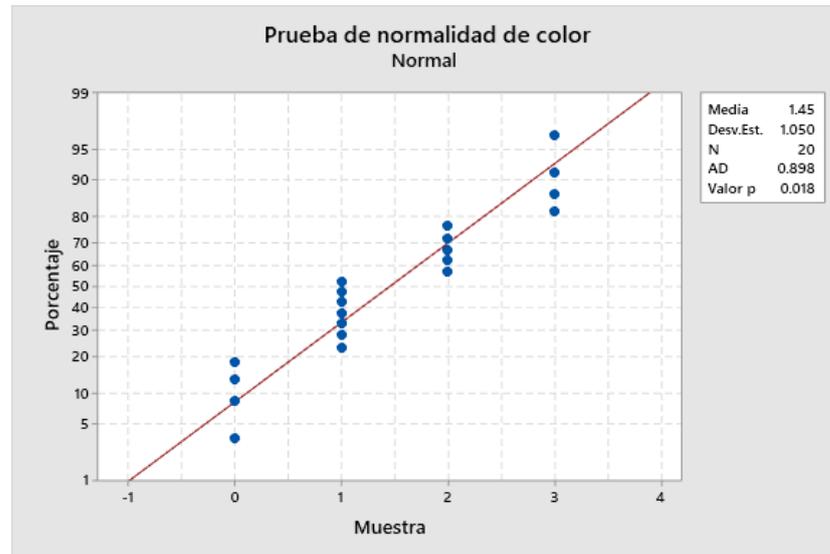
Nota. Según lo que se puede deducir de este gráfico es que el índice de capacidad a corto y a largo plazo (Cpk y Ppk), son mayores que uno, por ello, llega a cumplir con los requerimientos mínimos.

Según la OMS (2006), lo ideal es que el agua potable para consumo humano no tenga ningún tipo de color; es decir, sea 0, para eso tomaremos los rangos entre 0 y 4.

Tabla 34: Nuevos valores de color

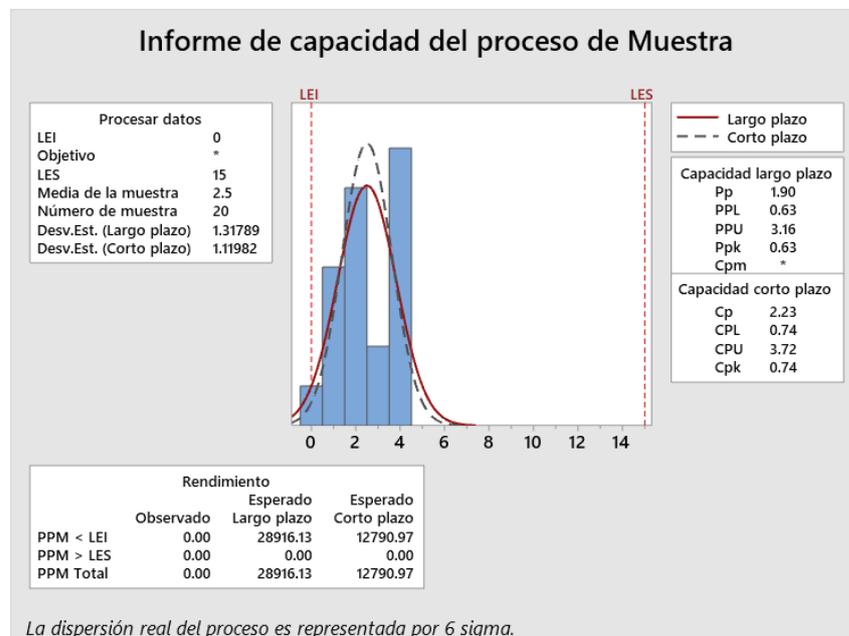
Color	
Límites	0-15
Limites ideales	0-4
Unidad	UCV pt/co
N°	Muestra
1	2
2	1
3	4
4	4
5	1
6	1
7	4
8	4
9	3
10	0
11	2
12	2
13	2
14	1
15	4
16	4
17	4
18	2
19	3
20	2

Ilustración 50: Prueba de normalidad del color



Nota. Como se puede observar en la prueba de normalidad del color, los datos no son normales, ya que el valor p es menor que 0.05.

Ilustración 51: Cpk de color



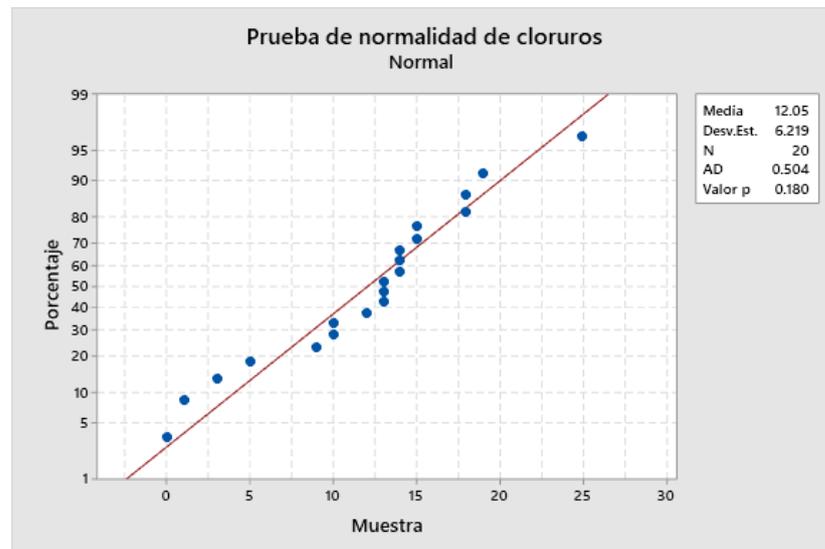
Nota. Según lo que se puede deducir de este gráfico es que el índice de capacidad a corto y a largo plazo (Cpk y Ppk), son menores que uno, por ello, no llega a cumplir con los requerimientos mínimos.

Según Gómez (2009), afirma que los cloruros deben estar entre 10 y 20 miligramos por litro de agua potable.

Tabla 35: Nuevos valores de cloruros

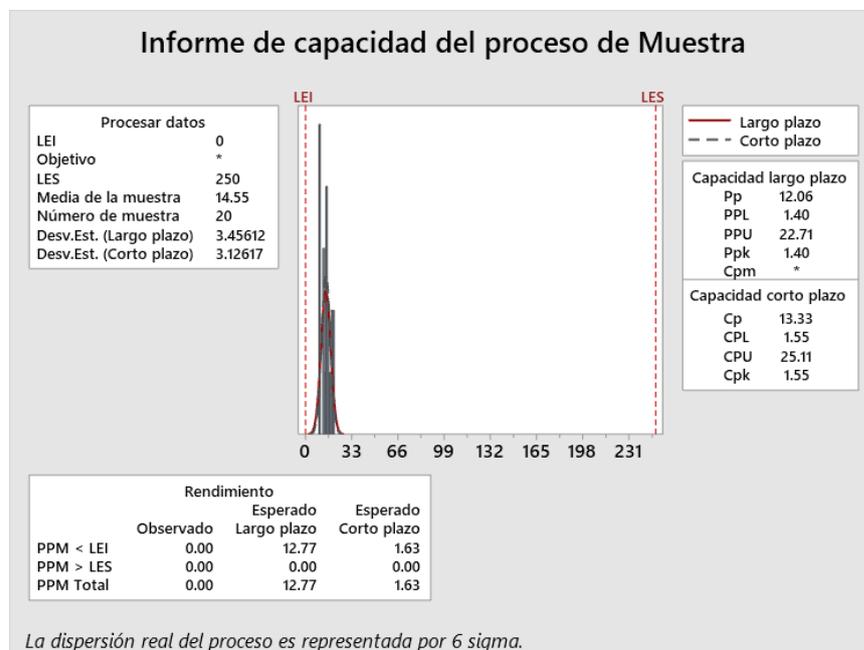
Cloruros	
Límites	0-250
Limites ideales	10-20
Unidad	mg/l
N°	Muestra
1	13
2	15
3	20
4	15
5	16
6	19
7	10
8	10
9	10
10	20
11	15
12	13
13	15
14	14
15	10
16	13
17	19
18	18
19	16
20	10

Ilustración 52: Prueba de normalidad de cloruros



Nota. Como se puede observar en la prueba de normalidad de los cloruros, los datos son normales, ya que el valor p es mayor que 0.05.

Ilustración 53: Cpk de cloruros



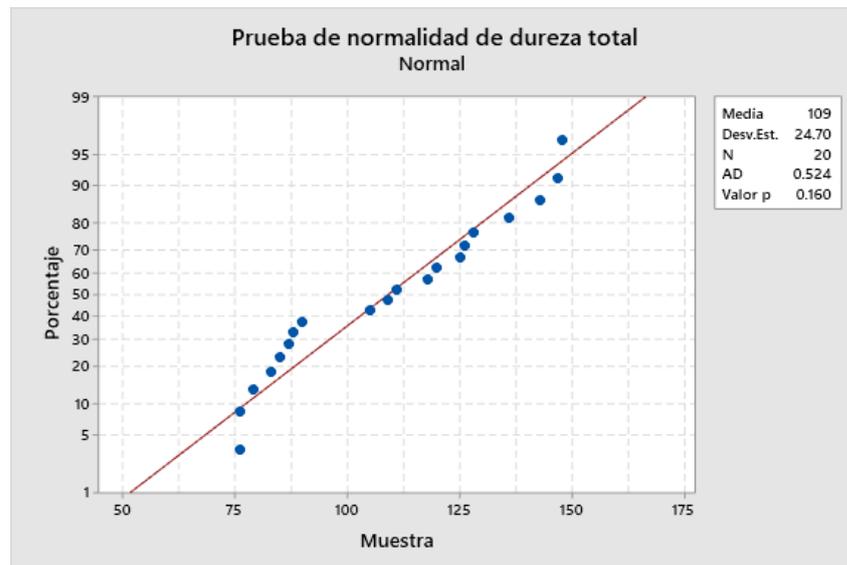
Nota. Según lo que se puede deducir de este gráfico es que el índice de capacidad a corto y a largo plazo (Cpk y Ppk), son mayores que uno, por ello, llega a cumplir con los requerimientos mínimos.

Según la página Gómez (2009), afirma que los límites de la dureza total en el agua potable son entre 75 y 100 miligramos por litro.

Tabla 36: Nuevos valores de dureza total

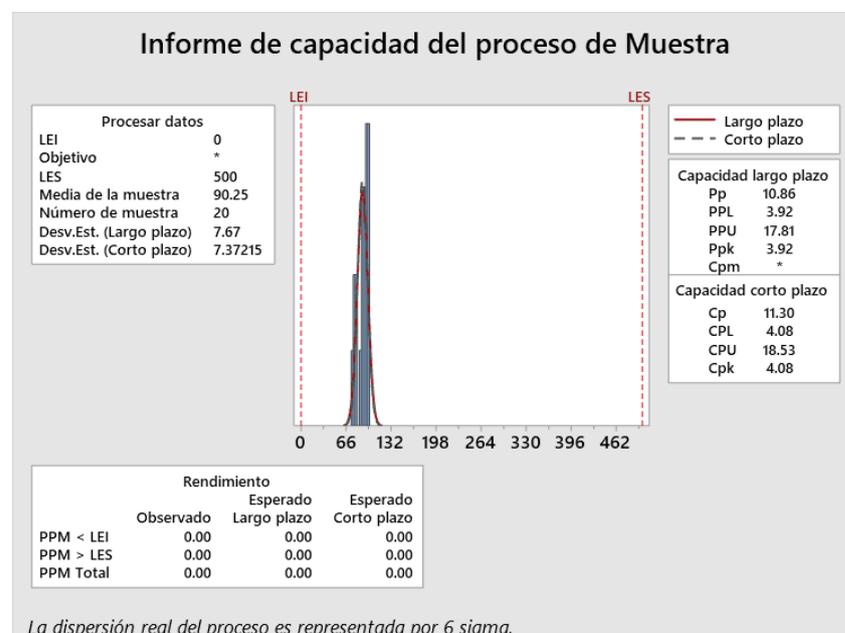
Dureza Total	
Límites	0-500
Limites ideales	75-100
Unidad	mg/l
N°	Muestra
1	90
2	98
3	96
4	79
5	78
6	100
7	93
8	99
9	80
10	90
11	93
12	88
13	92
14	80
15	76
16	95
17	98
18	95
19	89
20	96

Ilustración 54: Prueba de normalidad de dureza total



Nota. Como se puede observar en la prueba de normalidad de la dureza total, los datos son normales, ya que el valor p es mayor que 0.05.

Ilustración 55: Cpk de dureza total



Nota. Según lo que se puede deducir de este gráfico es que el índice de capacidad a corto y a largo plazo (Cpk y Ppk), son mayores que uno, por ello, llega a cumplir con los requerimientos mínimos.

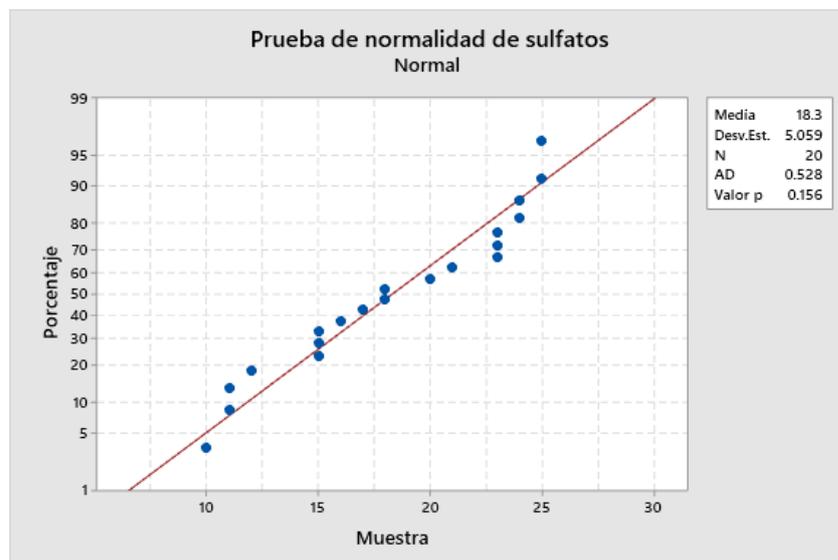
3.6.5.8.Sulfatos

Según la investigación llamada “Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica)” de Bolaños, Cordero, Segura, (2017), afirma que los sulfatos idealmente deben estar en 25 mg por litro de agua, por ello en esta investigación se tomará de 10 a 25 mg por litro de agua.

Tabla 37: Nuevos valores de sulfatos

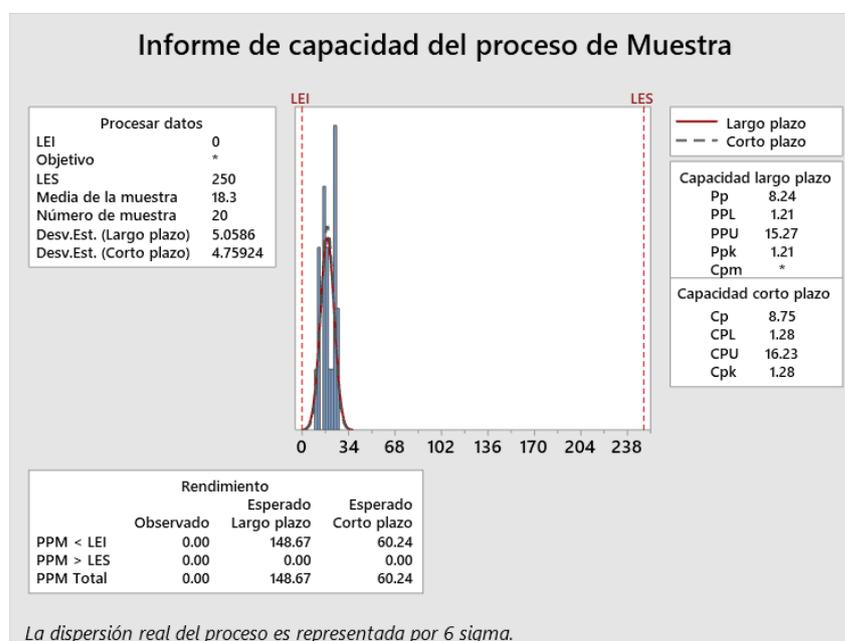
Sulfatos	
Límites	0-250
Limites ideales	10-25
Unidad	mg/l
N°	Muestra
1	23
2	17
3	15
4	24
5	16
6	20
7	24
8	12
9	18
10	10
11	18
12	25
13	23
14	21
15	15
16	15
17	11
18	11
19	23
20	25

Ilustración 56: Prueba de normalidad de sulfatos



Nota. Como se puede observar en la prueba de normalidad de los sulfatos, los datos son normales, ya que el valor p es mayor que 0.05.

Ilustración 57: Cpk de sulfatos



Nota. Según lo que se puede deducir de este gráfico es que el índice de capacidad a corto y a largo plazo (Cpk y Ppk), son mayores que uno, por ello, llega a cumplir con los requerimientos mínimos.

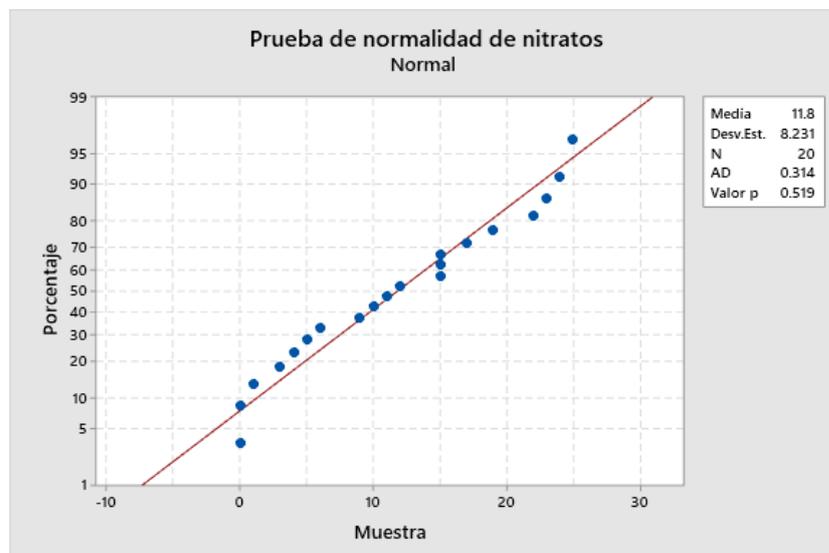
3.6.5.9. Nitratos

Según la empresa SEDACAJ los nitratos deben estar entre 5 y 10 mg por litro de agua idealmente para que la calidad sea aceptable.

Tabla 38: Nuevos valores de nitratos

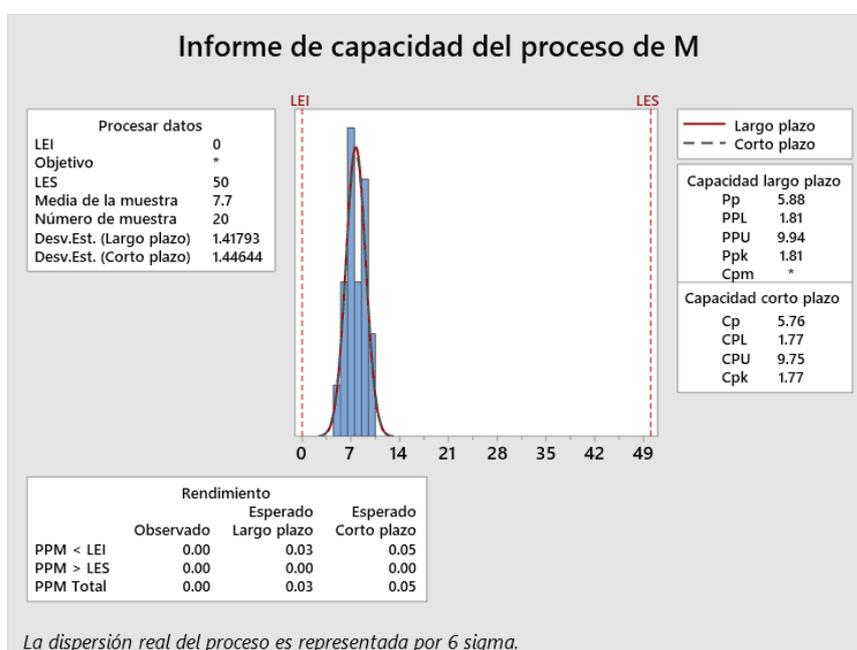
Nitratos	
Límites	0-50
Limites ideales	5-10
Unidad	mg/l
N°	Muestra
1	6
2	8
3	6
4	9
5	9
6	7
7	10
8	9
9	6
10	5
11	10
12	9
13	7
14	7
15	7
16	8
17	8
18	7
19	9
20	7

Ilustración 58: Prueba de normalidad de nitratos



Nota. Como se puede observar en la prueba de normalidad de los nitratos, los datos son normales, ya que el valor p es mayor que 0.05.

Ilustración 59: Cpk de nitratos



Nota. Según lo que se puede deducir de este gráfico es que el índice de capacidad a corto y a largo plazo (Cpk y Ppk), son mayores que uno, por ello, llega a cumplir con los requerimientos mínimos.

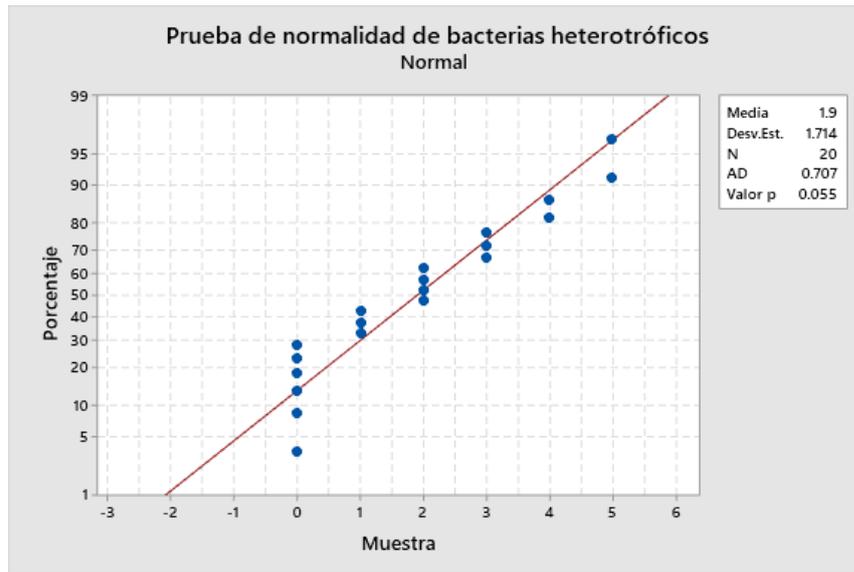
3.6.5.10. Bacterias Heterotróficas

Según lo explicado en SEDACAJ será idealmente que no existan las bacterias heterotróficas, por ello deben ser 0, esta investigación tomará el rango de 0 a 10.

Tabla 39: Nuevos valores de bacterias heterotróficas

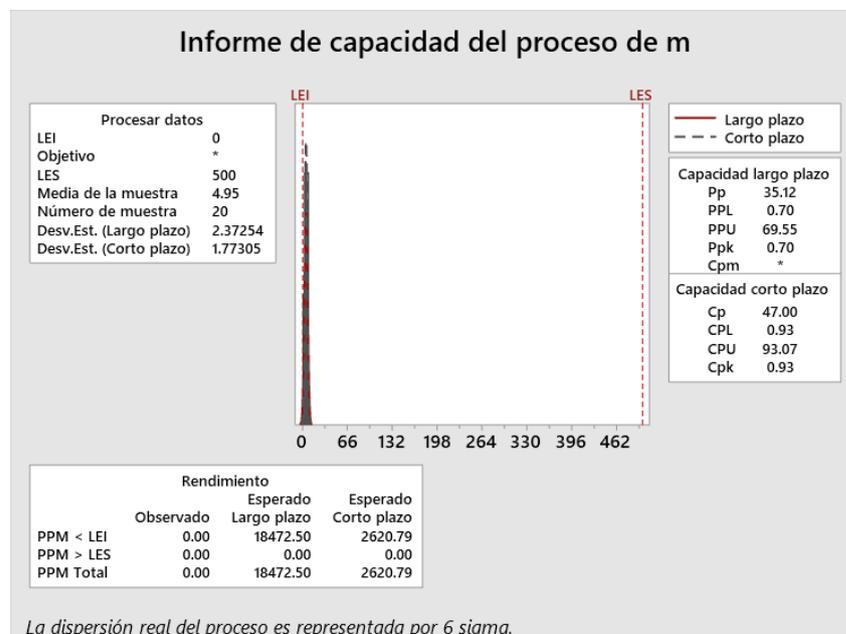
Bacterias Heterotróficas	
Límites	0-500
Limites ideales	0-10
Unidad	UFC/ml
N°	Muestra
1	1
2	5
3	6
4	7
5	3
6	3
7	5
8	8
9	7
10	3
11	4
12	8
13	7
14	8
15	8
16	3
17	1
18	2
19	5
20	5

Ilustración 60: Prueba de normalidad de bacterias heterotróficas



Nota. Como se puede observar en la prueba de normalidad de las bacterias heterotróficas, los datos son normales, ya que el valor p es mayor que 0.05.

Ilustración 61: Cpk de bacterias heterotróficas



Nota. Según lo que se puede deducir de este gráfico es que el índice de capacidad a corto y a largo plazo (Cpk y Ppk), son menores que uno, por ello, no llega a cumplir con los requerimientos mínimos.

3.7. Diseño de mejora de la variable calidad del agua

3.7.1. Diseño de mejora de la dimensión nivel de calidad del agua según la empresa SEDACAJ

Al realizar el six sigma se puede observar una mejora en la calidad, por ello se buscaron los valores ideales de cada determinación. En primer lugar, el nivel de turbiedad, el cual debe estar entre 0 a 5 UNT (unidad nefelométrica de turbidez), se puede observar que idealmente se encuentra en menos que uno, por eso los límites se colocaron entre 0 y 1 UNT. En segundo lugar, el ph o potencial de hidrógeno, que indica el nivel de acidez o alcalinidad, el cual debe encontrarse en el rango de 6.5 a 8.5 y no tiene una medida, podemos ver que idealmente será 7 y los límites que utilizaremos serán de 7 a 7.5. En tercer lugar, el cloro residual libre debe tener un mínimo de 0.5 a 5 miligramo por litro de agua potable, idealmente será 1 y los límites serán 0.5 a 1.

En cuarto lugar, la conductividad, que está entre 0 a 1500 micro siemens por centímetro, idealmente debe ser 300, los nuevos límites serán de 300 a 400. En quinto lugar, el color, está entre 0 a 15 unidades de color verdadero (platino - cobalto), idealmente debe ser 0 y los nuevos límites están entre 0 y 4. En sexto lugar, los cloruros, están entre 0 a 250 miligramos por litro de agua potable, idealmente deben de estar entre 10 a 20. En séptimo lugar, la dureza total, está entre 0 a 500 miligramos por litro de agua potable, idealmente debe de estar entre 75 y 100.

En octavo lugar, los sulfatos están entre 0 a 250 miligramos por litro de agua potable, idealmente debe ser 25, los nuevos límites están entre 10 y 25. En noveno lugar, los nitratos están entre 0 a 50 miligramos por litro de agua, idealmente los límites estarán entre 5 y 10. Por último, las bacterias heterotróficas, están entre 0 a 500 unidades formadoras de colonia por milímetro, idealmente deben ser 0, por ello los límites

serán entre 0 y 10. Los nuevos valores que se obtuvieron a través de la investigación

como diseño de mejora son:

Tabla 40: Valores de calidad con mejoras

Determinación	Unidad	Valores Promedio
Turbiedad	UNT	0.54
Ph	-	7
Cloro residual libre	mg/l	1
Conductividad	us/cm	300
Color	UCV pt/co	0
Cloruros	mg/l	15
Dureza Total	mg/l	90
Sulfatos	mg/l	25
Nitratos	mg/l	8
Bacterias Heterotróficas	UFC/ml	0

Nota. Los nuevos valores promedio, a diferencia de los anteriores, son ideales.

3.8. Matriz de operacionalización de variables con resultados y diseño de mejora

Tabla 41: Matriz de operacionalización de variables con resultados y diseño de mejora

Matriz de Operacionalización de Variables					
Variable	Tipo de Variable	Dimensiones	Indicadores	Resultados diagnósticos	Resultados Mejora
Proceso	Independiente	Producción	Tiempo de ciclo de producción	240	235
			Producción	19008	21319
		Medición de tiempos	Tiempo normal	-	169.2
			Tiempo estándar	-	206.424
		DPMO	DPMO	98000	60000
		Índice de capacidad	Ppk o Cpk		
		Métricas Six sigma	Definir	-	-
			Medir	-	-
			Analizar	-	-
			Mejorar	-	-
			Controlar	-	-
		Calidad del agua	Dependiente	Nivel de Calidad de agua según SEDACAJ	Turbiedad	0.39	0.54
Ph	7.54				7
Cloro residual libre	0.99				1
Conductividad	361				300
Color	3				0
Cloruros	14				15
Dureza Total	174				90
Sulfatos	117				25
Nitratos	5				8
Bacterias heterotróficas	3				0

Tabla 42: Cpk anterior vs Cpk de diseño

Cpk anterior	Cpk nuevo
Turb: 0.69	Turb: 0.80
Ph: 0.43	Ph: 1.40
CRL: 0.01	CRL: 0.45
Cond: 3.40	Cond: 3.43
Color: 0.66	Color: 0.74
Cloru: 1.13	Cloru: 1.55
DT: 3.98	DT: 4.08
Sulf: 0.44	Sulf: 1.28
Nitr: 1.68	Nitr: 1.77
BH: 6.75	BH: 0.93

Nota. En esta tabla encontraremos los datos antiguos y nuevos del índice de capacidad del proceso.

3.9. Análisis económico/financiero

Ilustración 62: Costo por procedimientos

Descripción	Cantidad		Costo S/.		Total S/.
Sistema de dosificación del sulfato de cobre	1	S/	1,000,000.00	S/	1,000,000.00
Sistema de dosificación de cal	1	S/	1,000,000.00	S/	1,000,000.00
Creación de reservorio de agua cruda para época de estiaje	1	S/	2,000,000.00	S/	2,000,000.00
Total				S/.	4,000,000.00

Nota. Estos costos son realizados por única vez, entre ellos podemos encontrar el sistema de dosificación de sulfato de cobre, con el fin acabar con la errónea medida de este químico, luego, podemos observar el sistema de dosificación de cal, ya que la cal es el químico más importante en lo que es calidad del agua, y la creación de reservorio de agua cruda para la época de estiaje.

Ilustración 63: Costo en capacitaciones anuales

Temas	Cantidad		Costo x unidad		Total anual S/.
Capacitación six sigma	5	S/	1,073.00	S/	5,365.00
Auditorías externas	2	S/	700.00	S/	1,400.00
				S/.	6,765.00

Nota. En esta imagen podemos ver que se utilizarán capacitaciones y auditorías para controlar lo que se está aplicando en esta tesis. La capacitación es anual, una para cada trabajador, y las auditorías será dos al año.

Ilustración 64: Costo en el cuidado de la salud anual

Descripción	Cantidad	Costo S/.	Total mensual S/.	Total anual S/.
Protectores faciales	10	S/	2.00 S/	240.00
Mascarillas	75	S/	1.20 S/	1,080.00
Bloqueadores	5	S/	45.00 S/	5,400.00
Total			S/ 335.00	S/ 6,720.00

Nota. Se utilizarán protectores faciales y mascarillas por la coyuntura que se está viviendo, además aplicamos bloqueadores porque el trabajo se realiza en el aire libre, expuesto al sol.

Ilustración 65: Costos en higiene

Descripción	Cantidad	Costo S/.	Total mensual	Total anual S/.
Papel Higiénico	3 paquete	S/	20.00 S/	720.00
Jabón líquido	3	S/	15.00 S/	540.00
Alcohol en gel	3	S/	13.00 S/	468.00
Total			S/ 144.00	S/ 1,728.00

Nota. Se utilizará papel higiénico, jabón líquido y alcohol en gel para la protección de la persona y su cuidado personal.

Ilustración 66: Costo en botiquín

Descripción	Cantidad	Costo S/.	Total anual S/.
Botiquín	1	S/	45.00 S/
Total			S/ 45.00

Nota. Se utilizará un botiquín al año teniendo todo lo necesario para cualquier emergencia.

Ilustración 67: Costos por pintado

Descripción	Cantidad	Costo S/.	Total anual S/.
Pintura para paredes	3	S/ 210.00	S/ 630.00
Total			S/ 630.00

Nota. Se pintarán las paredes una vez al año y se utilizará 3 galones de pintura blanca de 20 litros.

Ilustración 68: Gastos operativos

Descripción	Total min de reparación/día	Total min de reparación/día mejor	Diferencia de min	Costo/min S/.	Total por m ³	Total reparaciones anuales	Total anual
Gastos Operativos	120	30	90	S/ 43.20	S/ 3,888.00	360.00	1,399,680.00
Total						S/.	1,399,680.00

Nota. En los gastos operativos se realiza la comparación entre los minutos que se detiene la producción de agua potable encontrada en los resultados, versus los minutos que se propuso en el diseño de mejora.

Ilustración 69: Costos por incurrir en la propuesta de mejora

COSTOS POR INCURRIR EN EL PROCESO		AÑO 0		AÑO 1		AÑO 2		AÑO 3		AÑO 4		AÑO 5
Sistema de dosificación del sulfato de cobre	S/	1,000,000.00		.....		.....		.....		.....		.....
Sistema de dosificación de cal	S/	1,000,000.00		.....		.....		.....		.....		.....
Creación de reservorio de agua cruda para época de estiaje	S/	2,000,000.00		.....		.....		.....		.....		.....
Capacitación six sigma	S/	5,365.00	S/	5,365.00	S/	5,365.00	S/	5,365.00	S/	5,365.00	S/	5,365.00
Auditorias externas	S/	1,400.00	S/	1,400.00	S/	1,400.00	S/	1,400.00	S/	1,400.00	S/	1,400.00
Protectores faciales	S/	240.00	S/	240.00	S/	240.00	S/	240.00	S/	240.00	S/	240.00
Mascarillas	S/	1,080.00	S/	1,080.00	S/	1,080.00	S/	1,080.00	S/	1,080.00	S/	1,080.00
Bloqueadores	S/	5,400.00	S/	5,400.00	S/	5,400.00	S/	5,400.00	S/	5,400.00	S/	5,400.00
Papel Higiénico	S/	720.00	S/	720.00	S/	720.00	S/	720.00	S/	720.00	S/	720.00
Jabón líquido	S/	540.00	S/	540.00	S/	540.00	S/	540.00	S/	540.00	S/	540.00
Alcohol en gel	S/	468.00	S/	468.00	S/	468.00	S/	468.00	S/	468.00	S/	468.00
Botiquín	S/	45.00	S/	45.00	S/	45.00	S/	45.00	S/	45.00	S/	45.00
Pintura para paredes	S/	630.00	S/	630.00	S/	630.00	S/	630.00	S/	630.00	S/	630.00
TOTAL DE COSTOS	S/	4,015,888.00	S/	15,888.00	S/	15,888.00	S/	15,888.00	S/	15,888.00	S/	15,888.00

Nota. Se puede interpretar la imagen que en el año cero definitivamente la inversión será muy grande; sin embargo, desde el año uno se podrán ver resultados y encontrar ganancias, además de mejorar la calidad del agua en la empresa.

Ilustración 70: Costos por no incurrir en la propuesta de mejora

COSTO POR GASTOS OPERATIVOS		AÑO 1		AÑO 2		AÑO 3		AÑO 4		AÑO 5
Gastos Operativos	S/	1,399,680.00								
COSTO POR GASTOS OPERATIVOS		AÑO 1		AÑO 2		AÑO 3		AÑO 4		AÑO 5
TOTAL DE COSTOS	S/	1,399,680.00								

Nota. Definitivamente, si no se realizan los costos de mejora, la otra opción será mucho más costosa.

Ilustración 71: Flujo de caja neto

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
FLUJO DE CAJA NETO	-4,015,888.00	1,383,792.00	1,383,792.00	1,383,792.00	1,383,792.00	1,383,792.00

Nota. Por último, las ganancias que se encuentran desde año 1 serán muy buena para la empresa SEDACAJ.

Ilustración 72: Tasa de descuento

TASA	9%
-------------	-----------

Nota. La tasa de descuento utilizada en esta investigación será de 9%

Ilustración 73: VAN, TIR e IR

VAN	S/. 5,382,468.30
TIR	21%
IR	S/. 1.34

Nota. Finalmente, se puede observar que la tesis es factible, ya que el VAN es mayor que 0, el TIR es mayor que la tasa de descuento, además, por cada sol invertido se podrá encontrar 0.34 céntimos de ganancia.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Esta investigación tuvo como finalidad demostrar que, al mejorar el proceso de producción del agua potable en la empresa SEDACAJ, encontraremos un aumento en la calidad de esta misma.

En la investigación realizada por Pagano, Torres (2019), de un taller automotriz donde se requiere observar la relación entre procesos y productividad, se indica que en el mantenimiento de 5000 km, la producción pasa de 2.07 a 2.59 vehículos al día, en el mantenimiento de 10000 km, la producción pasa de 1.85 a 2.32 vehículos por día, por último, en el mantenimiento de 40000 km la producción pasa de 0.97 a 1.22 vehículos por día, utilizando la metodología 5's. Así mismo, en la investigación de Atalaya (2016), realizada en una empresa galletera con el fin de mejorar la productividad, se observa que la producción de galletas pasa de 82169.84 a 92083.89 unidades gracias a la metodología 5's, y en nuestra investigación también se puede ver una mejora aplicando six sigma de la producción que pasa de 19008 m³ al día a 21319 m³ al día.

Para el tiempo de ciclo de producción en la investigación de Atalaya (2016), pasó de 137.7 a 129.4 minutos con la aplicación de la metodología 5's, para la investigación de Pagano, Torres (2019), nos presenta también una disminución de tiempos, para 5000 km el tiempo de ciclo pasa de 289.70 a 231.76 minutos, para 10000 km, el tiempo de ciclo pasa de 323.68 a 258.94 minutos, por último, en el mantenimiento de 40000 km el tiempo de ciclo pasa de 616.35 minutos a 493.08. Esto también podemos encontrar en nuestra investigación, ya que se puede observar una disminución en el tiempo de ciclo de 247 minutos a 235 minutos, gracias a la aplicación de la metodología six sigma.

En la investigación que nos presenta Rebaza (2016), sobre la aplicación de un diseño DMAIC para mejorar la calidad en la empresa Postes del Norte S.A – Cajamarca,

podemos observar como una de las dimensiones es DPMO, defectos por oportunidad de millón, al basarse en el diseño DMAIC, se puede observar que esta dimensión disminuye notablemente de 860000 unidades en el resultado a 410000 unidades en el diseño de mejora, al igual que en la investigación de Pastor (2018), sobre implementación de Six sigma para reducir defectos en la empresa RMB, se puede encontrar, también, una disminución de defectos por unidad de millón de 592996.82 a 276506.01 unidades. Por último se puede encontrar también una disminución en nuestra investigación en la que gracias a la aplicación del six sigma pasa de 98000 m³ a 60000 m³.

En la investigación hecha por Pastor (2018), se puede observar como una de las dimensiones es el índice de capacidad de proceso, al implementar el six sigma, se puede observar que aumentó la capacidad del proceso de -0.08 a 0.21. Al igual que la tesis de Pastor, en la investigación de Rebaza (2016), se puede observar como al implementar el six sigma el índice de capacidad de proceso aumenta de -7.41 a 12.21, para nuestra investigación, se ha observado como resultado un aumento en la capacidad de proceso para cada una de nuestras determinaciones empezando por la turbiedad que pasó de 0.69 a 0.80, el ph de 0.43 a 1.40, el cloro residual libre de 0.01 a 0.45, la conductividad de 3.40 a 3.43, el color de 0.66 a 0.74, los cloruros de 1.13 a 1.55, la dureza total de 3.98 a 4.08, los sulfatos de 0.44 a 1.28, los nitratos de 1.68 a 1.77 y las bacterias heterotróficas de 0.32 a 0.93.

Nuestra principal limitación fue la de la coyuntura que estamos viviendo por el COVID – 19, por ello no se obtuvo un acceso libre a la planta y se tuvo que esperar para encontrar los datos necesarios para realizar esta investigación.

Esta tesis tiene como finalidad servir para futuros trabajos sobre six sigma y calidad, ya que se puede encontrar paso a paso como se fue realizando con el fin de conseguir los objetivos. Por último, la empresa SEDACAJ contará con un proyecto de mejora dentro

del área de producción en la planta de “El Milagro”, para poder estudiarlo y decidir si es necesario aplicarlo; sin embargo, al realizar el estado financiero podemos concluir que poner en práctica esta investigación en la empresa sería factible y ahorraría mucho dinero.

4.2 Conclusiones

- Se midió el proceso y la calidad del agua actual de la empresa SEDACAJ – Cajamarca, los resultados del proceso es de 240 minutos en el tiempo de ciclo de producción, 19008 m³ de producción y 98000 m³ de DPMO y el CPK con la turbiedad de 0.69, con PH de 0.43, con cloro residual libre de 0.01, con la conductividad de 3.40, con el color de 0.66, con los cloruros de 1.13, con la dureza total de 3.98, con los sulfatos de 0.44, con los nitratos de 1.68 y con las bacterias heterotróficas de 0.32. En la calidad, tenemos la turbiedad con 0.39 UNT, el PH con 8, el cloro residual libre con 0.99 mg/l, la conductividad con 361 us/ cm, el color con 3 UCV pt/co, los cloruros con 14 mg/l, la dureza total con 174 mg/l, los sulfatos con 117 mg/l, los nitratos con 5 mg/l y las bacterias heterotróficas con 3 UFC/ ml.
- Se diseñó una mejora de proceso en la obtención del agua potable para aumentar la calidad del agua en la empresa SEDACAJ, en donde encontraremos los siguientes resultados, el tiempo de ciclo de 235 minutos, la producción de 21319 m³, el tiempo normal de 19.62 minutos, el tiempo estándar de 206.424 minutos, el DPMO de 60000 m³, el CPK con la turbiedad de 0.80, con PH de 1.40, con cloro residual libre de 0.45, con la conductividad de 3.43, con el color de 0.74, con los cloruros de 1.55, con la dureza total de 4.08, con los sulfatos de 1.28, con los nitratos de 1.77 y con las bacterias heterotróficas de 0.93.
- Se analizó la calidad del agua después de la mejora de proceso en la obtención del agua potable en la empresa SEDACAJ, dando como resultado en la turbiedad 0.54

UNT, en el PH 7.25, en el cloro residual libre 0.72 mg/l, en la conductividad 350 us/cm, en el color 3 UCV pt/co, en los cloruros 15 mg/l, en la dureza total 90 mg/l, en los sulfatos 18 mg/l, en los nitratos 8 mg/l y en las bacterias heterotróficas 5 UFC/ml.

- Se realizó una evaluación económica financiera para evaluar la viabilidad de la mejora de proceso en la obtención del agua potable con la metodología six sigma en la empresa SEDACAJ, y se encontró que el proyecto es viable con un VAN de S/. 5,382, 468.30, mayor que cero, un TIR de 21% mayor que la tasa de descuento de 9%, y un IR de S/. 1.34, refiriéndose que por cada sol invertido hay S/. 0.34 de ganancia.

REFERENCIAS

- Alfaro, G. (2009). *Administración para la calidad total*. México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- ALKEMI. (4 de julio de 2017). *Grupo AGQ Labs*. Obtenido de <https://alkemi.es/blog/agua-potable-nivel-cloro/>
- ANA. (2013). *MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO*. Obtenido de <https://www.ana.gob.pe/contenido/el-agua-en-cifras>
- Anónimo. (2021). *Lean Manufacturing 10*. Obtenido de <https://leanmanufacturing10.com/six-sigma>
- Anónimo. (2021). *Six Sigma Español*. Obtenido de <https://www.sixsigmaespanol.com/training-classes/overview/>
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación*. Caracas: Episteme.
- Atalaya, J. (2016). *PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO DE ELABORACION DE GALLETAS, PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE UNA EMPRESA GALLETERA DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.
- Bautista, J., & Huamán, R. (2018). *PROPUESTA DE MEJORA DE LOS PROCESOS EN LA LÍNEA DE QUESOS Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA INDUSTRIALIMENTARIA HUACARIZ S.A.C. – CAJAMARCA*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.
- Bolaños, J., Cordero, G., & Segura, G. (2017). *Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica)*. Costa Rica: Tecnología en marcha.
- Bravo, J. (2011). *Gestión de Procesos*. Santiago de Chile: Evolución.
- CAJAMARCA, L. A. (2016). *LOS ANDES DE CAJAMARCA*. Obtenido de <https://www.losandes.org.pe/programa-agua-para-cajamarca/>
- Carvajal, G., Valls, W., Lemoine, F., & Alcívar, V. (2017). *Gestión por procesos*. Manta: Mar Abierto.

Casma, J. (13 de mayo de 2015). *EL País*. Obtenido de [https://elpais.com/internacional/2015/05/13/actualidad/1431542093_232345.html#:~:text=Respuesta.,desarrollo%20\(94%20por%20ciento\).&text=Los%20pa%C3%ADses%20con%20el%20menor,%2C%20Ecuador%2C%20Per%C3%BA%20y%20Bolivia.](https://elpais.com/internacional/2015/05/13/actualidad/1431542093_232345.html#:~:text=Respuesta.,desarrollo%20(94%20por%20ciento).&text=Los%20pa%C3%ADses%20con%20el%20menor,%2C%20Ecuador%2C%20Per%C3%BA%20y%20Bolivia.)

Castaño, A., & Vélez, D. (2016). IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE CALIDAD EN EL PROCESO DE INYECCIÓN DE UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE PLÁSTICOS, UBICADA EN LA CIUDAD DE CALI. Cali, Colombia: UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA CALI.

Cerati, G. (1997). [Grabado por G. Cerati]. Argentina.

Cerati, G. (1999). [Grabado por G. Cerati]. Argentina.

Contreras, F., Olaya, J., & Matos, F. (2017). *GESTIÓN POR PROCESOS, INDICADORES Y ESTÁNDARES PARA UNIDADES DE INFORMACIÓN*. Lima: HECHO EL DEPOSITO LEGAL EN LA BIBLIOTECA NACIONAL DEL PERU.

Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F: Mc Graw - Hill.

Gómez, L. (2009). *Indicadores de calidad del agua*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6166/1/INDICADORES%20DE%20CALIDAD%20DEL%20AGUA%20EXPOSIC.pdf>

Grupo corsa. (25 de julio de 2019). *Todo lo que debes saber sobre el PH del agua potable*. Obtenido de <https://corsa.es/todo-lo-que-debes-saber-sobre-el-ph-del-agua-potable/>

Herrera, B., & Vilcamisa, P. (2016). APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA PARA MEJORAR EL PROCESO DE REGISTRO DE MATRÍCULA, EN LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL PERÚ. Lima, Perú: Universidad Autónoma del Perú.

Hueso, A., & Cascant, J. (2012). *Metodología y técnicas cuantitativas de investigación*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Medina, J. (2017). Aplicación de la metodología del Seis Sigma en la mejora de la calidad del servicio de mantenimiento industrial en la empresa J Ingenieros S.A.C, San Isidro, 2017. Lima, Perú: Universidad César Vallejo.

- Minitab. (2019). *Minitab* 18. Obtenido de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/how-to/normality-test/interpret-the-results/key-results/>
- Navarro, E., Gisbert, V., & Pérez, A. (2017). *Metodología e implementación de six sigma*. Valencia: 3C Empresa: investigación y pensamiento crítico.
- OMS. (2006). *Guías para la calidad del agua potable*. Obtenido de https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf
- Pagano, A., & Torres, J. (2019). *“PROPUESTA DE MEJORA DE PROCESOS EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCTIVIDAD - CAJAMARCA”*. Cajamarca: Universidad privada del Norte.
- Pardo. (2019). Propuesta de implementación del modelo six sigma para mejorar el proceso de manejo y control de desperdicios de materia prima en la empresa Cartones America. Bogotá, Colombia.
- Pastor, L. (2018). *PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN APLICANDO LA METODOLOGÍA SIX SIGMA PARA REDUCIR DEFECTOS EN LA EMPRESA RMB SATECI S.A.C.* Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte.
- Rebaza, M. (2016). *“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE SIX SIGMA, A TRAVÉS DEL MODELO DMAIC PARA LA MEJORA DE CALIDAD DEL PRODUCTO EN LA EMPRESA POSTES DEL NORTE S.A-CAJAMARCA”*. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte.
- Ricardo. (12 de 02 de 2014). *Slideshare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/rogerancho/10pdiagramadeanalisisdeprocesodap#:~:text=1.,durante%20un%20proceso%20o%20procedimiento.>
- Salud, O. P. (2005). *GUÍAS PARA EL DISEÑO DE RESERVORIOS ELEVADOS DE AGUA POTABLE*. Lima.
- SEDACAJ, E. (2012). *SEDACAJ*. Obtenido de <https://www.sedacaj.com.pe/>
- Tarí, J. (2000). *Calidad Total: Fuente de ventaja competitiva*. Murcia: Espagráfic.

UNICEF, O. (2015). OMS. Obtenido de
https://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/jmp-2015-key-facts/es/#

Waterboards. (2018). GAMA. Obtenido de
https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130sp.pdf

ANEXOS

Anexo N°1

Entrevista al personal de la empresa SEDACAJ:

Fecha: 11/01/2021

Objetivo: Conocer datos que podrían ayudar en esta investigación.

¿Cuáles son los parámetros para medir la calidad?

Turbiedad, PH, cloro residual libre, conductividad, color, cloruros, dureza total, sulfatos, nitratos y bacterias heterotróficas.

¿Cuánto de trabaja en la producción de agua potable?

24 horas

¿Existe algún desperdicio?

Existe una pérdida de agua por gastos operativos de dos horas al día, que se relaciona con el retro lavado de filtros y el manteniendo del sedimentador.

¿Cuál es el proceso que siguen para la obtención de agua potable?

Se capta el agua, se separan los materiales, se mide el volumen del caudal, se realiza la coagulación, la floculación, sedimentación, filtración, desinfección y un control de calidad.

¿Cuánto es su producción?

240 litros por segundo.

¿Cuántas personas trabajan?

Cinco personas.

Modelo de análisis químico y bacteriológico con el fin de medir la calidad del agua

ANALISIS FISICO QUIMICO Y BACTERIOLOGICO

MES : JULIO

AÑO : 2015

REDES DE DISTRIBUCIÓN, RESERVORIOS Y SALIDA DE PLANTAS DE TRATAMIENTO

FECHA DE MUESTREO : 16 - 07 - 2015

DETERMINACION	UNIDAD	LMP	MUESTRAS										
			SAS	EMS	RA2	RA3	RA4	RDA1	RDA2	RDA3	RDA4	RQL	CMR
TURBIEDAD	UNT	5	0.48	0.35	0.24	0.16	0.40	0.63	0.47	0.23	0.26	4.28	2.73
pH	-	6.5 - 8.5	8.35	7.00	7.20	8.39	7.20	8.28	7.27	8.26	7.16	8.53	7.53
CLORO RESIDUAL LIBRE	mg/L	5 (1)	0.84	1.56	1.22	0.77	1.12	0.77	1.25	0.73	1.03	-	-
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	1500	341	360	347	322	350	356	373	343	393	324	339
COLOR	UCV, P/Co	15	2	1	1	1	1	1	2	1	3	20	17
CLORUROS	mg/L	250	12	18	18	10	16	10	18	12	18	10	14
DUREZA TOTAL	mg/L	500	184	170	170	188	174	192	172	188	176	188	190
SULFATOS	mg/L	250	7.0	156.0	151.0	7.0	152.0	16.0	163.0	9.0	153.0	18.0	132.0
NITRATOS	mg/L	50	3	6	5	3	5	3	4	3	5	3	7
COLIFORMES TOTALES	UFC/100mL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	UFC/100mL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
BACTERIAS HETEROTROFICAS	UFC/mL	500	3	3	3	2	3	3	4	3	4		

UCV = Unidad de Color Verdadero

UNT = Unidad Nefelométrica de Turbiedad

UFC = Unidades Formadoras de Colonias (Técnica de Filtro de Membrana)

(1) Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0.5 mg/L.

PUNTOS DE MUESTREO

SAS : Salida Planta Santa Apolonia - Hora: 08:45 a.m.

EMS : Salida Planta El Milagro - Hora: 11:55 a.m.

RA2 : Reservoirio N° 2 - Hora: 09:10 a.m.

RA3 : Reservoirio N° 3 - Hora: 08:15 a.m.

RA4 : Reservoirio N° 4 - Hora: 09:40 a.m.

RDA1 : Jr. Mariscal Caceres N° 237 - Hora: 10:15 a.m.

RDA2 : Jr. Miraflores Cda. 2 - Mercado Santa Rosa - Hora: 11:00 a.m.

RDA3 : Prol. Petateros N° 2359 - Hora: 10:00 a.m.

RDA4 : Psje. La Justicia A-26 - Hora: 10:35 a.m.

RQL : Captación Río Ronquillo - Hora: 08:30 a.m.

CMR : Camara de Reunión - Planta El Milagro - Hora: 11:45 a.m.

RPO : Captación Río Porcón

RGR : Captación Río Grande

PUNTO DE MUESTREO	COLIFORMES TOTALES NMP/100mL	COLIFORMES TERMOTOLERANTES NMP/100mL
RQL	<3	<3
RPO	9.3×10^3	4.3×10^3
RGR	4×10^2	<3
CMR	4.3×10^3	4×10^2

NMP = Número Más Probable de coliformes (Técnica de Tubos Múltiples)

Nota. Extraído de la página de SEDACAJ.

Ubicación EPS SEDACAJ



Nota. Extraído de la página de SEDACAJ.

Imágenes de laboratorio de calidad de la empresa SEDACAJ



Nota. Extraído de la página de SEDACAJ.



Nota. Extraído de la página de SEDACAJ.

Imágenes del proceso de agua potable en la empresa SEDACAJ





