

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES**

**UCC – CAMPUS MANAGUA**



**COORDINACIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Culminación de pensum**

**Proyecto de Graduación para optar al título de grado Ingeniero Industrial**

**METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA PARA LA MEJORA DE CALIDAD EN  
PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE AGUA EMBOTELLADA EN LA CIUDAD  
DE MANAGUA. ENERO A JUNIO 2024.**

**ELABORADO POR:**

Br. Davis Gerson Pérez Manzanares.

Br. Carlos Fidel Espinoza Morales.

Br, Andy Uriel Cortedano Jarquín.

**NOMBRE DEL TUTOR:**

MSc. Ing. José María Silva Guzmán

**Managua, Nicaragua**

Por nuestro Prestigio, Trayectoria y Calidad. Somos la Universidad de la Gente que

Triunfa

## **DEDICATORIA**

Dedicamos esta tesis principalmente a Dios, por permitirnos haber llegado hasta este punto de nuestra educación universitaria.

Dedicamos este trabajo de tesis a nuestros padres, quienes han sido nuestro mayor apoyo. Su amor, dedicación y sacrificio han sido la base de nuestra educación y el motor que impulsa nuestros logros. A mi familia, por su aliento y comprensión en cada etapa de nuestra vida. A las personas que nos han dado su apoyo incondicional a lo largo de los años que hemos compartido.

A la universidad de Ciencias Comerciales Managua, por habernos dado la oportunidad de poder recibir nuestros estudios académicos de la carrera de ingeniería industrial ya que es una herramienta fundamental para nuestro futuro.

A cada uno de los docentes que nos brindaron el don del conocimiento mediante cada una de sus enseñanzas a lo largo de estos años de estudio.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, a Dios, por ser nuestro maestro principal y guía, por darnos el entendimiento a lo largo de este tiempo de estudio.

Agradecemos a los profesores, mentores y compañeros. Cuya guía, apoyo y compañerismo han sido fundamentales en nuestro desarrollo académico, personal y profesional. Sus enseñanzas y consejos han dejado una marca en mi camino hacia el conocimiento.

A los amigos, por estar siempre presentes, brindándome momentos de alegría y distracción que han sido vitales para mantener el equilibrio en nuestra vida. Agradecemos su comprensión, paciencia y amistad.

En este viaje llamado vida, agradezco profundamente a aquellos que con su conocimiento y consejo han enriquecido mi camino. Sus palabras han sido faro en los momentos de incertidumbre, guiándome con sabiduría y claridad.

Por todo esto y más, nuestro más profundo agradecimiento a quienes han sido guías y maestros en este viaje hacia el entendimiento y la sabiduría.

Con sincero aprecio y gratitud.

## ÍNDICE

ÍNDICE.....	3
RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	6
INTRODUCCIÓN.....	9
1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
1.1. Antecedentes y Contexto del Problema.....	10
1.2. Objetivos del Proyecto.....	13
1.3. Descripción del problema y Preguntas de Investigación.....	14
1.4. Justificación.....	16
1.5. Alcance y limitaciones del Proyecto.....	18
2. CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL.....	19
2.1. Marco teórico.....	19
2.2. Marco conceptual.....	20
3. CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO.....	53
3.1. Tipo de investigación del proyecto.....	53
3.2. Área de estudio. Macro y Micro localización.....	54
3.3. Unidad de análisis. Población y Muestra.....	54
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	55
4. CAPITULO IV. RESULTADOS.....	57
4.1. Fase de definición del estatuto del proyecto Lean Six Sigma.....	57
4.2. Fase de medición del proyecto Lean Six Sigma.....	64
4.3. Análisis de los resultados estadísticos.....	83
5. CAPITULO V. CONCLUSIONES.....	94
6. CAPITULO VI. RECOMENDACIONES.....	95

## **RESUMEN**

El proyecto Six Sigma tiene como objetivo principal reducir los costos de no calidad asociados a la merma de agua embotellada. Se plantea disminuir las incidencias microbiológicas del producto final, pasando del 1.57% al 0.79% de defectos, lo que generaría un ahorro estimado de U\$21,133.70. Para lograrlo, se ha implementado un enfoque metodológico cuantitativo y descriptivo, utilizando herramientas estadísticas como la regresión múltiple y cartas de control.

Los resultados obtenidos muestran que el proceso actual no es capaz de cumplir con las especificaciones de microbiología. Se han realizado ajustes en los procesos de saneamiento, incluyendo la aplicación de detergentes alcalinos y sanitizantes ácidos, lo que ha mejorado los resultados en las últimas semanas. Además, se están identificando y eliminando puntos muertos en la ruta del agua para reducir los repuntes microbiológicos.

En resumen, el proyecto ha permitido no solo mejorar la calidad del producto y reducir los costos asociados a las mermas de agua, sino también fortalecer la cultura de calidad en toda la organización y mejorar la eficiencia del proceso de producción de agua embotellada.

Palabras claves:

Six Sigma, costos de no calidad, optimización de procesos, cultura de calidad, eficiencia del proceso.

## **ABSTRACT**

The Six Sigma project aims to reduce non-quality costs associated with bottled water loss. It aims to decrease microbiological incidents in the final product, reducing defects from 1.57% to 0.79%, leading to an estimated savings of \$21,133.70. To achieve this, a quantitative and descriptive methodological approach has been implemented, utilizing statistical tools such as multiple regression and control charts.

The results show that the current process fails to meet microbiological specifications. Adjustments have been made to sanitation processes, including the use of alkaline detergents and acidic sanitizers, resulting in improved outcomes in recent weeks. Additionally, dead spots in the water route are being identified and eliminated to reduce microbiological spikes.

In summary, the project has not only improved product quality and reduced water loss costs but also strengthened the culture of quality throughout the organization and enhanced the efficiency of bottled water production process.

Keywords:

Six Sigma, non-quality costs, process optimization, quality culture, process efficiency.

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES  
UCC – SEDE MANAGUA**



**COORDINACIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Curso de Culminación de Estudio para optar al título de Licenciado en  
Ingeniería Industrial.**

***AVAL DEL TUTOR***

Yo, **Msc. José María Silva Guzmán** tengo a bien

**CERTIFICAR**

**Que:** El Proyecto de Investigación con el título: “**Metodología lean six sigma para la mejora de calidad en procesos de producción de agua embotellada en la ciudad de managua. enero a junio 2024.**”, elaborado por los estudiantes: **Br. Davis Gerson Pérez Manzanares, Br. Carlos Fidel Espinoza Pomares y Br. Andy Uriel Cortedano Jarquín** ha sido dirigida por los suscritos.

Al haber cumplido con los requisitos académicos y metodológicos del trabajo monográfico, doy fe de conformidad a la presentación de dicho trabajo de culminación de estudios para proceder a su lectura y defensa, de acuerdo con la normativa vigente del Reglamento de Régimen Académico Estudiantil y Reglamento de Investigación, Innovación y Transferencia.

Firmo el presente aval en la Universidad de Ciencias Comerciales a los nueve días del mes de junio del año dos mil veinticuatro.



---

**Ms. José María Silva Guzmán**  
**Tutor Técnico**



---

**Ms. José María Silva Guzmán**  
**Tutor Metodológico**



## INTRODUCCIÓN

La optimización de la calidad del producto es fundamental en cualquier empresa para garantizar la satisfacción del cliente y la eficiencia operativa. En este contexto, presentamos el proyecto Six Sigma orientado a la reducción de los costos de no calidad asociados a la merma de agua embotellada. Con un enfoque metodológico cuantitativo y descriptivo, este estudio se propone analizar exhaustivamente las variables que influyen en la incidencia microbiológica del producto final.

El análisis inicial revela que el 63.10% de los costos de eventos de no calidad se atribuyen a las mermas de agua pura, lo que representa un desafío significativo para la empresa. Con el objetivo de reducir las incidencias microbiológicas en el producto final, se plantea un objetivo específico: disminuir el porcentaje de defectos del 1.57% al 0.79%, lo que generaría un ahorro estimado de U\$21,133.70 al finalizar el proyecto.

El diseño metodológico se basa en un enfoque cuantitativo para el análisis de datos recopilados a lo largo de 4 meses de muestreo en la ruta de agua, desde los pozos hasta la línea de producción. Se utilizarán herramientas estadísticas como la regresión múltiple y cartas de control para identificar variables influyentes y evaluar la capacidad del proceso.

A través de este proyecto, no solo buscamos mejorar la calidad del producto y reducir los costos asociados a las mermas de agua, sino también fortalecer la cultura de calidad en toda la organización. Este proyecto detalla el enfoque metodológico propuesto, los objetivos planteados y las estrategias para lograr una mejora significativa en la calidad y eficiencia del proceso de producción de agua embotellada

# CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

## 1.1. Antecedentes y Contexto del Problema

Según (Sampieri, 2014) , el antecedente es la información que identifica y describe la historia y el problema que se investiga sobre la literatura existente.

En el campo nacional, regional e internacional se muestran los siguientes estudios en relación con la investigación planteada:

### 1.1.1. Internacional

De La Cruz, (2022), Perú, publicó su estudio “Metodología Lean Six Sigma y su incidencia en el Control de Proyectos en una Empresa Constructora, Lima 2021”, concluyendo que la Metodología Lean Six Sigma incide en 15.1 % en el Control de Proyectos, asimismo incide en 21.2% en la dimensión planificación, 19% en la dimensión costo y 21.2% en la dimensión Cronograma. Igualmente, reafirmó la necesidad de programas establecidos en donde se puedan dar capacitaciones para que los colaboradores de la empresa puedan aumentar los conocimientos de la metodología Lean Six Sigma y poder tener un correcto manejo de Control de Proyectos (De La Cruz, 2022).

El estudio de Arleroth & Kristensson, (2011), Suecia, para la titulación de Máster en Supply Chain Management: “Waste in Lean Construction; a case study of a PEAB construction site and the development of a Lean Construction Tool”. En este se desarrolló una herramienta que unifica conceptos de Lean para identificar y medir el desperdicio mediante el Value Stream Mapping, entrevistas y observaciones. La herramienta recomienda el uso del proceso de resolución de problemas de Toyota y/o el diagrama de Ishikawa. Asimismo, la aplicación de Lean permite determinar en qué orden deben ser reducidos los desperdicios y el establecimiento de KPIs apropiados. Lo anterior permite mejoras en la eficiencia de las actividades constructivas, menores costos operacionales, mayores márgenes de rentabilidad y menor daño ambiental (Arleroth & Kristensson, 2011).

### **1.1.2. Regional**

A nivel regional se encontró la investigación perteneciente (Arias et al, 2021), llamada “Implementación de TPM en una industria química” que ha demostrado ser una herramienta esencial para mejorar la eficiencia operativa, la calidad del producto y la seguridad en el lugar de trabajo. El TPM es una filosofía de gestión que busca la participación de todos los miembros de una organización en la mejora continua de los procesos de producción y mantenimiento. El alcance del estudio es de carácter descriptivo y exploratorio, con un enfoque cuantitativo ya que utiliza, por un lado, la recolección de datos a través de encuestas que permitirán conocer el perfil de los operarios.

Detalla elementos relacionados con la gestión de capacidades y competencias en una organización. Se hace referencia a un formato de lección punto a punto, donde se detallan aspectos como la fecha, el área, la línea, el instructor, los participantes, entre otros. También se mencionan fichas de equipos en un software llamado PMC. Además, se habla de la evaluación de programas vigentes, la elaboración de un programa para la mejora de capacidades, el sistema de formación de capacidades a largo plazo y la estimulación del autodesarrollo. Por último, se muestra una matriz de identificación de competencias.

Realiza una evaluación de programas vigentes y para la mejora de capacidades sistema de formación a largo plazo, estimulación del autodesarrollo, evaluación de actividades y planificación futura.

Estos factores sugieren que el documento menciona la importancia de evaluar y mejorar las habilidades y competencias de los empleados de una organización a través de programas de formación y desarrollo a largo plazo, desarrollo personal y evaluación continua. También se menciona la propuesta de documentos, la evaluación de resultados y la recomendación de desarrollo de capacidades, habilidades de acuerdo a las necesidades identificadas.

### **1.1.3. Nacional**

Ruiz, S., & Sandino, M. (2013). Realizó una investigación con el tema: Propuesta metodológica para la gestión de residuos en la industria azucarera usando Lean Manufacturing

En el proceso, se realizó un diagnóstico para conocer el manejo dado a los residuos de cada etapa del proceso, mediante la recopilación de información en algunos ingenios azucareros del Valle del Cauca; luego, se diseñó la propuesta metodológica del plan de lean manufacturing

El trabajo realizado incluyó las etapas de diagnóstico, fuentes de generación y clasificación de residuos; identificación de la estrategia a seguir, determinación del tratamiento o destino, determinación del transporte y almacenamiento, medición y control.

La difusión de las técnicas de gestión Lean ha venido acompañada de los conceptos de “excelencia en fabricación” o “empresa de clase mundial”. El conocimiento de los objetivos que implican estos conceptos es muy conveniente de cara a iniciarse en las nuevas técnicas, clave para la competitividad de las empresas. Desde el punto de vista de “excelencia” las empresas que desean competir con éxito en el mercado actual deben plantearse los siguientes objetivos:

- Diseñar para “fabricar”.
- Reducir los tiempos de preparación de máquinas para incrementar la flexibilidad y disminuir los plazos de ejecución.
- Lograr una distribución de la planta que asegure un bajo inventario, minimice recorridos y facilite el control directo por visibilidad.
- Usar la tecnología para disminuir la variabilidad del proceso.

## **1.2.Objetivos del Proyecto**

### **1.2.1. Objetivos General**

Aplicar la metodología Lean Six Sigma para el establecimiento de un plan de mejora de la calidad en el proceso de producción de envasado de agua mediante el uso de la herramienta DMAIC.

### **1.2.2. Objetivos Específico**

Definir un estatuto de proyecto Lean Six Sigma para la determinación de la variable de respuesta Y así como sus variables independientes X mediante un diagrama de SIPOC.

Medir las variables independientes X que se han determinado para el entendimiento del impacto en el resultado de la calidad del proceso de producción mediante un análisis de capacidad de procesos Cp y Cpk.

Analizar los resultados estadísticos para el establecimiento de una propuesta de mejora práctica en los resultados de calidad mediante la herramienta de regresión múltiple y cartas de control.

### 1.3.Descripción del problema y Preguntas de Investigación

La compañía tiene elevados costos de no calidad asociados a diferentes variaciones en los procesos de producción. En el 2023 este indicador ha incrementado 660% en comparación al 2022 como lo muestra el gráfico 1 y se ha identificado que la participación de agua pura embotellada representa el 63.10% de dicho incremento (ver gráfico 2).

Actualmente la compañía produce en promedio 102,576.00 cajas físicas cada mes de agua embotellada en presentaciones de 600 ml, 1000 ml y 2000 ml.

A la fecha en el 2024 se ha contabilizado un rechazado total de 16,441 cajas físicas de agua embotellada que representan U\$42,267.00 los cuales se detallan por presentación en la tabla 1.

Tabla 1. Detalle de merma por sku

<b>Merma Acumulada 2023</b>				
<b>SKU</b>	<b>Producción</b>	<b>Merma</b>	<b>%</b>	<b>Costo Total</b>
PRESENTACIÓN 600 ML	351254.00	11124.00	3.17%	\$ 33,483.24
PRESENTACIÓN 1000 ML	131337.00	654.00	0.50%	\$ 1,275.30
PRESENTACIÓN 2000 ML	285325.00	3787.00	1.33%	\$ 5,642.63
EXPORTACIÓN 600 ML	257844.00	576.00	0.22%	\$ 1,866.24
<b>Total General</b>	<b>1025760.00</b>	<b>16141.00</b>	<b>1.57%</b>	<b>\$42,267.41</b>

#### **Preguntas de investigación:**

- ¿Cuáles son las brechas actuales que la empresa tiene para mejorar con un sistema Lean Six Sigma?

- ¿Es el modelo Lean Six Sigma adecuado para esta empresa?

## 1.4. Justificación

Con este proyecto se pretende reducir al 50% los costos de no calidad en agua pura embotellada, lo cual implica un ahorro de U\$21,133.70 en concepto de mermas y garantizar el abastecimiento a la bodega de producto terminado.

Por otro lado, se espera que el rendimiento de la producción de agua incremente a 99.21%, con un nivel sigma de 3.9 y un DPMO de 8,198.00 (ver tabla 2).

Tabla 2. Cálculo del nivel sigma y DPMO

<b>Situación actual</b>	
% Defectos	1.57%
% Calidad	98.43%
Nivel Sigma	3.6
DPMO	17,864

<b>Proyecto</b>	
% Defectos	0.79%
% Calidad	99.21%
<b>Nivel Sigma</b>	<b>3.9</b>
<b>DPMO</b>	<b>9,198</b>

Lean Six Sigma ofrece herramientas probadas para la identificación y eliminación de ineficiencias, la estandarización de procesos y la mejora continua. Esto es particularmente relevante en la industria azucarera, que se caracteriza por operar con márgenes ajustados y enfrentar desafíos en términos de eficiencia y calidad. La aplicación de Lean Six Sigma puede conducir a una mayor productividad, reducción de costos, mayor satisfacción del cliente y una posición más competitiva en el mercado.



Desde una perspectiva metodológica, la justificación de este tema se apoya en la necesidad de contar con un enfoque riguroso y estructurado para llevar a cabo la investigación y el diseño de la nueva estructura organizacional. Lean Six Sigma proporciona un marco metodológico sólido que incorpora métodos cuantitativos, herramientas de análisis de datos y un enfoque sistemático para abordar problemas y mejorar procesos.

La metodología Lean Six Sigma permite una investigación estructurada y basada en datos, lo que garantiza la objetividad en la toma de decisiones. Además, su enfoque en la mejora continua y la definición de métricas claras de desempeño garantiza que los resultados de la investigación sean medibles y tangibles. Esto es esencial para evaluar el impacto de la nueva estructura organizacional en la eficiencia y la calidad de los procesos productivos.

En resumen, desde una perspectiva metodológica, la justificación se basa en la necesidad de adoptar un enfoque científico y estructurado que garantice la efectividad de la investigación y el diseño propuestos, y que permita una implementación exitosa de mejoras en la organización. La metodología Lean Six Sigma proporciona un marco sólido para lograr estos objetivos.

## 1.5. Alcance y limitaciones del Proyecto

Dentro del alcance de la investigación se incluyen los siguientes pasos de la metodología DMAIC:

DEFINIR: La fase de definición de DMAIC comienza con una pregunta: “¿Qué problema le gustaría solucionar?” Para responder a esta pregunta, el equipo debe elaborar una carta del proyecto, un documento vivo que lo abarque todo y que describa una declaración del problema, una declaración de objetivos y un cronograma. Su equipo utiliza el estatuto del proyecto para aclarar cosas como los problemas que se investigan, por qué los está examinando y cómo debería ser un resultado exitoso.

MEDIR: La fase de medición de DMAIC le muestra cómo se está desempeñando su proceso actual, lo que resalta la magnitud de los problemas. Se trata de recopilar sus datos para su análisis. Antes de discutir los procesos de la fase de medición, repasemos algunas definiciones clave.

ANALIZAR: La fase de análisis de DMAIC responde a la pregunta: “¿Qué está causando el problema?” Aquí es donde su equipo llega a las causas verdaderas de los problemas haciendo un análisis de causa raíz. La idea detrás de la fase de análisis no es implementar soluciones sino resolver problemas.

Para este proyecto la limitación está dada por la confidencialidad de la empresa y que las fases de Mejora y Control de la metodología no serán implementadas por tiempo.

## CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL

### 2.1.Marco teórico

#### 2.1.1. Estado del arte

Tabla 1:Estado del arte

<b>Base de datos científicas utilizadas.</b>	<b>No. De publicaciones relacionadas con la investigación de acuerdo con la base de datos</b>	<b>No. De Publicaciones con mayor reconocimiento científico</b>	<b>Tipos de publicaciones identificadas</b>
Google Académico.	Aproximadamente 16,000 resultados	4 publicaciones encontradas citadas entre 22 - 162 veces.	Artículos de revisión Otros tipos de publicación
Scielo	Resultados: 54	3 publicaciones citables.	Colección Revista
Dialnet	Resultados: 182	1600 publicaciones citables.	Tesis, Artículos de revista, Artículos de libros.

Nota: La información de la tabla contiene la información de la implementación de la metodología del DMAIC en la industria.

Tabla 2: Síntesis de Propuestas conceptuales

Fuente: Elaboración grupal

## **2.2.Marco conceptual**

Este trabajo pretende dar una visión más detallada sobre la metodología Lean Six Sigma y brindarles a las personas que han tomado la decisión de implementar la Manufactura Esbelta o Six Sigma, una nueva opción que les permita reducir los costos de capacitación e implementación debido a que unifica criterios de ambas metodologías.

### **2.2.1. Fundamentos de la calidad**

La finalidad de darle un sentido homogéneo a la palabra calidad es para eliminar la ambigüedad en el uso de esta, por tanto, se presentan las siguientes definiciones:

Etimológicamente procede del vocablo griego kalos que significa: bueno, hermoso, noble, honesto, el placer y la felicidad, y del latín qualitas, que significa calidad. Si se aplica este término a los productos industriales puede producir confusión por no ser entendido por todos de igual modo; por lo que se le añade un adjetivo: calidad buena, mala, alta, baja, superior, inferior, entre otros, que le aporta el contenido de grado que necesita para que desaparezca la confusión (Kindwell, 1971)

El término castellano calidad está definido por la Real Academia Española de la Lengua como: " Propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor,"(R.A.E. 2014).

Por otra parte, la International Standar Organization (ISO) en su norma 8402, define la calidad como: "el conjunto de características de una entidad que le confieren la aptitud para satisfacer las necesidades establecidas o implícitas". Esta definición, junto con la norma ISO 9000, ha permitido la armonización a escala mundial y ha supuesto el crecimiento del impacto de la calidad en el mercado internacional (Jiménez, 1996).

Por otro lado, hay que destacar la gran cantidad de disciplinas que se han ocupado de ella (Garvin, 1984). De ahí que Quintanilla (1998), planteara el concepto de calidad como "es uno de esos que todo el mundo entiende, aunque nadie sabe definirlo".

En la actualidad, nadie identifica ya la calidad en base a un lujo, la complicación, el tamaño, la excelencia, el brillo, el peso, o que la calidad es intangible. La calidad es una característica fundamental, que hoy exige el cliente a todos los productos que adquiere; de ahí que los sistemas de calidad hayan experimentado en estos últimos años un gran desarrollo, desde que las empresas descubrieron que era posible conseguir productos de buena calidad sin tener que incrementar los costos para obtenerla, actuando preventivamente y responsabilizando al personal en la obtención de la misma. La calidad se ha convertido en uno de los pilares básicos sobre los que se ha cimentado la competitividad de las empresas; más aún, en un mercado tan competitivo como el actual, donde el fabricar productos sin defectos es un requisito imprescindible para poder trabajar en el mismo.

Si bien la calidad y los sistemas de mejora continua son temas muy polémicos y aún hay mitos o falsas creencias. Existen compañías que creen que la calidad no les atañe, o que creen que ésta es una moda que, como otras, pasará (Adamson, 1989); otras empresas sólo buscan un papel, en donde se certifique que tienen calidad, para su utilización simplemente comercial y para poder lucir en sus catálogos que disponen de productos de calidad. Mientras que algunas creen que sólo es un costo extra y que genera burocracia.

Hay instituciones que deciden implantar los sistemas de forma autoritaria, forzándolo. Mientras tanto, otras que creen que la calidad simplemente es una receta que se compra y se toma, y a partir de ese momento todos los problemas de la organización se solucionan de forma milagrosa.

En ambos casos, las expectativas se verán defraudadas, ya que fallará la implantación del sistema de calidad y sus objetivos no se verán cumplidos; entre otras cosas porque no se verán afectadas las actitudes y los valores de las personas que integran la organización, en este sentido Blanco (1995), manifiesta: "un proceso de mejora fundamentado en bases poco sólidas no acostumbra a tener éxito, ya que no se dan las condiciones precisas para el cambio cultural que la organización debe experimentar".

En otras ocasiones, cuando una empresa decide implantar el sistema de calidad sólo lo hace de forma parcial, en algunas de las cuestiones que le parecen más apropiadas. Esto sólo puede llevar a un gran fracaso, ya que para la implantación del sistema de calidad se requiere una visión global, que cambie profundamente la cultura de la organización y afecte a todas y cada una de las actividades (Pérez, 1986), para ello será necesario un periodo de implantación bastante largo.

Las normas ISO 9000, son sólo un modelo para el aseguramiento de la calidad y no abarcan lo que se entiende por una gestión de la calidad total, por lo que sólo asegura al comprador un nivel de calidad adecuado en el bien o servicio que adquiere (Rotgeri, 1996), sin embargo, esto no significa que las empresas que tienen el certificado de ISO 9000 no estén identificadas con los sistemas de gestión de calidad total y con la mejora continua. Aunque, el hecho de tener la certificación no asegura la gestión integral de un sistema de calidad total, ya que el estar certificadas ya es un síntoma de que estas empresas tienen una conciencia mayor de la calidad.

Mientras que también pueden existir empresas no certificadas que estén muy involucradas en la gestión de la calidad total. Lo que nunca se debe de permitir es que la certificación sea como un trámite engorroso que hay que soportar porque así lo exigen los clientes; lo cual llevará a pensar que la calidad es sinónimo de algo molesto, caro y burocrático, que exige mucha documentación y que consume mucho tiempo.

En base a lo planteado anteriormente, se difiere con Prado y Fernández (1999) que opinan que para las Pymes el desarrollo de un sistema de calidad normalmente se entiende como una inversión que incrementa el costo de los productos, pero que se debe de acometer para obtener la certificación en calidad por exigencia de los clientes, y no se aprecian los potenciales beneficios de este proceso. No parece ser así en las empresas del estudio realizado por Climent y Escuder (2001), realizado en empresas que disponen del certificado de calidad ISO 9000 en la Comunidad Valenciana, en el que se pone de manifiesto que, aunque sí que hay empresas que se certifican porque se lo exigían los clientes, estas obtenían mejores resultados que las que no se lo exigía.

Está claro que la mejor forma de operar en una empresa es hacer las cosas bien a la primera y dejar satisfechos a los clientes, tanto internos como externos; mejorando día a día y sin interrupción. Esto hará que las empresas sean más competitivas en un mercado cada vez más globalizado. Si la base de la actividad de una empresa es crear valor añadido, los sistemas de calidad asegurarán que ese valor llegue íntegro al cliente. Por lo tanto, la calidad es un medio fundamental para mejorar los beneficios de las empresas y asegurar su competitividad, mediante la mejora continua y la satisfacción del cliente (Garvín, 1984). El mejor rasgo de excelencia en el servicio al cliente es darle a éste un producto que cubra sus expectativas, que le satisfaga plenamente, ajustado a sus deseos y necesidades.

Cuando el objetivo de la organización es la calidad, ésta debe crear una visión de conjunto que oriente a todos los miembros de la organización en sus decisiones hacia un fin común, (Latko, 1988). Para lo cual, será necesario formar a todos los interesados, en estos conceptos y mejorar la comunicación, fomentando la cooperación. La calidad permite fortalecer los contactos entre departamentos y ampliar los horizontes de la gente, para conocer más los departamentos de etapas anteriores y posteriores en el proceso productivo; por lo que se entenderán mejor las necesidades de los clientes internos y se llevará un trabajo enfocado a la empresa y no a un determinado departamento

Para que el proceso de implantación del sistema de calidad se afiance, hace falta una profunda modificación en la cultura de la empresa (Herbig et al; 1994); para lo cual deben pasar varios años. Esto no significa que no se pongan de manifiesto las ventajas del programa hasta el final de la implantación; ya que, aunque es un cambio lento, las mejoras se verán al poco tiempo de comenzar, pues es un proceso sin fin.

Barbosa (1993) menciona que: la implementación de una cultura de calidad total, obliga a desarrollar adaptaciones y cambios filosóficos, estructurales y de estilos de liderazgo en la alta gerencia. Para ello, el primer requisito a considerar será la implicación total de sus líderes y que éstos estén comprometidos con los objetivos de la organización (Castro, 2000). No basta con declaraciones de intenciones, sino que hace falta involucrarse en el proceso de mejora y participar activamente en las actividades.

Los directivos deben de recibir la formación adecuada para poder dominar y saber en qué se comprometen. Los líderes son los responsables de transmitir a toda la organización la visión de la calidad, e ilusionar e implicar a todos sus miembros; para ello, tienen que tener una visión muy clara de lo que se quiere conseguir. Tienen que favorecer la participación, delegando responsabilidades. No se debe de ejercer un control rígido sobre los trabajadores.

Éstos deben de saber lo que la empresa espera de ellos, para lo cual deben de disponer de los medios que les sean precisos y la autoridad suficiente, así se depositará la confianza en los trabajadores y se podrá valorar su capacidad.

Una visión nueva que aparece en la filosofía de calidad total, es la importancia del cliente interno; Puesto que cada persona en la organización es proveedor de los que le siguen en el proceso productivo y cliente de los que le preceden. Es importante que cada persona conozca cómo y para qué se utiliza el bien o servicio que proporciona. El espíritu de mejora continua, enfoque desarrollado por Juran (1990) e Imai (1986), debe de expandirse entre todos los miembros de la empresa a nivel individual y de grupo. Así, cada uno buscará siempre la manera de ofrecer lo mejor de sí mismo, pensando en aquéllos que reciben los resultados de su labor y procurando adecuarse cada vez más a las necesidades de esos clientes internos.



Otra consideración a tener en cuenta es que los objetivos principales de todas las empresas es obtener beneficios y mantenerse en el mercado, puesto que la calidad es un medio para poder lograrlo, por lo que esta debe de estar acorde con las necesidades de los clientes y no se realicen productos o servicios de calidad superior a la que los clientes exigen, puesto que se estará incurriendo en un desaprovechamiento de los recursos y el cliente no estará dispuesto a pagar ese exceso de calidad. Por lo tanto, la calidad se debe de ajustar a las necesidades de los clientes a los cuales va dirigido el producto y no incluir más calidad de la necesaria, ya que el exceso no será valorado. Pérez (1994), afirma que el precio que el cliente asigna al producto está estrechamente relacionado con el valor que recibe del mismo. Por lo que la empresa debe seleccionar el mercado objetivo y, una vez seleccionado, determinar los niveles óptimos de calidad, servicio al cliente, tiempo de entrega, entre otras.

Los sistemas de calidad actualmente se centran más en los procesos que en los productos. Sin embargo, de acuerdo con la revista CyTA (2014), el concepto de proceso en la actualidad también se ha visto ampliado, pasando del concepto de proceso de transformación al de proceso logístico integrado, el cual incluye la fase de concepción y diseño del producto, aprovisionamiento, producción y distribución del mismo, y va más allá de la entrega al cliente, considerando el uso del producto por el consumidor final, e incluso la eliminación del mismo una vez finalizado su uso. De ahí que las empresas deban tener la suficiente flexibilidad para responder con un costo bajo y un plazo breve a las nuevas exigencias de calidad.

Hoy en día se entiende el concepto de calidad como una de las variables clave en la determinación de los objetivos estratégicos de cualquier empresa que desee permanecer en el entorno competitivo actual. Siendo un factor de diferenciación que debe de estar en los objetivos estratégicos de la organización, mejorando los costos y cumpliendo con las entregas, etcétera.

### **2.2.2. La calidad en el mundo actual**

En la constante búsqueda por alcanzar mayores ventajas, hoy en día en mayor o en menor grado, sin importar el sector de las organizaciones, las empresas están siendo presionadas por sus clientes con requerimientos cada vez más estrictos en cuanto al desarrollo e innovación de nuevos productos o servicios, así como mayor variedad de estos, en cuanto a la calidad y la confiabilidad no deben alterar los costos, solicitudes de entrega de lotes más pequeños, más frecuentes y con cláusulas de penalización con cargos de tipo monetario en incumplimientos en tiempos de entrega.

Esta situación ha derivado en que las empresas busquen nuevas alternativas para garantizar cumplir con los requerimientos de sus clientes, por lo que una de las principales ha sido el establecimiento de un sistema de gestión de calidad, basándose en las normas internacionales de calidad ISO 9000 ya que permite estandarizar sus operaciones y proporcionar productos y servicios de manera constantes. En la actualidad los entornos de fabricación y de negocios, están llegando a un punto en que la competencia por la supervivencia y la cuota de mercado es una obligación. Y es que, al darle seguimiento a la economía global, esta mostrará que ser bueno no es suficiente, y, por ende, cada organización en el planeta realmente debe esforzarse por alcanzar la excelencia, si quiere competir y mantenerse en el mercado mundial. Por lo tanto, si se realiza una analogía en donde se realice una comparación entre competir en el mercado global y participar en una competencia internacional de natación de 200 metros estilo mariposa, se llegará a la conclusión de que el simple hecho de poder participar en la prueba es difícil y sin embargo varios lo logran, por otra parte, participar y ganar son dos cosas totalmente distintas y es aquí cuando muchos se dan por vencidos o simplemente se dan cuenta de que no son rivales para los competidores más preparados o experimentados y aun que den su mayor esfuerzo entienden que por su falta de preparación sus aptitudes son deficientes y no logran si quiera terminar la carrera.

Lo mismo sucede con las empresas que logran llegar a los mercados internacionales y simplemente no están preparadas ya que son lentas y poco flexibles en su reacción ante los cambios, entre las causas principales de lo anterior se encuentran: la burocracia organizacional que causa lentitud en la toma de decisiones que a su vez es centralizada.

Siguen manteniendo inventarios altos, llevan a cabo muchas actividades que no agregan valor tales como inspecciones, transportes, papeleos engorrosos, almacenamientos innecesarios y hasta retrasos en la toma de decisiones, entre otros; existe muy poca comunicación horizontal entre otros departamentos tienden a desgastar al recurso humano imponiendo extenuantes jornadas de trabajo. Por lo tanto, para ganar la competencia, se debe minimizar el uso de recursos, volverse más flexibles y cuidar al recurso humano.

### **2.2.3. Mejoramiento de la calidad**

Para entender mejor a Lean Six Sigma, primero se debe profundizar en las metodologías que la preceden, ya que de esta manera se puede comprender en qué puntos difieren la una de la otra y en cuáles otros convergen, así como también permite conocer sus herramientas, cuáles son sus enfoques y en resumen por qué se unificaron para dar origen a esta metodología.

Como se ha mencionado, ya existen muchas compañías que cuentan con equipos de Manufactura Esbelta y Six Sigma asignan proyectos a cada uno, obteniendo buenos resultados, sin embargo, han llegado a la conclusión de que la mejor metodología consiste en combinar aspectos de ambas. Tratando de unificar al máximo estas metodologías como lo hicieron a finales del año 1990, AlliedSignal y Maytag que de manera independientemente diseñaron programas que combinaban varios aspectos de las metodologías antes mencionadas y a su vez cruzaron empleados formados en las dos metodologías, que lograron crear marcos de proyectos que combinan las dos técnicas, que si bien de forma separada, buscan la maximización de la productividad.

Sin embargo, unidas bajo una misma metodología, no sólo se orientan a reducir costos, sino también a maximizar la eficiencia en los procesos y, por lo tanto, a que las empresas que la implementen sean más competitivas en sus respectivos mercados al lograr eliminar el desperdicio y mejorar la calidad a no más de 3.4 defectos por millón (CNIC. 2014).

Para lograr lo anterior, muchas empresas están comenzando a implementar la Manufactura Esbelta {Lean Manufacturing), que para Castillo (2009), son varias herramientas que ayudan a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. Es decir, reducir desperdicios y mejorar las operaciones.

Otras empresas están implementando Six Sigma, y a decir de Anthony, (2006) define como una estrategia de negocios y de mejora continua que busca encontrar y eliminar causas de errores, defectos y reducir el costo, mejorando los procesos enfocándose en las variables de importancia crítica para exceder las necesidades y expectativas de los clientes. A su vez esta metodología ayuda a mejorar la calidad en sus productos y a aumentar su productividad, complementando así las normas ISO 9000 que algunas organizaciones han adoptado con la finalidad de reducir costos, así como mejorar su posición competitiva a través de la reducción de la variación en sus procesos, utilizando casi todas las herramientas conocidas en el mundo de la calidad tradicional como gestión de la calidad total o por sus siglas en inglés TQM.

#### **2.2.4. Herramientas para el mejoramiento de la calidad**

Los mecanismos para el mejoramiento de la calidad de Six Sigma y de la Manufactura Esbelta, pueden pasar de ser básicas o elaboradas, dependiendo tanto de la preparación del equipo de trabajo como de la complejidad del problema, sin embargo, según menciona López (2014), la metodología Six Sigma utiliza principalmente herramientas estadísticas para mejorar la calidad; estas permiten conocer los problemas en el área de producción y saber el porqué de los defectos.

Mientras que las herramientas de la Manufactura Esbelta, son las que llevarán tras su aplicación, a la detección y posterior eliminación de los desperdicios y a su vez al cumplimiento de los distintos objetivos y principios establecidos.

Debido a que cada vez son más las organizaciones a nivel mundial que están pasando de aplicar principios de Six Sigma y de Manufactura Esbelta a utilizar una combinación de ambas, las cuales dan lugar a una nueva metodología denominada Lean Six Sigma (la cual combina elementos de ambas metodologías). En los siguientes apartados se describen las herramientas utilizadas por esta metodología.

### **2.2.5. Metodología Six Sigma**

Six Sigma es una metodología de mejora de procesos, centrada en la reducción de la variabilidad de los mismos, consiguiendo reducir o eliminar los defectos o fallas en la entrega de un producto o servicio al cliente. La meta de Six Sigma es llegar a un máximo de 3.4 defectos por millón de eventos u oportunidades (DPMO), entendiéndose como defecto cualquier evento en que un producto o servicio no logra cumplir los requisitos del cliente (Gutiérrez, 2009)

Six Sigma utiliza herramientas estadísticas para la caracterización y el estudio de los procesos, de ahí el nombre de la herramienta, ya que sigma es la desviación típica que da una idea de la variabilidad en un proceso y el objetivo de la metodología Six Sigma es reducir ésta de modo que el proceso se encuentre siempre dentro de los límites establecidos por los requisitos del cliente.

### **2.2.6. Antecedentes de Six Sigma**

Six Sigma ha ido evolucionando desde su aplicación meramente como herramienta de calidad a incluirse dentro de los valores clave de algunas empresas, como parte de su filosofía de actuación. Y es que, aunque esta metodología nació en las empresas del sector industrial, muchas de sus herramientas se aplican con éxito en el sector servicios en la actualidad.

Esta metodología, según Almudéver (2014), representa hoy en día el mejor sistema de mejora continua para los procesos de calidad, bien sean de producción o gestión, muchas son las compañías que han adoptado su metodología, tanto en Estados Unidos como en Europa. Si bien no siempre se puede realizar una implementación integral por la idiosincrasia de la compañía, el lograrlo en algunos proyectos o departamentos consigue que su expansión al resto de la empresa sea irremediable. Es por esto que se ha visto influida por el éxito de otras herramientas, como la Manufactura Esbelta, con la que comparte algunos objetivos y que pueden ser complementarias, lo que ha dado pie a la creación una nueva metodología conocida como Lean Six Sigma.

### **2.2.7. Críticas a la metodología Six Sigma**

Las principales críticas de Six Sigma se resumen a las siguientes según Hiñes et al, (2004) son:

- No se considera interacción del sistema - proyectos no coordinados
- Mejora de los procesos de forma independiente
- La falta de consideración de los factores humanos
- Importante inversión en infraestructura necesaria.
- Más detallado y complicado para algunas tareas
- Es el nuevo sabor del mes
- El objetivo de Six Sigma (3.4 defectos por millón de oportunidades) es absoluta, sin embargo, esto no siempre es un objetivo adecuado y no necesita ser planteado a todos los casos rigurosamente.
- Sólo se trata de la calidad.

### **2.2.8. Principios de Six Sigma**

Six Sigma es una metodología de mejora de los procesos y servicios fundamentada en la toma de decisiones en base a datos. Para ello, existe una propuesta organizacional que se basa de acuerdo con Gutiérrez (2009), en los principios ya que son estos los que dan cuerpo a Six Sigma y le permiten conseguir que esta metodología se implemente de manera eficaz y por lo tanto implican un cambio en la forma de realizar las operaciones y de tomar decisiones en la organización.

A continuación, se describen los principios de la metodología Six Sigma:

Liderazgo comprometido de arriba hacia abajo. Esta metodología implica un cambio en la forma de realizar las operaciones y de tomar decisiones. La estrategia se apoya y compromete desde los niveles más altos de la dirección y la organización

La metodología Six Sigma se apoya en una estructura directiva que incluye personal a tiempo completo. La forma de manifestar el compromiso por Six Sigma es creando una estructura directiva que integre líderes de negocio, de proyectos, expertos y facilitadores. Cada uno de los líderes tiene roles y responsabilidades específicas para formar proyectos de mejora.

Entrenamiento. Cada uno de los actores del programa de Six Sigma requiere de entrenamientos específicos. Varios de ellos deben tomar un entrenamiento amplio, conocido como curriculum de un black belt.

Orientada al cliente y enfocada a los procesos. Esta metodología busca que todos los procesos cumplan con los requerimientos del cliente y que los niveles de calidad y desempeño cumplan con los estándares de Six Sigma. Al desarrollar esta metodología se requiere profundizar en el entendimiento del cliente y sus necesidades. Con base en ese estudio sobre el cliente se diseñan y mejoran los procesos.

Dirigida con datos. Los datos y el pensamiento estadístico orientan los esfuerzos de esta metodología. Los datos son necesarios para identificar las variables de calidad y los procesos y áreas que tienen que ser mejorados.

Se apoya en una metodología robusta. Se requiere de una metodología para resolver los problemas del cliente, a través del análisis y tratamiento de los datos obtenidos.

### **2.2.9. Los proyectos generan ahorros o aumento en ventas.**

La metodología Six Sigma plantea proyectos largos. Six Sigma es una iniciativa con horizonte de varios años, con lo cual integra y refuerza otros tipos de iniciativa.

Six Sigma se comunica. Los programas de Six Sigma se basan en una política intensa de comunicación entre todos los miembros y departamentos de una organización, y fuera de la organización. Con esto se adopta esta filosofía en toda la organización.

### **2.2.10. Fases de Six Sigma**

La metodología Six Sigma para Almudevér (2014), se caracteriza por 5 etapas concretas bien diferenciadas, definir, medir, analizar, mejorar y controlar, lo que se conoce por DMAMC,

Definir, consiste en concretar el objetivo del problema o defecto y validarlo, a la vez que se definen los participantes del programa. Mientras que:

- Medir, consiste en entender el funcionamiento actual del problema o defecto.
- Analizar, pretende averiguar las causas reales del problema o defecto.
- Mejorar, permite determinar las mejoras procurando minimizar la inversión a realizar.
- Controlar, se basa en tomar medidas con el fin de garantizar la continuidad de la mejora y valorarla en términos económicos y de satisfacción del cliente.



Según Alderete (2003). A continuación, se desarrollan estas fases describiendo cuales la relación que existe entre cada una de ellas:

### Definir

Por definir se entiende la fase en la que asientan las bases del proyecto. Desde el punto de partida del cliente, se centran cuáles van a ser los objetivos de la implementación de Six Sigma, cuál va ser el impacto en la empresa y quienes van a ostentar las responsabilidades. Se establecerá cual es el propósito de la implementación, cuáles son los parámetros de inicio y hasta qué nivel se quiere involucrar al equipo.

Mediante un mapa de procesos debe concretarse el ámbito del proyecto, que actividades resultarán implicadas y como se conectarán entre sí, sin dejar de lado la identificación de cada uno de los responsables.

Identificar cuáles son las características críticas para la calidad (CTQ), tanto externas como internas. Siendo las primeras las que rigen por exigencias de los clientes y las segundas las que dan rentabilidad a la compañía. Al fin y al cabo, centrarse en los procesos que mayor importancia puedan tener.

Por último, intentar cuantificar los objetivos que se quieran alcanzar mientras el proyecto exista.

Además de realizar el diagrama de flujos que se ha mencionado, deben de realizarse otro tipo de análisis gráficos que proporcionen elementos de juicio dentro de la fase de definición del proyecto. Como por ejemplo puedan ser los diagramas de Pareto, válidos para resaltar que procesos tienen más importancia dentro del problema. También debe ayudarse mediante el diagrama de Ishikawa o espina de pez, que analiza los factores que afectan a un problema determinado. Como último ejemplo, mencionar los diagramas de correlación, que muestran la relación entre dos características de calidad de un proceso. Todas estas herramientas se definirán en su apartado correspondiente.

## Medir

La fase de medición consiste en localizar el origen de la variación que se está produciendo en el proceso.

Es decir, se trata de acotar las causas que están produciendo los problemas y encontrar la raíz de dichos problemas. Se analiza su dimensión a través de las mediciones del proceso y que datos permitirán su resolución.

En este sentido se convierte en un factor clave la recogida de datos. Esta etapa es la que más recursos suele consumir, puesto que de ello depende en gran medida el éxito de las fases posteriores. Al fin y al cabo, se trata de comprender que factores de los que intervienen en el proceso producen variaciones o defectos y porque, volviendo otra vez a buscar la causa raíz.

Debe volver a utilizarse el diagrama de procesos realizado en la fase anterior, pero esta vez ampliado a los procesos que hemos decidido analizar. Su comprensión permitirá centrarse en las oportunidades de mejora que puedan existir.

Es importante definir cómo van a realizarse las mediciones y sobre todo como van a plantearse para su posterior estudio. Se realizarán distintos tipos de gráficos para la exploración de los datos obtenidos, estos gráficos deben mostrar la dispersión de los valores obtenidos, siempre con referencia a una media o intervalo.

Los más comunes son los histogramas, que analizan los resultados de un proceso para todas las causas. Otro muy utilizado es el gráfico de simetría, que analiza visualmente el grado de simetría de una variable. También se dispone habitualmente de los diagramas de tendencias, que analizan los procesos a través de la evolución del tiempo.

## Analizar

Aldere, et al. (2003) define:

“Analizar el sistema con el fin de eliminar la brecha entre el desempeño actual y el objetivo deseado”.

Gracias a la fase de medir, se ha alcanzado un gran conocimiento del proceso objeto de mejora, así pues, se realizarán las correspondientes revisiones de los objetivos, así como los cambios que se estimen oportunos en el enfoque del proyecto.

Con los conocimientos alcanzados y los correspondientes replanteos, es el momento de plantear hipótesis sobre las causas de la variabilidad o errores que se están produciendo en los procesos, incluso donde pueden existir oportunidades de mejora.

Mediante la verificación de las hipótesis planteadas se pretende llegar a identificar de manera científica el origen de los problemas u oportunidades. Como unas variables  $X_1$ ,  $X_2$ , pueden afectar a unas características de calidad o resultados  $Y_1$ ,  $Y_2$ , y como se interrelacionan entre sí.

Utilizaremos instrumentos similares a los de la fase de definir, puesto que se trata de la evolución lógica de la misma fase, pero con conocimientos avanzados de los procesos. Los diagramas de Pareto, los de Ishikawa, dispersión, entre otros, son los que mejor representarán nuestros resultados.

## Mejorar

Esta fase consiste en aplicar los cambios o las mejoras que se han propuesto en las hipótesis de la fase analizar. El equipo deberá tomar conciencia de que cambios son viables y como realizarlos, asumiendo las decisiones correspondientes.

De todos los posibles cambios en el proceso, se seleccionarán aquellos que mayor incidencia de mejora puedan tener, del mismo modo, deberán evaluarse los riesgos inherentes a las modificaciones realizadas para su análisis en su posterior implantación.

Dentro de la fase mejorar deben incluirse las pruebas piloto que consistirán en realizar algunos experimentos antes de la implementación completa, ello repercutirá en poder verificar a pequeña escala que los caminos elegidos son los correctos.

Por último, se abordará la implementación propiamente dicha, comenzando por su correcta planificación, en la que incidiremos en desglosar las tareas en tiempo y forma, su presupuesto, la matriz de responsabilidades, etc.

Dentro de la implementación se debe tener especial atención en comprobar que los cambios seleccionados cumplen realmente con su cometido y como solucionar las dificultades que puedan aparecer.

Puede darse el caso que la evolución del cambio necesite más tiempo del que realmente hay asignado para la implementación del sistema, por lo que no sería necesario su finalización para cerrar la fase.

Para esta fase deberán modelarse los procesos para estudio entre las variables y elegidas y las características de calidad solicitadas, preferentemente mediante análisis de regresión.

Controlar

Una vez realizados todos los cambios estimados en los distintos procesos del proyecto, el objetivo es garantizar que las variables están dentro de los límites aceptables especificados.

Pero no se trata simplemente de seguimiento y control, esta fase debe dar fin al proyecto y por tanto deber dejarse bien documentado. Todas las fases ejecutadas quedarán reflejadas, desde su entendimiento a sus mejoras pasando por sus mediciones.

Se debe crear el proceso de control para el proyecto, de modo que el seguimiento sea duradero y sin alteraciones externas, de modo que permita la evolución de la mejora. Su correcto funcionamiento debe dar lugar a la mejora continua.

Resulta muy importante cuantificar que se ha invertido y logrado, tanto en valor añadido para los clientes como en valor económico o beneficio. Extremadamente útil es la cuantificación del beneficio si se hace de modo que pueda incorporarse al balance de la empresa.

Dar por cerrado el proyecto es el último paso. Si bien, en un primer periodo de tiempo, concreto según el proceso, debe hacerse un seguimiento cercano para controlar su evolución.

Las herramientas que ayudarán en esta fase serán sobre todo las gráficas de control, tanto por variables, que controlan características cuantitativas, como las de por atributos, que controlan las características cualitativas.

Sin embargo, debido a las diferentes naturalezas de los procesos en lo que la Six Sigma puede ser implementada es necesario adaptar la metodología tomando en cuenta las fases siguientes.

#### 5.2.6. Fases alternativas

Aunque el ciclo de Six Sigma es bastante claro, DMAMC, existen determinados tipos de proyectos que por sus características es conveniente realizar alguna alteración del ciclo que permitan una mejor adecuación, sobre todo cuando se trata de nuevos procesos.

Entre estas alternativas nos encontramos principalmente con DMADV, siendo las tres primeras iniciales idénticas al método ya explicado y correspondiendo la segunda D a Design y la V a verijy.

Así pues, design se refiere a definir el proceso en detalle, no a mejorarlo como anteriormente si no a realizar un nuevo diseño, esto es fácilmente, aplicable cuando se empieza de cero en un nuevo proyecto. Recordemos que siempre desde el cumplimiento de las expectativas del cliente.

Por otro lado, verijy, comprueba que el diseño se adapta a las características definidas en los objetivos (Almudevér, 2014).

### **2.2.11. Enfoque de Six Sigma**

La filosofía Six Sigma busca ofrecer mejores productos o servicios, de una manera cada vez más rápida y a más bajo costo, mediante la reducción de la variación de cualquiera de los procesos. Quesada (2014), dice que, aunque a muchas personas les ha costado entender, una de las grandes enseñanzas del Deming fue buscar el control de variación de los procesos lo cual es medido por medio de la desviación estándar. Decía Deming: “el enemigo de todo proceso es la variación, por lo que es ahí en donde debemos concentrar el esfuerzo hacia la mejora continua”, pero sobre todo porque “La variación es el enemigo de la satisfacción de nuestros clientes”.

Por otra parte, Gutiérrez (2009), dice que esta metodología está orientada al cliente y con enfoque a los procesos. Otras de las características clave de Six Sigma es buscar que todos los procesos cumplan con los requerimientos del cliente (en cantidad o volumen, calidad, tiempo y servicio) y que los niveles de desempeño a lo largo y ancho de la organización tiendan al nivel de calidad Six Sigma.

De aquí que al desarrollar la estrategia Six Sigma en una organización, se tenga que profundizar en el entendimiento del cliente y sus necesidades, y para responder a ello, es necesario revisar de manera crítica los procesos de la organización.

A partir de ahí, es preciso establecer prioridades y trabajar para desarrollar nuevos conceptos, procesos, productos y servicios que atiendan y excedan las expectativas del cliente.

### **2.2.12. Responsabilidades en Six Sigma**

Para una exitosa implementación de Six Sigma se deben seguir prácticas sensatas de personal y en metodologías técnicas. Para la implementación de Six Sigma se deben seguir las siguientes prácticas de personal:

Líderes ejecutivos comprometidos con Six Sigma y que promuevan en toda la organización sus actividades. Líderes que se apropien de los procesos que deben mejorarse.

1. Capacitación corporativa en los conceptos y herramientas de Six Sigma. Todos los trabajadores que llevarán a cabo labores de Six Sigma sin excepción deberán estar capacitados de acuerdo al currículo Six Sigma.
2. Determinación de la dificultad de los objetivos de mejoramiento.
3. Refuerzo continuo y estímulos. Debe existir una completa disposición por parte de los trabajadores, por lo que es de suma importancia que se estimule al personal constantemente (Chase, et al., 2009).

### **2.2.13. Antecedentes Lean Six Sigma**

Con el paso de los años se le ha dado más importancia a una de las herramientas de las que se compone esta metodología Six Sigma y es que si bien no es una metodología que sea anticuada, si se desea complementar para tener mejores resultados, esta se debe complementar con otra herramienta y para una organización esto se traduce en más tiempo para la implementación, para la certificación y por ende más dinero, por lo que no todas las empresas tienen la capacidad de implementar más de dos metodologías.

Sin embargo, en el mundo la metodología Lean Six Sigma se está implementando cada vez más, un ejemplo de esto es el servicio nacional de salud inglés (NHS) es el sistema de atención médica más grande en el mundo. Su presupuesto anual es de más de £ 70 mil millones y emplea a 1.3 millones de empleados. El año pasado, hubo 325 millones de consultas de los pacientes con los médicos de atención primaria y enfermeras. Más de 13 millones de personas asistieron a la primera cita con el especialista en el hospital y 14 millones de personas asistieron al servicio de urgencias (NHS, 2014).

El NHS está en el medio de un programa de 10 años de un cambio transformador. El objetivo es proporcionar un servicio de salud y la atención sanitaria que responda a las necesidades de toda la vida de los ciudadanos de Inglaterra. Objetivos ambiciosos se han establecido para reducir la carga de la enfermedad y mejorar los resultados de la atención de: reducir los ingresos hospitalarios mediante el apoyo a las personas con condiciones a largo plazo en la gestión de su propio cuidado y por la prestación de servicios de prevención, basadas en la comunidad; para mejorar la calidad y seguridad clínica; para mejorar el acceso a la atención, eliminar las desigualdades en salud y eliminar los retrasos.

Por un lado, se requiere nada menos que el rediseño fundamental del sistema de salud. En otro nivel, se necesita la mejora continua gradual de los servicios existentes. Se han probado y utilizado una amplia gama de estrategias de mejora en la búsqueda para crear un cambio más rápido, más eficaz. Esto ha incluido Lean Six Sigma, los cuales han dado resultados prometedores, sobre todo cuando se combina con otras herramientas y técnicas.

#### **2.2.14. Lean Six Sigma, una visión general**

Lean es un enfoque que busca mejorar el flujo en la cadena de valor y eliminar los residuos, es decir, se trata de hacer las cosas rápidamente mientras que Six Sigma utiliza un potente marco (DMAIC) y herramientas estadísticas para descubrir las causas fundamentales para entender y reducir la variación, tratando de hacer las cosas bien y sin defectos.

Por lo tanto, una combinación de ambas metodologías, proporciona una filosofía de mejora que incorpora herramientas basadas en datos de gran alcance para resolver problemas y crear una rápida mejoría de transformación a un costo menor.

La clave es encontrar la combinación óptima de ambos enfoques. Por ejemplo, la adopción de la idea de Lean de centrarse en lo que agrega valor y el uso de herramientas de Six Sigma para ayudar a entender y reducir la variación, cuando se acordó la cadena de valor.



A nivel mundial, muchas de las organizaciones industriales, están adoptando una estrategia de Lean Six Sigma. Esto es particularmente cierto para las organizaciones que se concentraron previamente en Six Sigma. Como por ejemplo General Electric, uno de los pioneros en el uso de Six Sigma, en la actualidad está incorporando un enfoque Lean Six Sigma para lograr cambios transformadores, rápidos aún menor costo (NHS, 2014).

### **2.2.15. Project Charter**

Una herramienta crucial para el desarrollo de toda actividad es el Project Charter o Acta de Constitución de Proyecto, en la cual se detallan cada uno de los aspectos fundamentales y cruciales de todo Proyecto, es aquí donde delimitamos nuestro alcance, definimos los objetivos, establecemos los entregables, definimos las posiciones (Stakeholder, Clientes), asignamos responsabilidades, definimos los planes (Financieros, Recursos, Calidad) y las consideraciones (Riesgos, asunciones, restricciones).

Es por esto que el pmbok nos dice que “Desarrollar el acta de constitución del proyecto o Project charter es el proceso que consiste en desarrollar un documento que autoriza formalmente un proyecto o una fase y en documentar los requisitos iniciales que satisfacen las necesidades y expectativas de los interesados. En proyectos de fase múltiple este proceso se usa para validar o refinar las decisiones tomadas durante la repetición anterior del proceso Desarrollar el Project Charter”. (García, 2013)

Este documento requiere ser aprobado por: El Sponsor, Grupo de Revisión de Proyecto, Gerente de Proyecto, Gerente de Calidad y todo aquel que tomara decisiones en el desarrollo del proyecto. De forma que todas las decisiones serán consensuadas y las consecuencias podrán ser asumidas por todos, dando a conocer a todos los involucrados los riesgos que están en juego. (García, 2013)

Una redacción deficiente o mediocre de un Acta de Constitución de Proyecto puede causar el fracaso o el incremento significativos de los costes totales de un proyecto. (García, 2013)

### **2.2.16. Mejora continua y desperdicios**

Mauricio Lefcovich (2004) opina que el sistema Kaizen de mejora continua tiene como uno de sus pilares fundamentales la lucha permanente en la eliminación de desperdicios y despilfarros (mudas, en japonés): una lucha implacable y sin respiro en la necesidad de eliminar los factores generadores de improproductividades, altos costos, largos ciclos, costosas y largas esperas, desaprovechamiento de recursos, pérdida de clientes y defectos de calidad; todo lo cual origina la pérdida de participación en el mercado, caída en la rentabilidad y en los niveles de satisfacción de los consumidores.

Lefcovich (2004) manifiesta:

“una empresa que no controla sus desperdicios, que no tiene noción de ellos, y que por tanto no adopta medidas para prevenirlos o eliminar sus causas gestará productos y servicios de mala calidad, con altos costos y malos servicios, o sea bienes con un bajo valor para los clientes, por lo que ellos no estarán dispuestos a su adquisición o sólo lo harán a un muy bajo precio.” (p. 8)

Las maquinarias fallan en los procesos productivos, debido a la ausencia de mantenimiento por parte de la empresa o por la inadecuada utilización del personal. En nuestro entorno no se tiene la cultura de utilizar racionalmente los recursos, especialmente si no nos pertenece; el personal debe realizar su trabajo con eficiencia y prestar mucha atención en aquellos puntos críticos del proceso productivo en donde se genera cierta cantidad de desperdicios, necesitan un control y un cuidado por parte del personal para evitar el aumento de los mismos. (Mena, 2012)

La subactividad del personal puede ocasionar a la empresa pérdidas importantes de material, por esto es primordial que sus empleados cumplan en forma adecuada las tareas encomendadas por sus superiores y la parte administrativa deba brindar motivación permanente, evaluaciones de desempeño y otros instrumentos administrativos para poder incrementar la productividad de sus trabajadores. (Mena, 2012)

De las causas señaladas en los párrafos anteriores, se producen los siguientes efectos que detallaremos a continuación.

Como uno de los principales efectos del proceso productivo es la baja productividad que puede ocasionar al perder cantidades de materia prima necesaria para la elaboración de los productos, esto provoca irregular cumplimiento de metas por el Área de Producción. (Mena, 2012)

Sin duda alguna en el proceso productivo se origina un alto índice de tiempos muertos ya sea al inicio, intermedio o final de cada proceso, generando excesivos costos de producción para la empresa en lo referente a materia prima, maquinaria, mano de obra, etc., así como también los gastos indirectos de fabricación como son los servicios básicos, es decir el costo de los productos se incrementan a causa de los desperdicios generados y los recursos utilizados en la producción. (Mena, 2012)

Además, este desperdicio afecta al rendimiento productivo, la empresa incumple los niveles establecidos de producción por las causas anteriormente mencionadas, tomando en cuenta que el bajo rendimiento podría originar inestabilidad laboral lo cual se vería afectada la empresa con este tipo de situaciones. (Mena, 2012)

Por último, los desperdicios en el proceso afectan a la rentabilidad de la empresa y esto genera una pérdida de recursos, provocando menor capacidad de producción, y hace que la empresa no cumpla sus expectativas, se reduzcan sus ventas, debido a que sus productos no tendrán aceptación dentro del mercado por el costo elevado que tendrá en relación a la competencia. (Mena, 2012)

### **2.2.17. Flujo de valor**

El mapa de flujo de valor. En inglés Value Stream Mapping, abreviado VSM, proporciona una visión del ciclo completo del flujo de trabajo, desde una solicitud de algún tipo para cumplir con el pedido. (Coasaca, 2007)

El mapa de flujo de valor es una técnica de optimización, para elaborar un producto con el máximo valor agregado, eliminando actividades que no agregan valor al producto. Permite visualizar fuentes de desperdicio, restricciones del proceso. (Coasaca, 2007)

La metodología para la utilización del VSM es la siguiente:

- Preparación. Seleccionar la familia de productos que pasan a través de procesos similares y equipos comunes.
- Dibujar el estado actual del sistema de producción. En esta fase se recoge toda la información necesaria de la planta.
- Dibujar el sistema futuro de producción. Se plantean acciones para optimizar el sistema productivo actual.
- Plan de trabajo e implementación. Se empieza a preparar un plan de optimización para alcanzar el estado futuro. (Coasaca, 2007)

Según Primitivo Reyes (2007), el VSM también proporciona los siguientes beneficios:

- Resaltar las conexiones entre actividades y el flujo de información y materiales que afectan el tiempo de respuesta.
- Ayudar a comprender el flujo de valor completo de las operaciones en lugar de hacerlo de manera aislada.

- Mejorar el proceso de toma de decisiones de los equipos.
- Crear un lenguaje común entre los empleados a través del uso de símbolos estándar en los mapas de flujo de valor.
- Permitir el reconocimiento de las actividades que agregan valor de las actividades que no agregan valor.
- Proporcionar un método para identificar desperdicios.

El mapa de cadena de valor de Porter fue más allá del concepto de amplios niveles funcionales, describe las actividades individuales, agrega las fuentes de ventaja competitiva. Tiene un enfoque de macro perspectiva de la empresa. (Coasaca, 2007)

Mientras que el mapa de flujo de valor es una técnica utilizada para conocer a profundidad los procesos, tanto en la organización como en la cadena de abastecimiento.

El objetivo del VSM consiste en identificar las actividades que no agregan valor al producto y el tiempo asociado a dichas actividades. El VSM es una actividad esencial para la formulación de planes de mejora, forma parte del diagnóstico del proceso (VSM actual) y de la proposición de estrategias de optimización de las operaciones (VSM futuro) (Coasaca, 2007)

#### **2.2.18. Defectos Por Millón de Oportunidades (DPMO)**

En muchas metodologías de gestión de la calidad, como Six Sigma, se utilizan varias métricas para el control de calidad. Una de las métricas más importantes es la DPMO, que también se conoce como la métrica de defectos por millón de oportunidades. Esta métrica se utiliza para medir el desempeño de un proceso específico. Para comprender mejor la DPMO, es importante definir el término defecto en el contexto de la gestión de la calidad.

Un defecto se define como la no conformidad de una característica de calidad específica con su especificación planificada. La característica de calidad puede ser el ancho de un producto terminado, el tiempo de respuesta de un servicio en particular o la durabilidad de un producto terminado. Al considerar DPMO, se considera que los procesos son de alta calidad si el defecto por millón de unidades producidas o los servicios prestados son pocos. (Ricardo, 2020)

Para calcular DPMO en un proceso, es importante que las organizaciones identifiquen y definan las características de calidad. Las características de calidad se pueden obtener de las siguientes formas:

- Tener una comprensión muy clara de todos los requisitos necesarios para que se lleve a cabo un proceso en particular.
- Mediante estándares y especificaciones de la industria
- Priorizar diferentes tipos de defectos desde el menor al más crítico (Ricardo, 2020)

DPMO se ha definido como la relación del número de defectos (según la característica de calidad definida para el proceso) en 1 millón de oportunidades cuando un artículo terminado puede tener uno o más defectos. Para calcular DPMO, es fundamental conocer el número total de oportunidades de defectos. (Ricardo, 2020)

### **2.2.19. Diagrama SIPOC**

SIPOC es una herramienta que resume las entradas y salidas de uno o más procesos en forma de tabla. Es un acrónimo que significa Suministros, Entradas, Procesos, Productos y Clientes. Algunas organizaciones utilizan el acrónimo COPIS, que coloca al cliente en primer lugar e ilustra el valor del cliente para la organización. (ProyectAdmin, 2018)

El término SIPOC se origina en la década de 1980 y forma parte del movimiento de calidad total. Hoy encontrará SIPOC como parte de las disciplinas de Six Sigma, Lean manufacturing y gestión de procesos de negocios. (ProyectAdmin, 2018)

Según la audiencia, hay tres formas de abordar SIPOC:

1. Con una visión general del proceso para aquellos que no son familiares.
2. Con un curso de actualización para actualizar a aquellos que están familiarizados pero oxidados.
3. Al redefinir el enfoque SIPOC para aquellos que ya están familiarizados.

### **2.2.20. Componentes de SIPOC**

Siguiendo con el acrónimo, comencemos con Lo que es la primera o la última letra: proveedores y clientes. Estos pueden ser internos o externos a la organización. Las entradas y salidas en el proceso pueden ser materiales, servicios o información. (ProyectAdmin, 2018)

El objetivo es capturar el conjunto de entradas o salidas en lugar de los pasos individuales del proceso.

### **2.2.21. Las 7 herramientas de la calidad**

Las siete herramientas básicas de la calidad, es una nomenclatura que se otorga a un conjunto de técnicas o gráficas que se identifican como las más útiles en la solución de problemas enfocadas a la calidad de los productos y servicios. Se les conoce como herramientas básicas debido a que son adecuadas para personas con poca experiencia en materia de estadística. (SPC Consulting Group, 2019)

### **2.2.22. Antecedentes**

Estas herramientas fueron concebidas y distribuidas en Japón por Kaoru Ishikawa. Luego se extendieron a todo el mundo con el nombre de “las 7 herramientas básicas de Ishikawa”, “herramientas básicas para la mejora de la calidad” entre otras denominaciones similares. (SPC Consulting Group, 2019)

Las siete herramientas básicas de Calidad

### **2.2.23. Diagrama Causa – Efecto (Ishikawa o de pescado).**

El enunciado o problema se coloca en la cabeza del diagrama y se utiliza como punto de partida para la búsqueda del origen del problema o causa raíz.

La mecánica para encontrar las causas de esta herramienta es preguntarse “por qué” hasta que se llegue a la causa raíz o hasta que agote las opciones razonables en cada espina o categoría del diagrama. (SPC Consulting Group, 2019)

### **2.2.24. Diagrama de Flujo**

Esta herramienta muestra gráficamente los pasos y secuencia de los procesos, así como las posibles ramificaciones que se encuentran en el proceso. También muestran las actividades, descripciones y el orden de secuencia del proceso. (SPC Consulting Group, 2019)

Los diagramas de flujo de proceso son útiles para entender el proceso y estimar el costo de la calidad de un proceso.

No existe una metodología o formato estándar para el armado de un diagrama de flujo de proceso, cada organización define el nivel de detalle de sus diagramas de flujo del proceso.

### **2.2.25. Hojas de Verificación**

Son conocidas también como hojas de chequeo o de control. En esta hoja de verificación o formato se registran los datos que la organización necesita dar seguimiento o como medida de control para contar con evidencia objetiva de las actividades a realizar con la frecuencia de tiempo señalada. (SPC Consulting Group, 2019)



La información a ser recolectada no debería ser extensa en tiempo para la persona que realizará la actividad de recolección de datos. Las hojas de verificación pueden tener diferentes tipos de diseño o formato que nos ayudarán tanto a registrar resultados, monitorear tendencias. (SPC Consulting Group, 2019)

#### **2.2.26. Diagrama de Pareto**

El diagrama o gráfica de Pareto, es una gráfica que nos ayuda a organizar los datos de manera que los datos queden en orden descendente y de izquierda a derecha.

El principio de Pareto, conocido también como regla 80-20, indica que hay muchos problemas sin importancia frente a otros que podrían ser catalogados como graves. Consiste en enfocarse solo en la mayor parte de los efectos de los problemas, la gráfica de Pareto nos mostrará las prioridades a ser consideradas. (SPC Consulting Group, 2019)

#### **2.2.27. Histogramas**

El Histograma es una gráfica de barras que representa una variable en forma de barras, en la gráfica de Histograma se observarán las frecuencias de los valores representados. La gráfica de histograma nos describirá la tendencia central, dispersión de los datos y forma de una distribución de los valores o datos.

En el eje y se representa la frecuencia y en el eje x los valores de las variables comúnmente agrupados en clases o en agrupamiento de datos.

#### **2.2.28. Gráficos de Control**

Es un gráfico que representa los diferentes valores de una característica correspondiente a un proceso. Su función es brindar información para determinar si un proceso es estable. Las gráficas de Control nos ayudan también a saber la tendencia de la característica del proceso a través del tiempo, comparados con límites de control (calculados con datos reales del mismo proceso) que servirán para tomar decisiones relativas al proceso. (SPC Consulting Group, 2019)

La gráfica de control se compone de una línea central que representa el promedio de los datos y dos límites de control, inferior y superior. Donde se espera que los datos del proceso se vean reflejados alrededor de la línea central.

Existen diferentes tipos de graficas de control, tanto para valores continuos como de atributos, será necesario saber o determinar el tipo de datos y alcance que requiramos para poder determinar tipo de gráfico de control a utilizar. (SPC Consulting Group, 2019)

### **2.2.29. Diagrama de Dispersión**

Es una tipo de gráfica que muestra los datos como un conjunto de puntos, esta grafica utiliza el método de coordenadas cartesianas (x,y) para ubicar los puntos en el diagrama. Común mente se le llama también diagrama de correlación, entre los tipos de correlación podemos encontrar la correlación positiva, negativa o bien correlación cero. (SPC Consulting Group, 2019)

### **2.2.30. Estudio de capacidad de procesos**

Davis R. Bothe definió la capacidad de procesos en su libro “Measuring Process Capability: Techniques and Calculations for Quality and Manufacturing Engineers” como la habilidad de un proceso de cumplir con las expectativas del cliente. (Atlas Consultora, 2020)

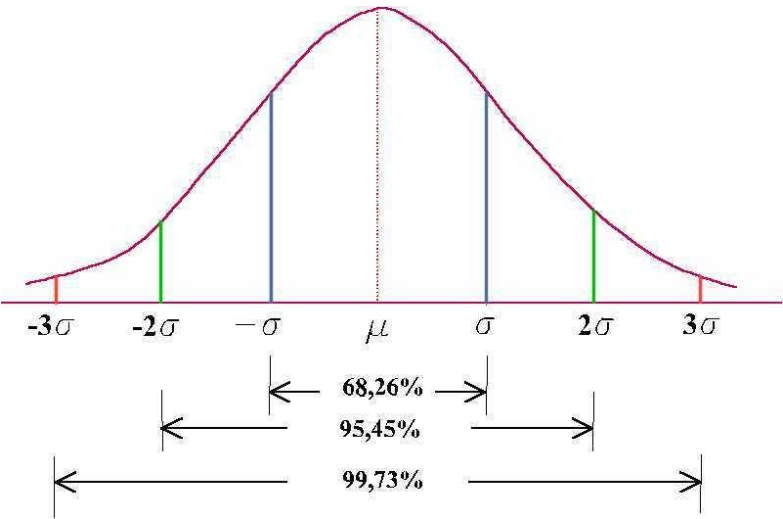
En efecto, aunque el término en español no sea el más agraciado por la confusión que genera (somos muchos los que creemos que la RAE debería permitir el anglicismo “capabilidad” para diferenciarlo de capacidad de producción), la capacidad de procesos es la manera de medir qué tanto se ajusta nuestro proceso a las expectativas del cliente.

Es por eso que nos muestra la variabilidad inherente de un proceso en ausencia de cualquier causa especial indeseable. Esto implica que la variabilidad del mismo es debida exclusivamente a causas comunes. (Atlas Consultora, 2020)

Una característica de calidad cuya variable de respuesta sigue una distribución normal, podemos decir que la curva representa lo que está entregando el proceso, es decir, es la “voz del proceso” e indica lo que está ocurriendo. Por su parte, los límites de especificación definen lo que se considera una falla y, por ende, representan la “voz del cliente” e indica lo que debe ocurrir.

Se puede ver, entonces, que sería deseable que la “voz del proceso” esté siempre dentro de la “voz del cliente”, pero existen varias maneras de evaluar la habilidad o la capacidad de un proceso, que no necesariamente son variantes, sino que a menudo se complementan entre sí. (Atlas Consultora, 2020)

Gráfico 1. Distribución normal Six Sigma



Fuente: cesuma.mx

### **2.2.31. Índice de capacidad potencial del proceso (Cp)**

Uno de los índices más utilizados es el Cp, que mide la capacidad potencial de un proceso. Es decir, evalúa si el proceso es potencialmente capaz de cumplir con las especificaciones del cliente. Para hacerlo, compara la variación tolerada con la variación real. (Atlas Consultora, 2020)

Se puede interpretar que lo deseable es que los procesos tengan un índice Cp mayor a 1 y, por el contrario, si fuese menor a 1, es evidencia suficiente de que el proceso no será capaz de cumplir con las especificaciones.

### **2.2.32. Índice de capacidad real del proceso (Cpk)**

Para evaluar la capacidad de procesos no centrados, se utilizan dos índices complementarios: Cpi y Cps. Estos evalúan al proceso contra cada uno de sus límites, es decir, Cpi mide la capacidad del proceso de cumplir con la especificación inferior mientras que Cps lo hace con la especificación superior. (Atlas Consultora, 2020)

Sin embargo, para expresar la capacidad global del proceso, consideramos el caso menos favorable: aquel en el cual la media se encuentra más cerca del límite de especificación. Es decir: el menor valor entre Cpi y Cps. A este valor lo denominamos Cpk.

A fin de apoyar la interpretación del mismo, podemos identificar algunas consideraciones:

- Cp es siempre positivo
- Si el proceso está centrado  $Cpk = Cp$
- Cpk puede ser positivo, cero o negativo
- Si Cpk es cero, el 50% del producto está fuera de especificación

## **CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **3.1. Tipo de investigación del proyecto**

Se considera de enfoque cuantitativo por que se utilizarán variables cuantificables que sirvan como indicadores y estadísticas que demuestren realidades particulares con cifras; de esta manera este enfoque revelará características exactas del fenómeno, sujeto o población a estudiar.

Por su naturaleza el enfoque cuantitativo, sus análisis se interpretan a la luz de predicciones iniciales y de estudios previos, la interpretación constituye una explicación de cómo los resultados encajan en el contenido existente, este tipo de investigación debe ser lo más objetiva posible. Los fenómenos que se observan o miren no deben ser afectados por el investigador, este debe evitar en lo posible que sus creencias y tendencias influyen en los resultados del estudio o interfieran en los procesos. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista, 2011).

El presente trabajo está diseñado bajo un alcance descriptivo donde se intenta caracterizar el modelo de la estructura organizacional actual y describir los posibles resultados una vez que el modelo propuesto de Lean Six Sigma se ponga en marcha.

Es de diseño no experimental debido a que es una investigación sistemática en la que el investigador no tiene control sobre las variables independientes porque ya ocurrieron los hechos o porque son intrínsecamente manipulables. El estudio se considera no experimental, porque, no se manipulan las variables, solo se observan para luego analizarlas.

De tipo transversal ya que la investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como tomar una fotografía de algo que sucede.

### **3.2. Área de estudio. Macro y Micro localización**

El estudio se realizó en la planta de producción de agua de una embotelladora ubicada en la ciudad de Managua que por razones de confidencialidad no será mencionada en este proyecto.

### **3.3. Unidad de análisis. Población y Muestra**

La unidad de análisis de esta investigación es el indicador de calidad de la planta de producción de agua embotellada. En otras palabras, se centra en analizar y evaluar los procesos de producción y sus variables que afectan la calidad del producto terminado.

Para esta investigación se considera que la población está conformada por todas las etapas del proceso productivo de agua que incluye la extracción, filtración y envasado del producto.

En este proyecto se aplicará una muestra no probabilística y se seguirá el plan de muestreo de calidad definido por la organización.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Objetivo	Variable	Definición	Técnica de recolección de datos	Instrumento
OE 1	Costo de no calidad	Son los costos asociados a los rechazos de calidad del producto terminado.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Análisis documental</li> <li>2. Entrevista</li> <li>3. Observación</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gráfico de Pareto.</li> <li>2. Cuestionario de entrevista.</li> <li>3. Diagrama de SIPOC</li> </ol>
OE2	Variables que inciden en la calidad	Las variables que por su naturaleza impactan en la calidad del producto e incrementan el costo de no calidad.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Entrevista</li> <li>2. Observación directa.</li> <li>3. Revisión de documentos y registros.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Guía de entrevista.</li> <li>2. Hoja de registro</li> <li>3. Diagramas de flujo</li> <li>4. Árbol CTQ</li> </ol>
OE	Defectos de calidad	Cantidad de producto no conforme	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Análisis documental</li> </ol>	Six Pack Capability





## **CAPITULO IV. RESULTADOS**

### **4.1.Fase de definición del estatuto del proyecto Lean Six Sigma**

#### **1. Caso comercial**

**La compañía tiene elevados costos de no calidad asociados a diferentes variaciones en los procesos. En el 2023 este indicador ha incrementado 660% en comparación al 2022 como lo muestra el gráfico 1 y se ha identificado que la participación de agua pura embotellada representa el 63.10% de dicho incremento (ver gráfico 2).**

**Actualmente la compañía produce en promedio 102,576.00 cajas físicas cada mes de agua embotellada en presentaciones de 600, 1000 y 2000 ml.**

**A la fecha en el 2024 se ha contabilizado un rechazado total de 16,441 cajas físicas de agua embotellada que representan U\$42,267.00 los cuales se detallan por presentación en la tabla 1.**

## 2. Descripción de la oportunidad

Con este proyecto se pretende reducir al 50% los costos de no calidad en agua pura embotellada, lo cual implica un ahorro de U\$21,133.70 en concepto de mermas y garantizar el abastecimiento a la bodega de producto terminado.

Por otro lado, se espera que el rendimiento de la producción de agua incremente a 99.21%, con un nivel sigma de 3.9 y un DPMO de 8,198.00 (ver tabla 2)

### Cálculo del nivel sigma y DPMO

<b>Situación actual</b>	
% Defectos	1.57%
% Calidad	98.43%
Nivel Sigma	3.6
DPMO	17,864

<b>Proyecto</b>	
% Defectos	0.79%
% Calidad	99.21%
<b>Nivel Sigma</b>	<b>3.9</b>
<b>DPMO</b>	<b>9,198</b>

*Tabla 2*

### **3. Descripción del objetivo**

- 1. Reducir los costos de no calidad asociados a mermas de agua pura embotellada. (Y)**
- 2. Reducir variabilidad en el proceso de tratamiento de agua.**
- 3. Reducir variabilidad en el proceso de osmosis inversa.**
- 4. Garantizar la eficacia de los procesos de saneamiento en línea 4.**
- 5. Reducir la variabilidad en cuentas microbiológicas (E-Coli, Pseudomonas, Conteo total de bacterias, Hongos y Levaduras).**

### **4. Alcance del proyecto**

#### **Dentro del alcance:**

- 1. Proceso de llenado en Línea 4.**
- 2. Proceso de tratamiento de agua.**
- 3. Proceso de osmosis inversa.**
- 4. Proceso de saneamiento.**

#### **Fuera del Alcance:**

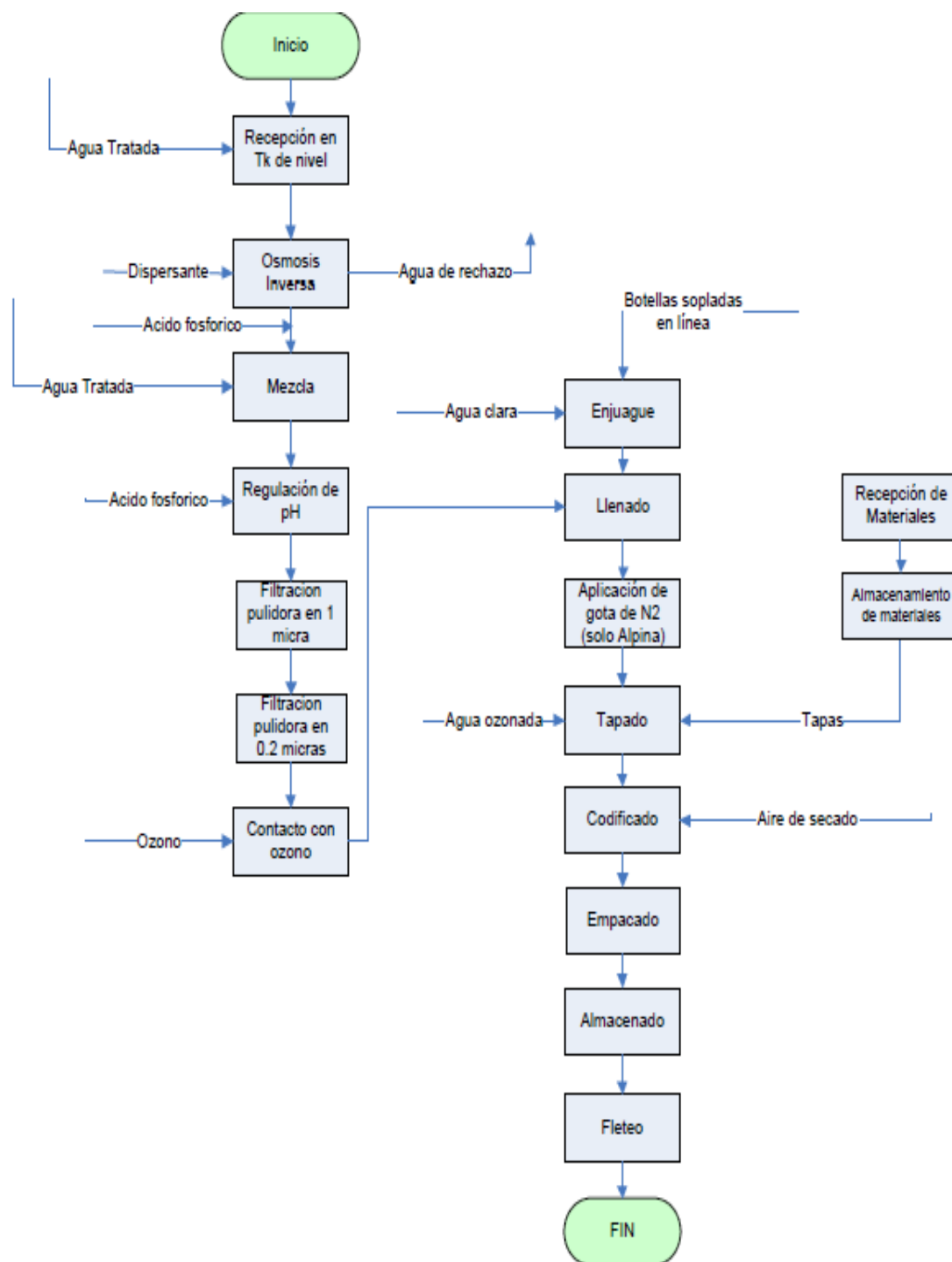
- ✓ Quejas de clientes externos (Details y Consumidores).**






## Mapas del proceso

### SIPOC:



## Mapa de proceso N1



ETAPA	Mes	Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				% Avance
	Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
DEFINIR	D	■	■	■														 100%
MEDIR	M				■	■	■	■										 100%
ANALIZAR	A								■	■	■						 100%	
MEJORAR	I											■	■	■			 0%	
CONTROL	C													■	■	■	 0%	

Actividades Realizadas:

- Definición del Alcance del Proyecto: Se delimitaron claramente los límites del proyecto, identificando las áreas específicas que serían abordadas.
- Recolección de Datos: Se recopilaron datos relevantes sobre el proceso y sus variables, incluida la variable de respuesta Y y las variables independientes X.
- Identificación de los Componentes SIPOC: Se mapearon los proveedores, inputs, procesos, outputs y clientes del proceso en cuestión.
- Análisis de Datos: Se analizaron los datos recopilados para comprender las relaciones entre las variables y su impacto en la variable de respuesta.
- Desarrollo del Estatuto de Proyecto: Con base en el análisis de datos y el diagrama SIPOC, se elaboró un estatuto de proyecto detallado que establece claramente los objetivos, alcance, roles y responsabilidades, así como los criterios de éxito del proyecto Lean Six Sigma.

## Resultados

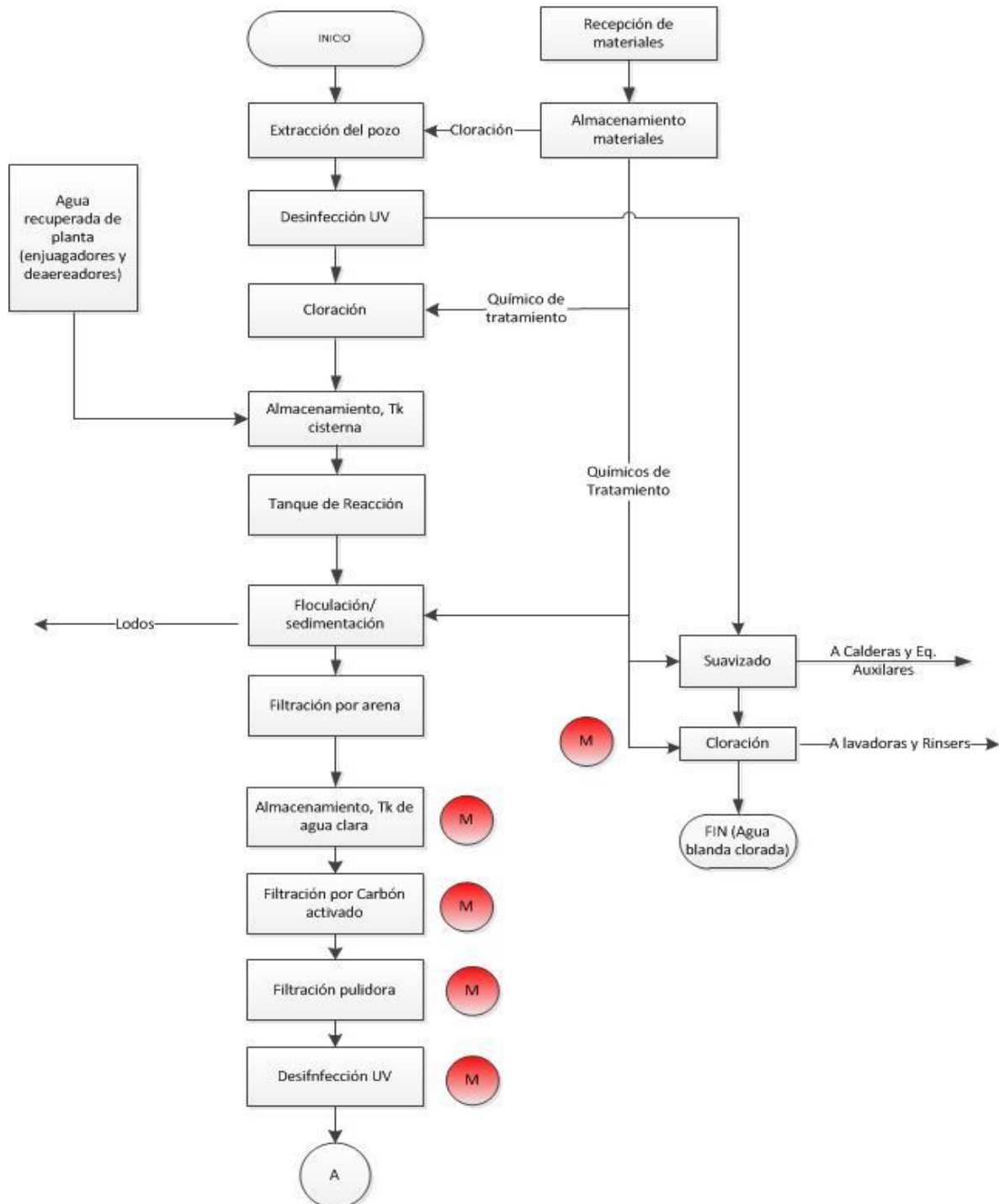
Los principales resultados obtenidos de este proyecto son los siguientes:

- **Diagrama SIPOC Completo:** Se ha desarrollado un diagrama SIPOC completo que proporciona una visión general clara y concisa del proceso, identificando a los proveedores, inputs, procesos, outputs y clientes involucrados.
- **Variables Clave Identificadas:** Se han identificado las variables clave, incluida la variable de respuesta Y y sus variables independientes X, que influyen en el proceso y su rendimiento.
- **Estatuto de Proyecto Definido:** Se ha establecido un estatuto de proyecto Lean Six Sigma que proporciona una guía clara para la ejecución exitosa del proyecto, asegurando que se alcancen los objetivos establecidos.

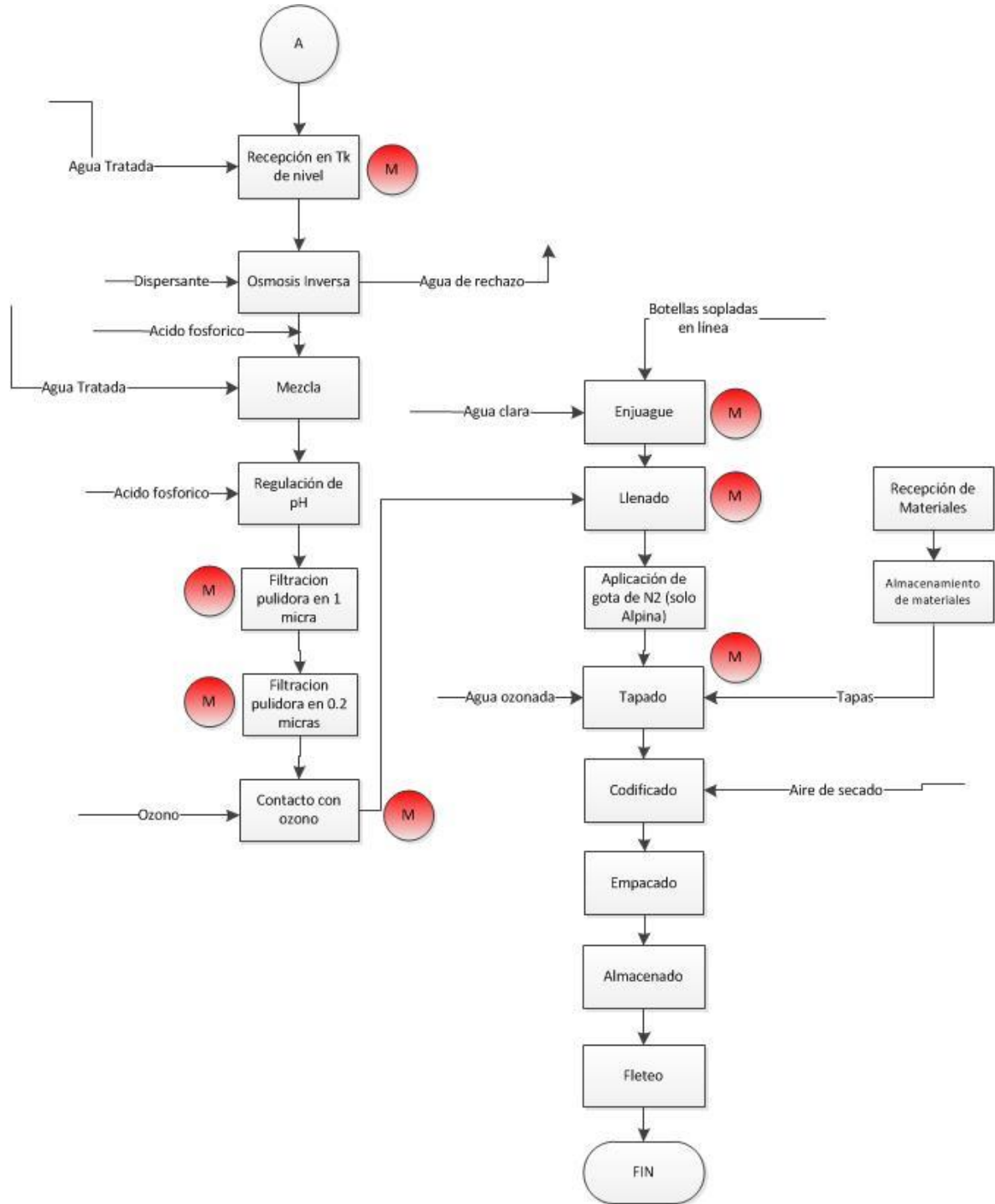
Se utilizó la metodología Lean Six Sigma, que combina principios de Lean Manufacturing y Six Sigma para optimizar procesos y mejorar la calidad. El enfoque se centró en la creación de un diagrama SIPOC (Supplier, Input, Process, Output, Customer) para comprender y visualizar el proceso en su totalidad.

## 4.2.Fase de medición del proyecto Lean Six Sigma

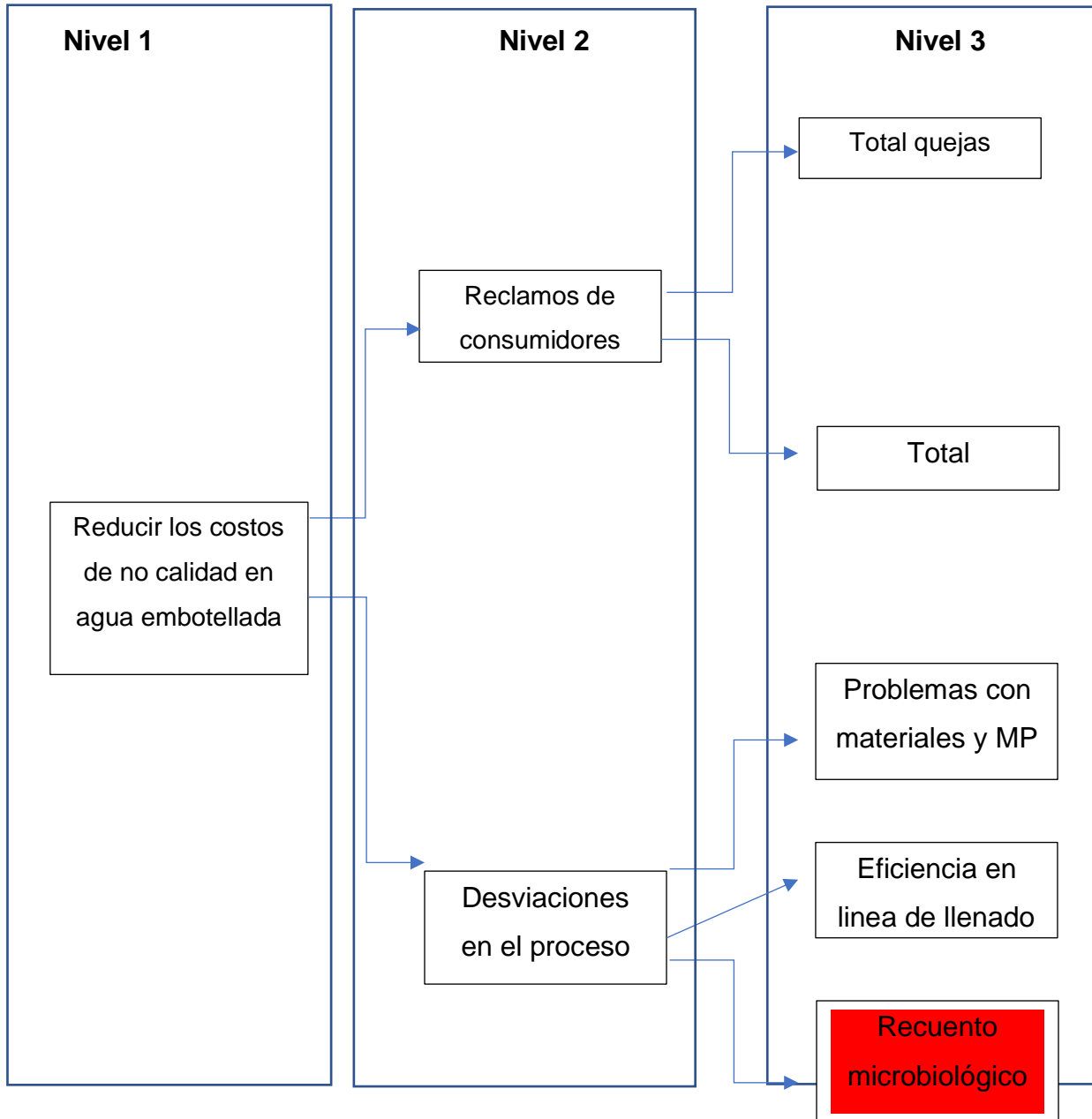
### MAPA DE PROCESO DETALLADO







## Árbol de CTQ



### Matriz de Causa y Efecto

Clasificación de importancia según cliente		5	10	2	7	8	
		1	2	3	4	5	
Etapa Proceso	Entradas Proceso	Contenido Neto	Inocuidad	Termoformado correcto	Presentación del envase	Sabor y olor característico	Total
<b>Extracción de agua</b>	Agua de pozos	0	8	0	0	0	80
<b>Tratamiento de agua</b>	Agua cruda	0	8	0	0	2	26
	Químicos/Aditivos	0	0	0	0	0	0
<b>Osmosis Inversa</b>	Agua tratada	0	10	0	0	8	18
	Ozono	0	10	0	0	2	80
<b>Envasado</b>	Envases pet	0	10	0	8	9	98
	Taparosca	0	10	0	8	9	0
	Etiquetas	0	0	0	8	3	24
	Agua purificada	5	10	7	9	10	120

**Plan de Colección de Datos:**

<b>Plan de Colección de Datos:</b>			<b>Proyecto: Reducción de costos de no calidad asociados a merma de agua embotellada</b>	
<b>BASE LINE METRIC (According to the project goal and the project CTQs)</b>				
(1) Question To Be Answered	(2) Key variable	(3) Operational Definition	(4) Segmentation	(5) Collection Plan
¿Qué factor está influyendo en la merma de agua pura embotellada?	Incidencia microbiológica	Desarrollo de microorganismos patógenos fuera de especificación	Coliformes Totales E-Coli Cuenta Total Pseudomonas Aeruginosas Mohos - Levaduras	<p>Where: A lo largo de la red de la ruta de agua, desde el pozo hasta la línea 4</p> <p>When: Datos del 06 de Mayo al 15 de Diciembre 2014</p> <p>Who: Analistas de microbiología</p> <p>How: Tomando muestras en 18 puntos del tren de agua bajo los lineamientos de monitoreo microbiológico de Coca Cola company en la circular técnica 202-V1</p>

### Índices de microbiología para la ruta de agua.

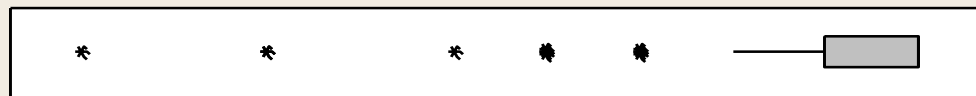
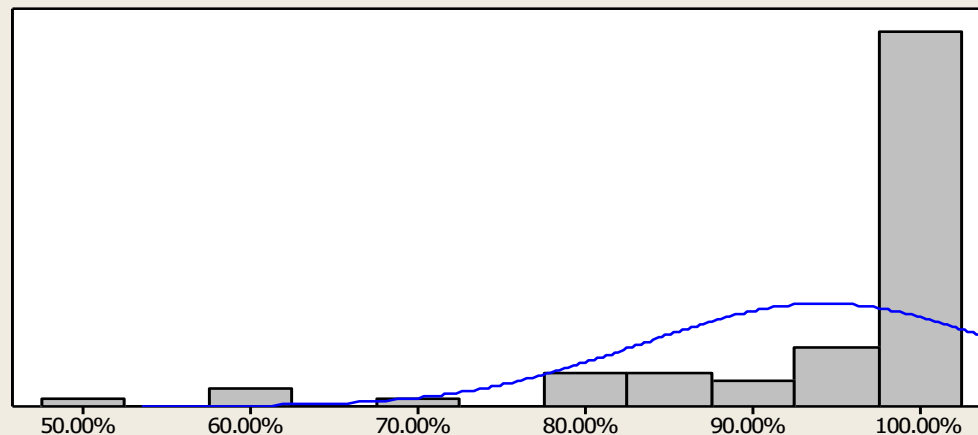
<b>Sample</b>	<b>Coliformes Totales</b>	<b>E-Coli</b>	<b>Cuenta Total</b>	<b>PA</b>	<b>M&amp;L</b>
06-mayo	100%	100%	100%	100%	83%
12-mayo	100%	100%	94%	100%	78%
19-mayo	100%	100%	89%	89%	78%
26-mayo	100%	100%	94%	94%	67%
02-jun	100%	100%	72%	100%	78%
09-jun	100%	100%	83%	100%	56%
16-jun	100%	100%	78%	100%	56%
23-jun	100%	100%	94%	100%	72%
30-jun	100%	100%	100%	100%	67%
07-jul	100%	100%	89%	100%	78%
14-jul	100%	100%	89%	100%	72%
22-jul	100%	100%	94%	94%	61%
29-jul	100%	100%	83%	100%	89%
04-ago	100%	100%	100%	100%	72%
08-ago	100%	100%	100%	100%	89%
11-ago	100%	100%	100%	100%	89%
15-ago	100%	100%	100%	100%	89%
20-ago	94%	100%	100%	94%	89%
25-ago	100%	100%	100%	100%	100%
02-sep	89%	89%	100%	100%	100%
03-sep	100%	100%	100%	100%	100%
09-sep	100%	100%	100%	100%	100%
17-sep	50%	50%	78%	100%	100%
22-sep	94%	94%	94%	100%	100%
25-sep	100%	100%	100%	100%	100%
20-oct	61%	61%	83%	100%	100%
22-oct	61%	61%	89%	100%	100%

<b>Sample</b>	<b>Coliformes Totales</b>	<b>E-Coli</b>	<b>Cuenta Total</b>	<b>PA</b>	<b>M&amp;L</b>
24-oct	78%	78%	100%	100%	100%
27-oct	94%	94%	78%	100%	100%
28-oct	89%	89%	100%	100%	100%
31-oct	78%	78%	100%	100%	100%
04-nov	72%	72%	72%	100%	100%
07-nov	100%	100%	100%	100%	100%
08-nov	100%	100%	100%	100%	100%
10-nov	100%	100%	56%	100%	100%
11-nov	94%	94%	94%	100%	100%
12-nov	94%	94%	78%	100%	100%
13-nov	83%	83%	94%	100%	100%
14-nov	89%	89%	94%	100%	100%
15-nov	78%	78%	94%	100%	100%
16-nov	83%	83%	67%	100%	100%
17-nov	78%	78%	78%	100%	100%
18-nov	94%	94%	100%	100%	100%
21-nov	83%	83%	100%	100%	100%
23-nov	83%	83%	94%	100%	100%
24-nov	100%	100%	94%	100%	100%
25-nov	100%	100%	83%	100%	100%
26-nov	100%	100%	100%	100%	100%
27-nov	100%	100%	61%	100%	100%
30-nov	100%	100%	89%	100%	100%
01-dic	100%	100%	61%	100%	100%
02-dic	100%	100%	89%	100%	100%
03-dic	100%	100%	94%	100%	100%
04-dic	100%	100%	100%	100%	100%
05-dic	100%	100%	100%	100%	100%

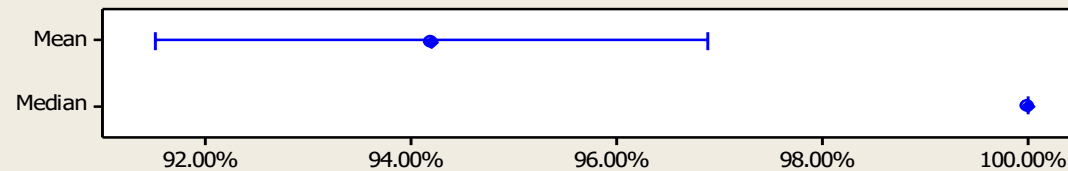
06-dic	100%	100%	94%	100%	100%
07-dic	100%	100%	94%	100%	100%
08-dic	100%	100%	100%	100%	100%
09-dic	100%	100%	89%	100%	100%
10-dic	100%	100%	94%	100%	100%
11-dic	100%	100%	100%	100%	100%
12-dic	100%	100%	100%	100%	100%
13-dic	100%	100%	94%	100%	100%
14-dic	100%	100%	94%	100%	100%
15-dic	100%	100%	67%	100%	100%

## Análisis Estadístico de variables microbiológicas:

### Summary for Coliformes T



#### 95% Confidence Intervals



#### Anderson-Darling Normality Test

A-Squared	10.62
P-Value <	0.005

Mean	0.94192
StDev	0.10914
Variance	0.01191
Skewness	-2.24480
Kurtosis	4.99053
N	66

Minimum	0.50000
1st Quartile	0.94444
Median	1.00000
3rd Quartile	1.00000
Maximum	1.00000

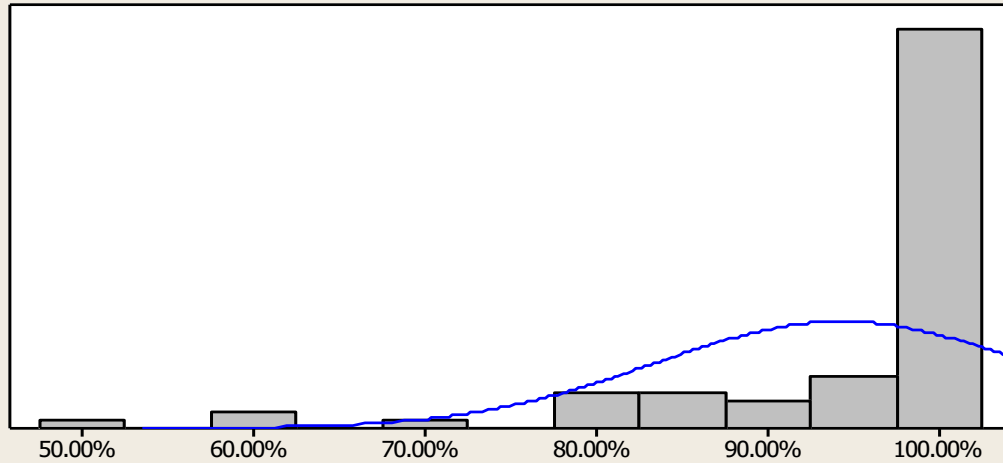
95% Confidence Interval for Mean	
0.91509	0.96875

95% Confidence Interval for Median	
1.00000	1.00000

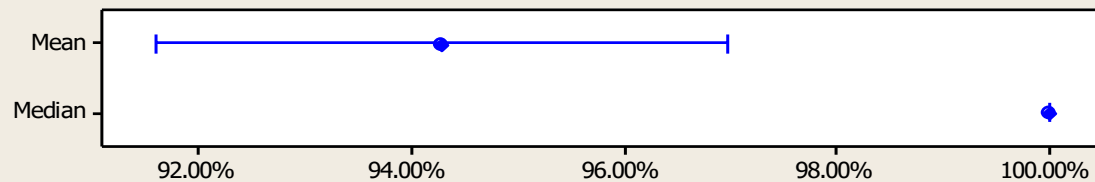
95% Confidence Interval for StDev	
0.09318	0.13175



## Summary for E-Coli



### 95% Confidence Intervals



### Anderson-Darling Normality Test

A-Squared	10.99
P-Value <	0.005

Mean	0.94276
StDev	0.10938
Variance	0.01196
Skewness	-2.25187
Kurtosis	4.99589
N	66

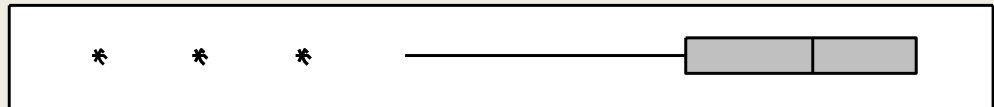
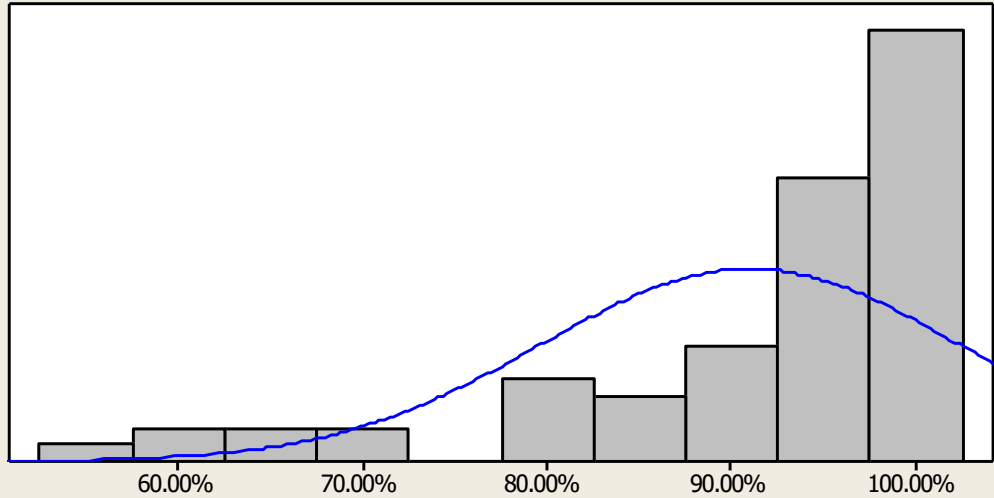
Minimum	0.50000
1st Quartile	0.94444
Median	1.00000
3rd Quartile	1.00000
Maximum	1.00000

95% Confidence Interval for Mean	
0.91587	0.96965

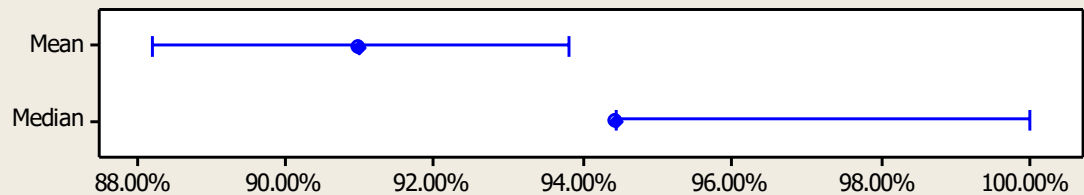
95% Confidence Interval for Median	
1.00000	1.00000

95% Confidence Interval for StDev	
0.09338	0.13204

## Summary for Cuenta Total



### 95% Confidence Intervals



### Anderson-Darling Normality Test

A-Squared 5.23  
P-Value < 0.005

Mean 0.90993  
StDev 0.11355  
Variance 0.01289  
Skewness -1.44781  
Kurtosis 1.38375  
N 66

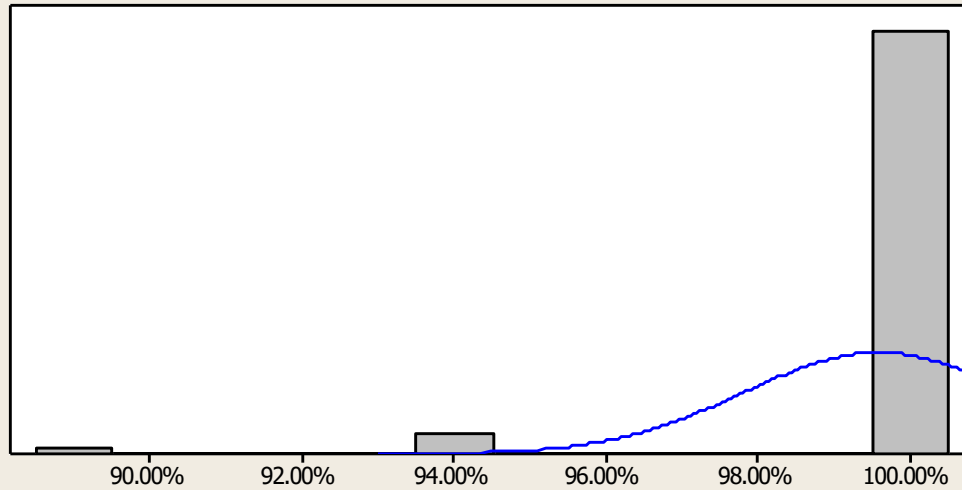
Minimum 0.55556  
1st Quartile 0.87500  
Median 0.94444  
3rd Quartile 1.00000  
Maximum 1.00000

95% Confidence Interval for Mean  
0.88202 0.93785

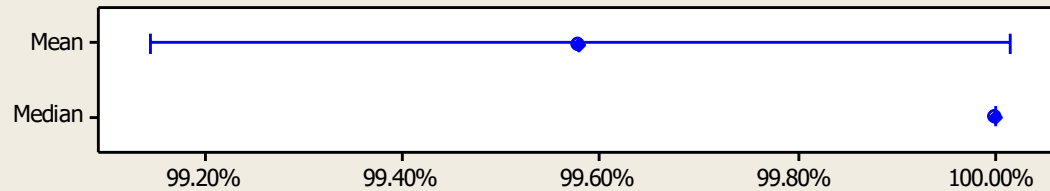
95% Confidence Interval for Median  
0.94444 1.00000

95% Confidence Interval for StDev  
0.09694 0.13707

## Summary for PA



### 95% Confidence Intervals



### Anderson-Darling Normality Test

A-Squared	22.50
P-Value <	0.005

Mean	0.99579
StDev	0.01773
Variance	0.00031
Skewness	-4.6196
Kurtosis	22.7127
N	66

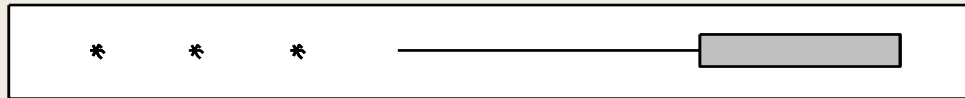
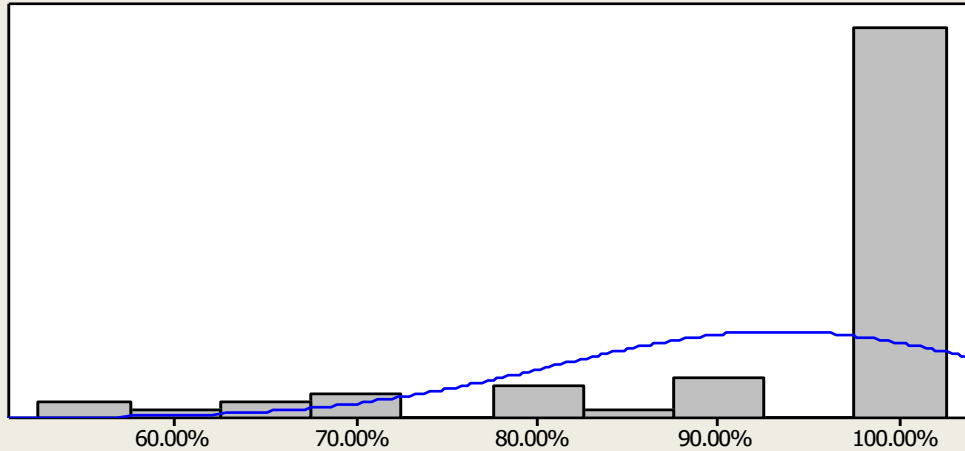
Minimum	0.88889
1st Quartile	1.00000
Median	1.00000
3rd Quartile	1.00000
Maximum	1.00000

95% Confidence Interval for Mean	
0.99143	1.00015

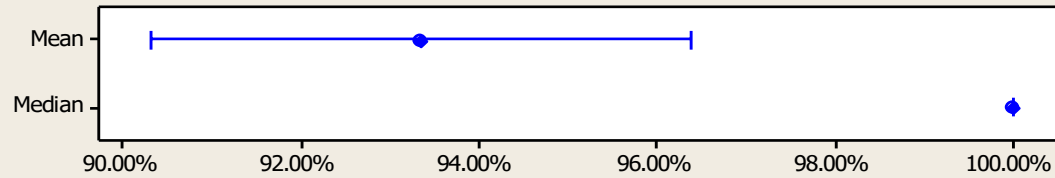
95% Confidence Interval for Median	
1.00000	1.00000

95% Confidence Interval for StDev	
0.01514	0.02140

## Summary for M&L



### 95% Confidence Intervals



### Anderson-Darling Normality Test

A-Squared 12.22  
P-Value < 0.005

Mean 0.93350  
StDev 0.12374  
Variance 0.01531  
Skewness -1.76046  
Kurtosis 1.97694  
N 66

Minimum 0.55556  
1st Quartile 0.88889  
Median 1.00000  
3rd Quartile 1.00000  
Maximum 1.00000

### 95% Confidence Interval for Mean

0.90308 0.96392

### 95% Confidence Interval for Median

1.00000 1.00000

### 95% Confidence Interval for StDev

0.10564 0.14937

### Pruebas de Normalidad Utilizadas:

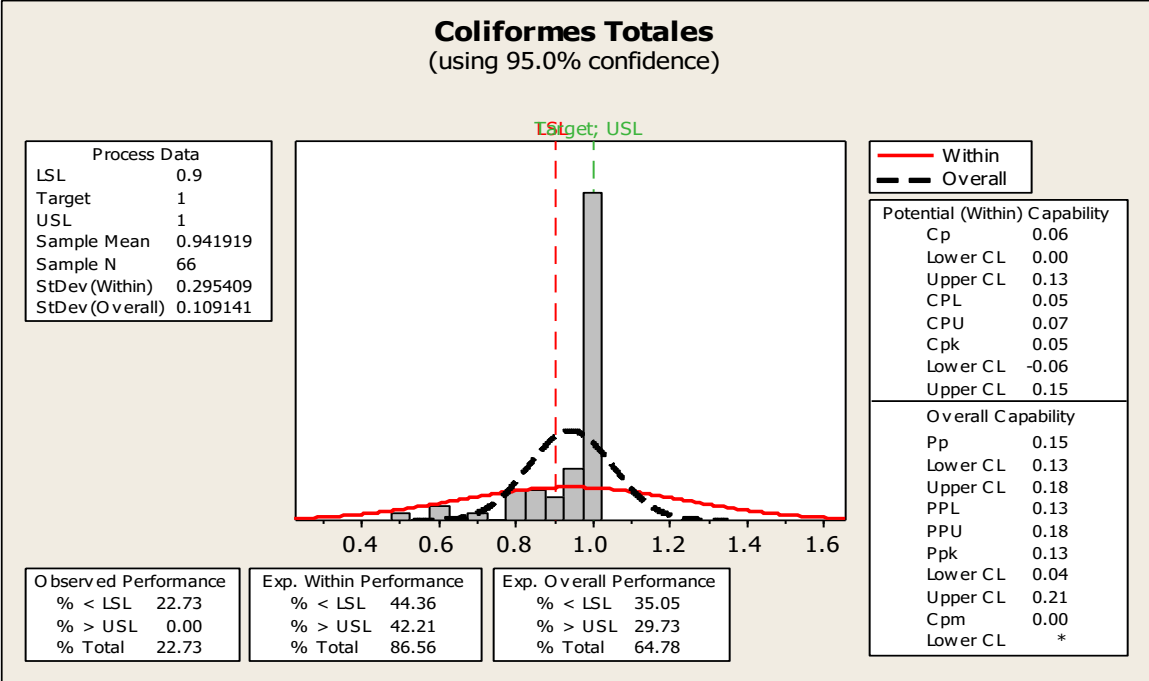
Las pruebas de normalidad que se utilizaron, como la prueba de Shapiro-Wilk, la prueba de Kolmogorov-Smirnov, o la prueba de Anderson-Darling.

### Interpretación de los Resultados:

- Si la p-value asociada a la prueba de normalidad es mayor que el nivel de significancia (por ejemplo, 0.05), podrías concluir que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de normalidad.
- Si la p-value es menor que el nivel de significancia, podrías concluir que hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de normalidad.

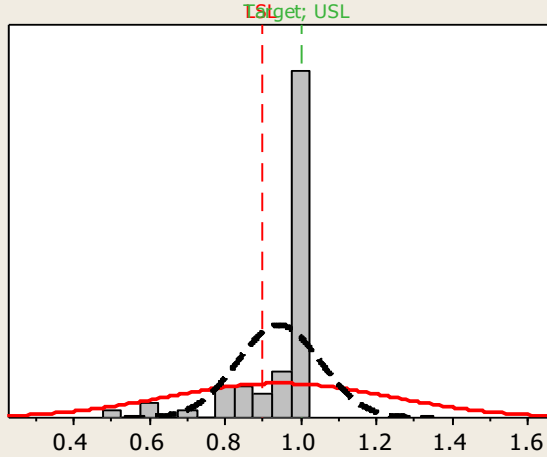
En base a los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk, con una p-value de 0.067, no encontramos evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de normalidad. Por lo tanto, podemos asumir razonablemente que los datos siguen una distribución normal. Esto sugiere que los métodos paramétricos pueden ser apropiados para el análisis estadístico subsiguiente. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la normalidad de los datos es solo uno de varios supuestos que deben cumplirse para los métodos paramétricos. Se recomienda realizar análisis adicionales para verificar otros supuestos y considerar la posibilidad de transformar los datos si es necesario para cumplir con los supuestos requeridos.

# Análisis de Capacidad del proceso:



### E-Coli (using 95.0% confidence)

Process Data	
LSL	0.9
Target	1
USL	1
Sample Mean	0.942761
Sample N	66
StDev (Within)	0.295409
StDev (Overall)	0.109375



— Within  
- - Overall

Potential (Within) Capability	
Cp	0.06
Lower CL	0.00
Upper CL	0.13
CPL	0.05
CPU	0.06
Cpk	0.05
Lower CL	-0.06
Upper CL	0.15
Overall Capability	
Pp	0.15
Lower CL	0.13
Upper CL	0.18
PPL	0.13
PPU	0.17
Ppk	0.13
Lower CL	0.05
Upper CL	0.21
Cpm	0.00
Lower CL	*

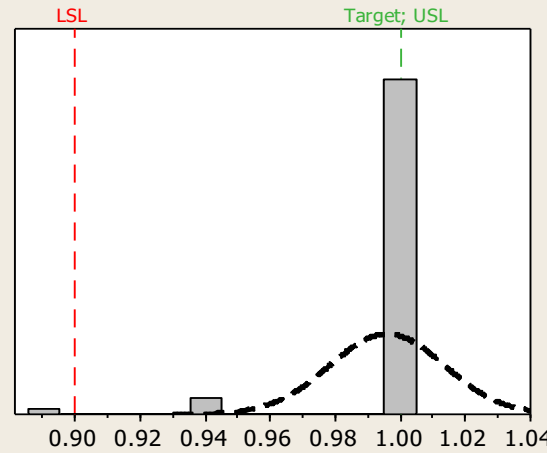
Observed Performance	
% < LSL	22.73
% > USL	0.00
% Total	22.73

Exp. Within Performance	
% < LSL	44.25
% > USL	42.32
% Total	86.56

Exp. Overall Performance	
% < LSL	34.79
% > USL	30.04
% Total	64.83

### Pseudomona Aeruginosa (using 95.0% confidence)

Process Data	
LSL	0.9
Target	1
USL	1
Sample Mean	0.995791
Sample N	66
StDev (Within)	0
StDev (Overall)	0.0177313



— Within  
- - Overall

Potential (Within) Capability	
Cp	*
Lower CL	*
Upper CL	*
CPL	*
CPU	*
Cpk	*
Lower CL	*
Upper CL	*
Overall Capability	
Pp	0.94
Lower CL	0.78
Upper CL	1.10
PPL	1.80
PPU	0.08
Ppk	0.08
Lower CL	-0.00
Upper CL	0.16
Cpm	0.00
Lower CL	*

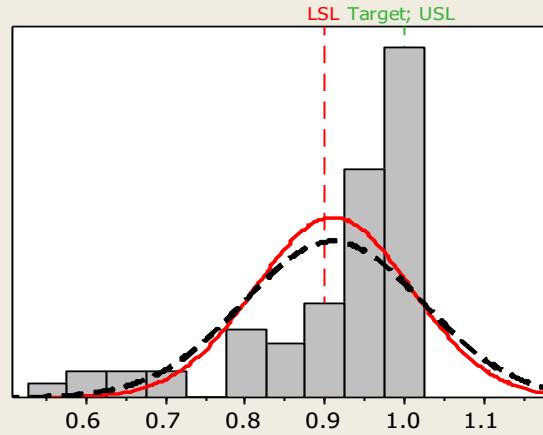
Observed Performance	
% < LSL	1.52
% > USL	0.00
% Total	1.52

Exp. Within Performance	
% < LSL	*
% > USL	*
% Total	*

Exp. Overall Performance	
% < LSL	0.00
% > USL	40.62
% Total	40.62

### Cuenta Total (using 95.0% confidence)

Process Data	
LSL	0.9
Target	1
USL	1
Sample Mean	0.909933
Sample N	66
StDev(Within)	0.0984697
StDev(Overall)	0.113548



— Within  
- - Overall

Potential (Within) Capability	
Cp	0.17
Lower CL	0.01
Upper CL	0.38
CPL	0.03
CPU	0.30
Cpk	0.03
Lower CL	-0.06
Upper CL	0.13

Overall Capability	
Pp	0.15
Lower CL	0.12
Upper CL	0.17
PPL	0.03
PPU	0.26
Ppk	0.03
Lower CL	-0.05
Upper CL	0.11
Cpm	0.00
Lower CL	*

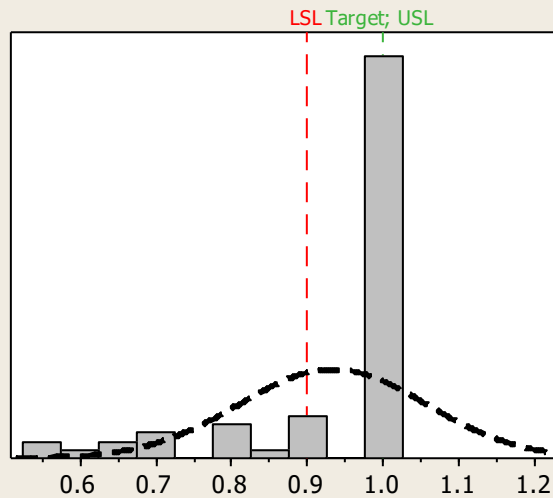
Observed Performance	
% < LSL	34.85
% > USL	0.00
% Total	34.85

Exp. Within Performance	
% < LSL	45.98
% > USL	18.02
% Total	64.00

Exp. Overall Performance	
% < LSL	46.51
% > USL	21.38
% Total	67.90

### Mohos & Levaduras (using 95.0% confidence)

Process Data	
LSL	0.9
Target	1
USL	1
Sample Mean	0.933502
Sample N	66
StDev(Within)	0
StDev(Overall)	0.123736



— Within  
- - Overall

Potential (Within) Capability	
Cp	*
Lower CL	*
Upper CL	*
CPL	*
CPU	*
Cpk	*
Lower CL	*
Upper CL	*

Overall Capability	
Pp	0.13
Lower CL	0.11
Upper CL	0.16
PPL	0.09
PPU	0.18
Ppk	0.09
Lower CL	0.01
Upper CL	0.17
Cpm	0.00
Lower CL	*

Observed Performance	
% < LSL	27.27
% > USL	0.00
% Total	27.27

Exp. Within Performance	
% < LSL	*
% > USL	*
% Total	*

Exp. Overall Performance	
% < LSL	39.33
% > USL	29.55
% Total	68.88



## **Metodología**

Para llevar a cabo este análisis, se utilizaron las herramientas estadísticas Cp y Cpk, que proporcionan una medida de la capacidad del proceso para cumplir con las especificaciones del cliente. Estos índices se calcularon utilizando datos recopilados previamente sobre las variables independientes X y su impacto en la calidad del proceso.

## **Actividades Realizadas**

- **Recopilación de Datos:** Se recopilaron datos relevantes sobre las variables independientes X identificadas durante el análisis previo del proceso de producción.
- **Cálculo de Cp y Cpk:** Se calcularon los índices Cp y Cpk para cada una de las variables independientes X, utilizando las especificaciones del cliente como referencia.
- **Análisis de Resultados:** Se analizaron los resultados obtenidos de los índices Cp y Cpk para determinar la capacidad del proceso para cumplir con las especificaciones del cliente y el impacto de las variables independientes X en la calidad del proceso.




## Resultados

Los principales resultados obtenidos de este análisis son los siguientes:

- **Índices Cp y Cpk Calculados:** Se han calculado los índices Cp y Cpk para cada una de las variables independientes X identificadas previamente.
- **Capacidad del Proceso Evaluada:** Se ha evaluado la capacidad del proceso para cumplir con las especificaciones del cliente en función de los valores de Cp y Cpk obtenidos.
- **Impacto de Variables Independientes X:** Se ha identificado el impacto de las variables independientes X en la calidad del proceso mediante el análisis de los índices Cp y Cpk.

### 4.3. Análisis de los resultados estadísticos

#### 4.3.1. Correlación de múltiples variables:

Multiple Regression for Indicador Report Card		
Check	Status	Description
Amount of Data		Your sample is large enough ( $n = 85$ ) to obtain a precise estimate of the strength of the relationship.
Unusual Data		<ul style="list-style-type: none"><li>• Large residuals: 6 data points have large residuals and are not well fit by the equation. These points are marked in red on the Diagnostic Report.</li><li>• Unusual X values: 7 data points have unusual X values, which can strongly influence the model equation. These points are marked on the Diagnostic Report.</li></ul> You can hover over a point or use Minitab's brushing feature to identify the worksheet rows. Because unusual data can have a strong influence on the results, try to identify the cause for their unusual nature. Correct any data entry or measurement errors. Consider removing data that are associated with special causes and redoing the analysis.
Normality		Because you have at least 15 data points, normality is not an issue. If the number of data points is small and the residuals are not normally distributed, the p-values used to determine whether there is a significant relationship between the Xs and Y may not be accurate.

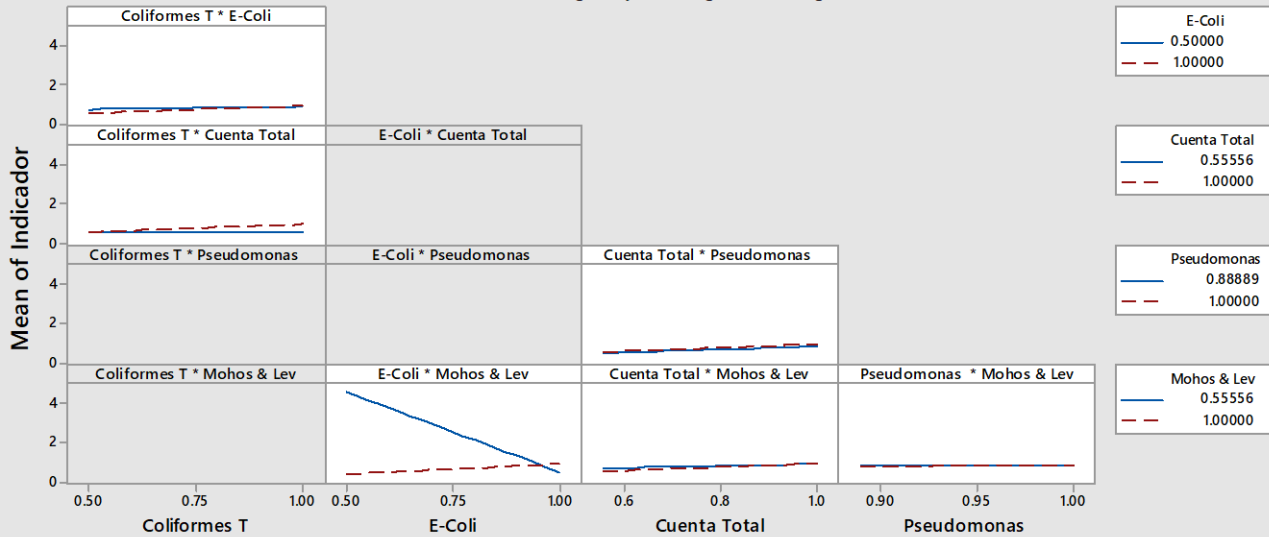
#### Comentarios:

1. La cantidad de datos usados para el modelo de regresión es suficiente.
2. Hay normalidad en los datos del modelo.

## Multiple Regression for Indicador Effects Report

### Interaction Plots for Indicador

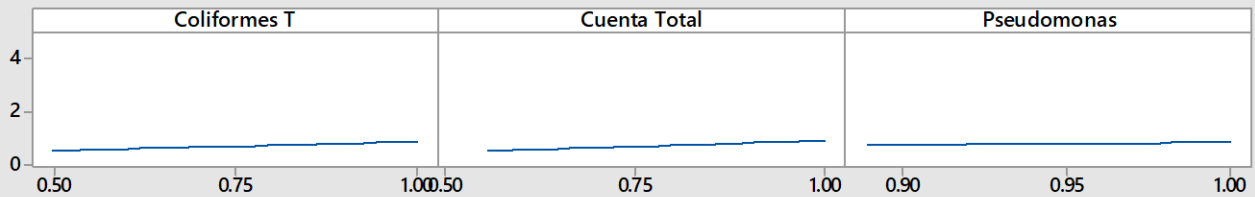
Describes how Indicador changes if you change the settings of two X variables.



### Main Effects Plots for Indicador

Describes how Indicador changes if you change the settings of one X variable.

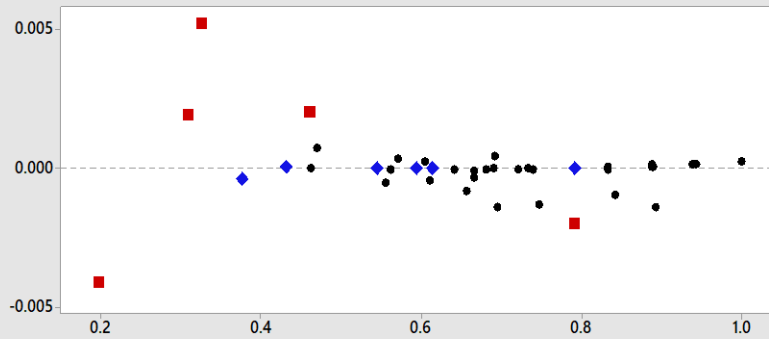
If there is an interaction between X variables, use the interaction plots to determine the best variable settings.



# Multiple Regression for Indicator Diagnostic Report

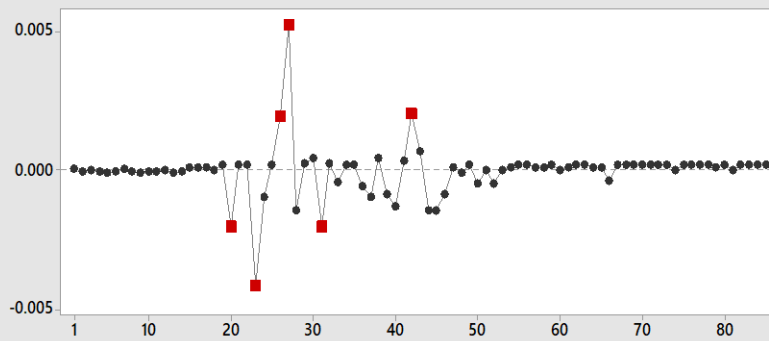
### Residuals vs Fitted Values

Look for nonrandom patterns and large residuals.



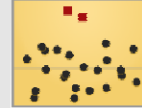
### Residuals vs Observation Order

Look for nonrandom patterns and large residuals.

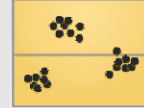


Look for these patterns:

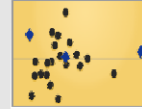
#### Large Residuals



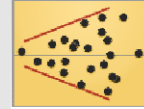
#### Clusters



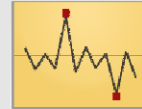
#### Unusual X Values



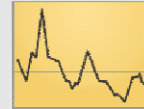
#### Unequal Variation



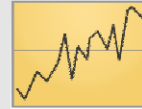
#### Large Residuals



#### Cyclical



#### Trend



#### Shifts



## Multiple Regression for Indicator Model Building Report

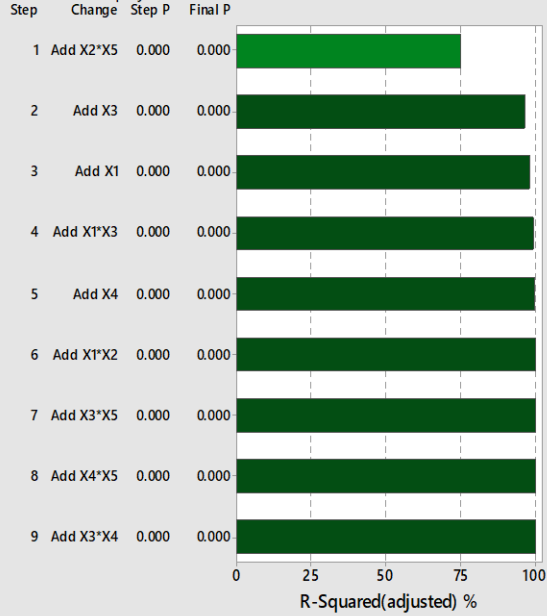
X1: Coliformes T X2: E-Coli X3: Cuenta Total X4: Pseudomonas X5: Mohos & Lev

### Final Model Equation

$$\text{Indicador} = 0.843436 + 0.067859 X1 + 0.091785 X3 + 0.013756 X4 + 0.008057 X1 \cdot X2 + 0.018496 X1 \cdot X3 + 0.231446 X2 \cdot X5 + 0.001230 X3 \cdot X4 + 0.011841 X3 \cdot X5 + 0.001622 X4 \cdot X5$$

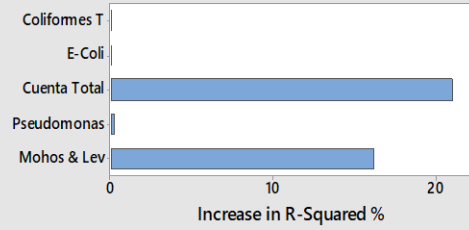
### Model Building Sequence

Displays the order in which terms were added or removed.



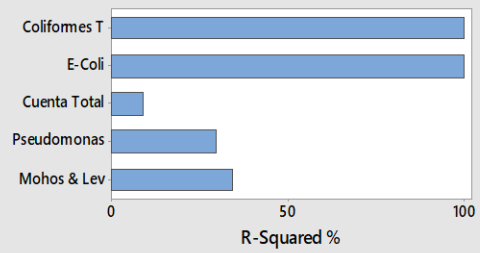
### Incremental Impact of X Variables

Long bars represent Xs that contribute the most new information to the model.



### Each X Regressed on All Other Terms

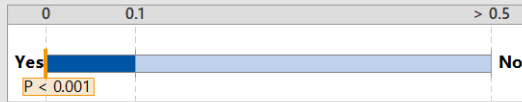
Long bars represent Xs that do not help explain additional variation in Y.



A gray bar represents an X variable not in the model.

## Multiple Regression for Indicador Summary Report

Is there a relationship between Y and the X variables?



The relationship between Y and the X variables in the model is statistically significant ( $p < 0.10$ ).

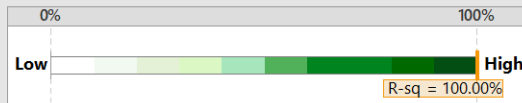
Comments

The following terms are in the fitted equation that models the relationship between Y and the X variables:

X1: Coliformes T  
 X3: Cuenta Total  
 X4: Pseudomonas AG  
 X1\*X2; X1\*X3; X2\*X5; X3\*X4; X3\*X5; X4\*X5

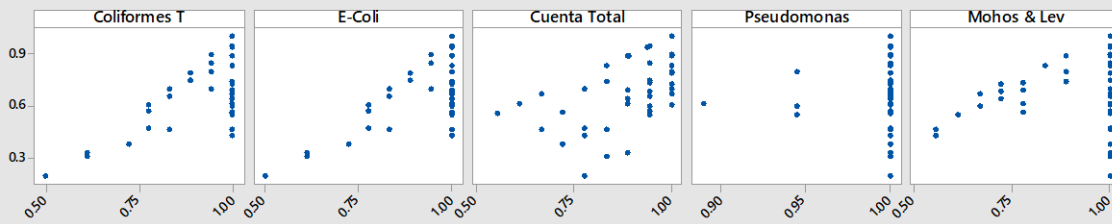
If the model fits the data well, this equation can be used to predict Indicador for specific values of the X variables, or find the settings for the X variables that correspond to a desired value or range of values for Indicador.

% of variation explained by the model



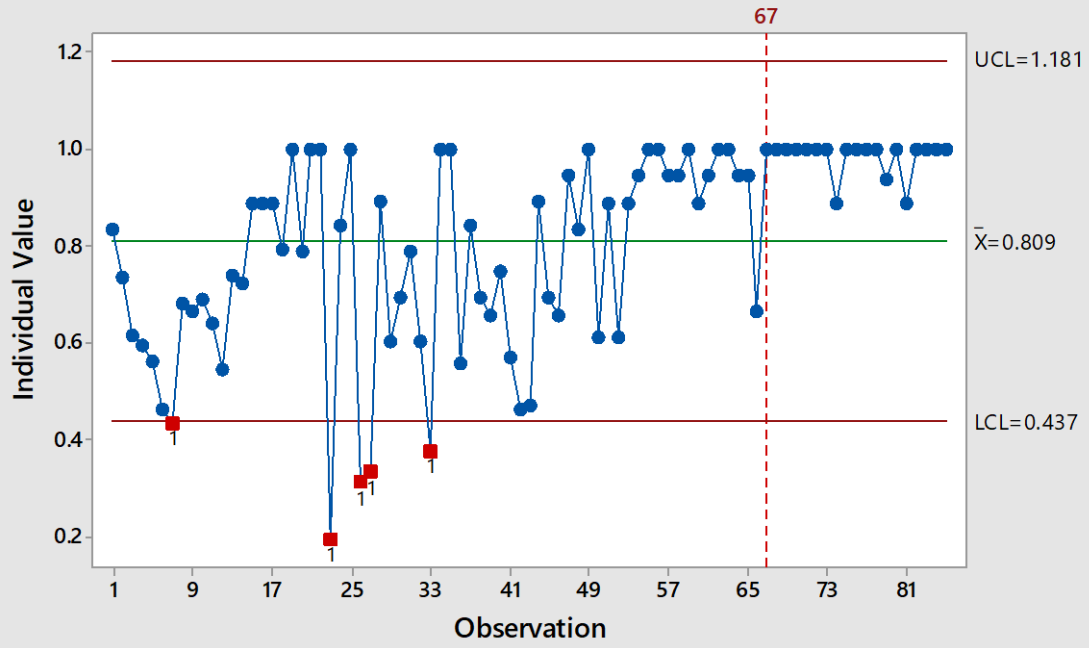
100.00% of the variation in Y can be explained by the regression model.

Indicador vs X Variables



A gray background represents an X variable not in the model.

### I Chart of Indicator





# ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO Y SUS EFECTOS (AMFE)

<b>Nombre del Sistema (Título):</b>	Embotellado de agua purificada	<b>Fecha AMFE:</b>	20/04/2024
<b>Responsable (Dpto. / Área):</b>	Producción	<b>Fecha Revisión</b>	

Etapa +D10+A10:N20+D+A10:N20	Modo de Fallo	Efecto	Causas	Método de detección	G gravedad	O ocurrencia	D detección	NPR inicial	Acciones recomend.	Responsable	Acción Tomada	G gravedad	O ocurrencia	D detección	NPR final
Extracción de agua	La desinfección es deficiente	Carga alta de patógenos en el agua de entrada	Equipo de cloración no dosifica correctamente	Calibración periódica del dosificador	10	2	5	100	Cumplir con e plan de mantenimiento y calibración de equipos	Coordinador de Mtto					0
			Capacidad de flujo volumetrico fuera de especificación de lámparas UV	Ninguno	10	2	10	200	Instalación de flujometro y monitoreo	Coordinador de Mtto					0
Tratamiento de agua	Cloración deficiente	Desarrollo de patógenos	Equipo de cloración no dosifica correctamente	Calibración periódica del dosificador	10	2	9	180	Cumplir con e plan de mantenimiento y calibración de equipos	Coordinador de Mtto					
	Falla en el filtro de arena	Arrastre de particulas de Floc		Análisis periodico de Sólidos totales disueltos	5	2	9	90	Mantener las especificaciones	Operador de tratamiento de agua					0
	Falla en el filtro de carbón activado	Arrastre de cloro residual		Análisis periodico de cloro residual	6	2	9	108	Mantener las especificaciones	Operador de tratamiento de agua					0

	Fallo en el filtro pulidor	Arrastre de partículas de carbón		Análisis periódico de Sólidos totales disueltos	6	2	9	108	Mantener las especificaciones	Operador de tratamiento de agua						0
	Fallo en lámparas UV 1-2	Permite el paso de patógenos que no elimina el cloro	Capacidad de flujo volumetrico fuera de especificación	Ninguno	10	2	10	200	Ajustar el flujo volumetrico a las especificaciones del equipo	Coordinador de Mtto						0
Osmosis Inversa	Fallo del sistema de barreras múltiples	Permite el paso de sólidos disueltos en el agua	Membranas de osmosis deterioradas	Programa de mantenimiento preventivo	10	10	6	600	Cambiar las membranas del osmosis inversa	Coordinador de Mtto						0
			Filtros pulidores deteriorados	Programa de mantenimiento preventivo	6	2	2	24	Cumplir con e plan de mantenimieto y calibración de equipos	Coordinador de Mtto						0
	Aplicación de ozono deficiente	Desarrollo de patógenos en producto final	Equipo dosificador de ozono no está calibrado	Alarma de paro de línea cuando la concentración en baja.	10	10	2	200	Crear un acceso restringido para no desajustar el equipo	Coordinador de Mtto						0
Envasado	Enjuague de envase deficiente	Envase puede contaminarse	Tuberías de rinser obstruidas	Check list de arranque de línea incluye revisión de rinser	10	6	2	120	Cumplir con e plan de mantenimieto y calibración de equipos	Coordinador de Mtto						0
	Contaminación micro en producto terminado	Producto no conforme para rechazo	Puntos muertos en linea de distribución	Muestreo a lo largo de la linea de distribución de agua. 72 Horas para obtener resultados	10	10	10	1000	Independizar la tubería exclusiva para llenar agua en línea 4	Jefe de proyectos						
	Enjuague de tapas deficiente	Tapas pueden contaminarse	Concentración de peracetico bajo	Monitoreo periodico de la concentración de peracetico	10	6	2	120	Calibración semanal de dosificador de peracetico	Técnico ECOLAB						0

Valores de G entre 1 y 10; Valores de O entre 1 y 10; Valores de D entre 10 y 1

Borrar Datos

Ir a Gráfico

## Metodología

Para llevar a cabo este análisis, se utilizó la herramienta de regresión múltiple para identificar las relaciones entre las variables independientes y la variable de respuesta (calidad del proceso). Además, se emplearon cartas de control para monitorear la estabilidad del proceso y detectar cualquier desviación significativa.

## Actividades Realizadas

- **Recopilación de Datos:** Se recopilaron datos históricos sobre el proceso de producción, incluyendo datos sobre las variables independientes y la calidad del proceso.
- **Análisis de Regresión Múltiple:** Se realizó un análisis de regresión múltiple para identificar las variables independientes que tienen un mayor impacto en la calidad del proceso.
- **Desarrollo de Cartas de Control:** Se desarrollaron cartas de control para monitorear la variabilidad del proceso y detectar cualquier desviación significativa.
- **Interpretación de Resultados:** Se interpretaron los resultados de la regresión múltiple y las cartas de control para identificar áreas de mejora y proponer recomendaciones prácticas.

## Resultados

Los principales resultados obtenidos de este análisis son los siguientes:

- **Variables Influyentes Identificadas:** Se identificaron las variables independientes que tienen un impacto significativo en la calidad del proceso, según el análisis de regresión múltiple.
- **Desviaciones Detectadas:** Se detectaron desviaciones significativas en el proceso mediante el análisis de las cartas de control, lo que indica la necesidad de intervención.
- **Propuesta de Mejora:** Basado en los resultados del análisis estadístico, se propone una serie de recomendaciones prácticas para mejorar la calidad del proceso y reducir la variabilidad.

## CAPITULO V. CONCLUSIONES

La compañía tiene un indicador de “**Costos de eventos de no calidad**”, que se está viendo afectado en un 63.10% por las mermas de agua pura embotellada y que a la fecha en el 2024 representa un costo de U\$42,267.41 con un desabasto de 16,141.00 cajas físicas.

Este proyecto SIX SIGMA ha definido la “**Reducción de los costos de no calidad asociados a la merma de agua embotellada**” como la (Y) del proyecto, la cual estará en función de reducir las incidencias microbiológicas en el producto terminado.

El plan de trabajo pretende reducir de 1.57% a 0.79% el porcentaje de defectos, lo cual implica generar un ahorro de U\$21,133.70 al finalizar el proyecto. Adicional se verán beneficiados otros costos que no han sido calculados como son: materiales de microbiología y horas extras en el laboratorio. Por otro lado, como impacto directo se verán beneficiados los indicadores de “Rendimiento de agua” y “Eficiencia”.

Se identificó la microbiología como el CTQ a medir. La incidencia microbiológica está directamente relacionada con las mermas de agua que se ha tenido en el año.

Los datos recolectados son el resultado del muestreo de 18 puntos a lo largo de la ruta de agua tratada desde los pozos hasta la línea 4. El % que se muestra es el índice de microbiología asociado a los puntos muestreados y el total de puntos fuera de especificación.

En esta etapa de medición se presentan 8 meses de resultados microbiológicos de la ruta de agua, tiempo en el cual se han realizado varios ajustes en el proceso para disminuir el impacto principalmente a partir de noviembre.

Según el estudio de capacidad, el proceso no es capaz de cumplir las especificaciones de microbiología.

Se están realizando saneamientos múltiples cada 72 horas que conlleva la aplicación de detergente alcalino y sanitizantes ácidos para disminuir la incidencia microbiológica, mejorando los resultados en las últimas semanas.

Por cada saneamiento de la ruta de agua, se realizará un muestreo de micro que irá alimentando los datos.

Una de causas que se ha visualizado a la fecha tiene que ver con puntos muertos entre tuberías que puede estar generando repuntes de micro.

## **CAPITULO VI. RECOMENDACIONES**

### **6.1.Optimización de Procesos y Saneamiento Continuo:**

Continuar con la implementación de los saneamientos múltiples cada 72 horas utilizando detergentes alcalinos y sanitizantes ácidos para reducir la incidencia microbiológica en la ruta del agua.

Mantener un monitoreo regular de la calidad microbiológica del agua, realizando muestreos después de cada saneamiento para evaluar la efectividad de las medidas tomadas.

### **6.2.Identificación y Eliminación de Puntos Muertos:**

Realizar un análisis detallado de la ruta del agua para identificar y eliminar los puntos muertos entre tuberías que puedan estar contribuyendo a los repuntes microbiológicos.

Implementar medidas de diseño o ingeniería para optimizar el flujo de agua y minimizar la acumulación de microorganismos en puntos muertos.

### **6.3.Mejora Continua y Ajustes en el Proceso:**

Continuar con los ajustes y mejoras en el proceso de tratamiento de agua, basados en los datos recopilados durante el proyecto Six Sigma.

Evaluar periódicamente el impacto de los ajustes realizados y realizar cambios adicionales según sea necesario para alcanzar los objetivos de reducción de incidencias microbiológicas.

#### **6.4.Capacitación del Personal y Conciencia de Calidad:**

Proporcionar capacitación adicional al personal involucrado en el tratamiento y monitoreo del agua sobre las mejores prácticas de saneamiento y control de calidad microbiológica.

Promover una cultura de calidad y conciencia sobre la importancia de la microbiología en el proceso de producción de agua embotellada.

#### **6.5.Monitoreo y Evaluación de Resultados:**

Establecer un sistema de monitoreo continuo para seguir de cerca la calidad microbiológica del agua y los indicadores de rendimiento y eficiencia asociados.

Realizar análisis de capacidad periódicos para evaluar si el proceso cumple con las especificaciones de microbiología y tomar medidas correctivas según sea necesario.

#### **6.6.Análisis de Costos y Beneficios:**

Realizar un análisis detallado de los costos asociados a las incidencias microbiológicas, incluyendo los costos de no calidad, materiales de microbiología y horas extras en el laboratorio.

Evaluar los beneficios económicos y operativos de las mejoras implementadas, incluyendo el ahorro proyectado de U\$21,133.70 y otros costos indirectos que se verán beneficiados.