



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA INDUSTRIAL



**“ESTANDARIZACIÓN DEL NIVEL DE LLENADO PARA EL FORMATO VIDRIO 330
ML SIN GAS MEDIANTE LA METODOLOGIA DMAIC EN LA EMPRESA
CERVECERÍAS CUSCO SAC, 2019”**

Área: Diseño y gestión de sistemas de producción.

Presentado por los bachilleres:

ARESTEGUI TELLO, José Luis

JIMENEZ VARGAS, Daniela Lizbeth

Para Optar El Título Profesional De Ingeniero
Industrial

Asesor: Ing. BLANCO VELASCO, Jesús Raúl.

CUSCO – PERÚ
2019



AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por un día más de vida y por ponernos a personas extraordinarias en el camino.

Agradecemos a nuestros padres los cuales fueron, son y serán nuestra mayor inspiración del día a día para cumplir nuestras metas.

Agradecemos a nuestros hermanos por su apoyo incondicional; por las aventuras y experiencias que quedaran grabadas para toda la vida.

Agradecemos a nuestro asesor el Ing. Jesús Raúl Blanco Velasco, por el apoyo, seguimiento y orientación en el desarrollo de la tesis.

Agradecemos al Ing. Ramiro Farfán Kilian Gerente General de la empresa Cervecerías Cusco S.A.C., por permitirnos desarrollar la tesis en el área de manufactura al mismo tiempo un agradecimiento especial por cooperar con nosotros en el desarrollo de la tesis.



DEDICATORIA

Nuestra tesis la dedicamos a nuestros padres por ser nuestro motor para seguir siempre adelante, por ser las personas tan magnificas que son, aquellas personas que nos enseñaron a luchar por nuestros sueños sin obstáculo e impedimento que exista.

Gracias papas por estar siempre ahí en las buenas y malas, son el mejor ejemplo que pudimos tener en la vida.



ÍNDICE

| | |
|---|-------------|
| AGRADECIMIENTO | II |
| DEDICATORIA | III |
| ÍNDICE | IV |
| RELACIÓN DE TABLAS..... | VII |
| RELACIÓN DE FIGURAS..... | IX |
| RELACIÓN DE ANEXOS | XI |
| ACRÓNIMOS | XII |
| RESUMEN EJECUTIVO | XIII |
| ABSTRACT | XV |
| CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1. Planteamiento del problema | 1 |
| 1.2. Formulación de problemas | 2 |
| 1.2.1. Problema general..... | 2 |
| 1.2.2. Problemas específicos | 2 |
| 1.3. Justificación | 3 |
| 1.3.1. Conveniencia..... | 3 |
| 1.3.2. Relevancia social..... | 3 |
| 1.3.3. Implicancias prácticas | 3 |
| 1.3.4. Valor teórico..... | 3 |
| 1.3.5. Utilidad metodológica..... | 4 |
| 1.4. Objetivos de la investigación..... | 4 |
| 1.4.1. Objetivo general | 4 |
| 1.4.2. Objetivos específicos | 4 |



1.5. Delimitación del estudio.....5

1.5.1. Delimitación espacial5

1.5.2. Delimitación temporal.....5

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....6

2.1. Antecedentes de la tesis6

2.1.1. Antecedentes internacionales6

2.1.2. Antecedentes nacionales8

2.2. Bases teóricas12

2.2.1. Gestión por procesos12

2.2.2. Procesos, caracterización, medición y mejora de los mismos13

2.2.2.1. Proceso13

2.2.2.2. Caracterización de los procesos.....14

2.2.2.3. Medición de los procesos15

2.2.2.4. Mejora de los procesos17

2.2.3. Lean Manufacturing18

2.2.5. Six Sigma23

2.2.7. Herramientas de la metodología “DMAIC”35

2.3. Hipótesis69

2.3.1. Hipótesis general69

2.3.2. Hipótesis específicas69

2.4. Variables.....69

2.4.1. Variable 1:.....69

2.4.2. Variable 2:.....69

CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO.....72

3.1. Tipo de investigación72



3.2. Diseño de la investigación.....72

3.3. Unidad de estudio y muestra72

 3.3.1. Unidad de estudio.....72

 3.3.2. Muestra.....72

CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....74

4.1. Diagnóstico.....74

 4.1.1. Funciones y objetivos de la empresa.....74

 4.1.2. Aspectos organizacionales de la empresa75

 4.1.3. Análisis del entorno empresarial76

 4.1.4. Análisis interno de la empresa (dirección estratégica, organización, cultura organizacional, indicadores de desempeño)77

 4.1.5. Identificación de posibles oportunidades de mejora77

4.2. Descripción detallada del sistema o proceso productivo objeto de estudio78

4.3. Aplicación.....80

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....124

1.1. Resultados respecto al objetivo general y objetivos específicos124

CONCLUSIONES.....127

RECOMENDACIONES129

ANEXOS133



RELACIÓN DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1: <i>Ejemplo de indicadores de desempeño de procesos.</i> | 16 |
| Tabla 2: <i>Tipos de problemas</i> | 21 |
| Tabla 3: <i>Niveles de calidad Sigma</i> | 28 |
| Tabla 4: <i>Matriz de evaluación de factores externos.</i> | 76 |
| Tabla 5: <i>Matriz de evaluación de factores internos.</i> | 77 |
| Tabla 6: <i>Opciones estratégicas.</i> | 77 |
| Tabla 7: <i>Project Charter</i> | 81 |
| Tabla 8: <i>Análisis de criticidad.</i> | 85 |
| Tabla 9: <i>Descripción detallada del análisis de criticidad – Llenado de calderín.</i> | 85 |
| Tabla 10: <i>Descripción detallada del análisis de criticidad – Apertura de válvulas.</i> | 86 |
| Tabla 11: <i>Descripción detallada del análisis de criticidad – Llenado de envases.</i> | 86 |
| Tabla 12: <i>SIPOC.</i> | 87 |
| Tabla 13: <i>Pareto – Voz del cliente.</i> | 87 |
| Tabla 14: <i>Pareto – Fallas técnicas.</i> | 89 |
| Tabla 15: <i>Límites permisibles del formato vidrio 330 ml sin gas.</i> | 90 |
| Tabla 16: <i>Tabla general de datos muestreados para todas las herramientas de la fase medir.</i> | 91 |
| Tabla 17: <i>Datos previos – Histograma.</i> | 92 |
| Tabla 18: <i>Tabla de frecuencias.</i> | 92 |
| Tabla 19: <i>Medidas de tendencia central.</i> | 94 |
| Tabla 20: <i>Medidas de dispersión.</i> | 94 |
| Tabla 21: <i>Cálculos previos – Box Plot.</i> | 95 |
| Tabla 22: <i>Rango Intercuartílico.</i> | 95 |
| Tabla 23: <i>Cálculos previos – Carta X.</i> | 97 |
| Tabla 24: <i>Cálculos previos – Carta R.</i> | 99 |
| Tabla 25: <i>Cálculos previos – Carta S.</i> | 101 |
| Tabla 26: <i>Análisis de modo y efecto de la falla (AMEF).</i> | 106 |
| Tabla 27: <i>Plan de implementación.</i> | 108 |
| Tabla 28: <i>Promedios de niveles de llenado (El cambio sucede).</i> | 110 |
| Tabla 29: <i>Tabla de datos muestreados después de la implementación de mejoras.</i> | 112 |



Tabla 30: *Cálculos previos – Carta X (Segunda fase)*..... 114

Tabla 31: *Cálculos previos – Carta R (Segunda fase)*..... 116

Tabla 32: *Cálculos previos – Carta S (Segunda fase)*..... 118

Tabla 33: *Procedimiento de operación estándar (POE)*..... 121

Tabla 34: *Resultados (Antes - Después)*..... 124

Tabla 35: *Resultados en una hora de producción*..... 125

Tabla 36: *Simulación de horas hombre en operaciones de envasado*..... 126

Tabla 37: *Horas hombre reales de trabajo*..... 126



RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1: Proceso de mejora enfocada.22

Figura 2: Bases teóricas para Six Sigma27

Figura 3: Variables de entrada y salida de un proceso30

Figura 4: Representación gráfica de los cuartiles.....48

Figura 5: Representación gráfica de los deciles.49

Figura 6: Representación gráfica de los percentiles.50

Figura 7: Diagrama Causa-Efecto.65

Figura 8: Organigrama De Cervecerías Cusco S.A.C.75

Figura 9: Diagrama de operaciones de proceso.....80

Figura 10: Árbol CTQ83

Figura 11: Mapa de proceso global83

Figura 12: Mapa de proceso de envasado84

Figura 13: Pareto – Voz del cliente.88

Figura 14: Pareto – Fallas técnicas.....89

Figura 15: Límites permisibles del formato vidrio 330 ml sin gas.90

Figura 16: Histograma de muestras.....93

Figura 17: Box Plot.95

Figura 18: Serie De Tiempo Real.....96

Figura 19: Carta de control X.....98

Figura 20: Carta de control R.100

Figura 21: Carta de control S.102

Figura 22: Capacidad de proceso.103

Figura 23: Lluvia de ideas.....104

Figura 24: Diagrama de Ishikawa.105

Figura 25: Serie de tiempo – El cambio sucede (Antes y después de las mejoras).....111

Figura 26: Carta de control X (Segunda fase).....115

Figura 27: Carta de control R (Segunda fase).....117

Figura 28: Carta de control S (Segunda fase).....119



Figura 29: Capacidad de proceso (Segunda fase). 120

Figura 30: Poka Yoke – Calderín. 122

Figura 31: Poka Yoke – Válvulas..... 123

Figura 32: Resultados (Antes - Después). 125



RELACIÓN DE ANEXOS

| | |
|---|-----|
| Anexo 1: Factores para el cálculo de las líneas centrales y límites de control por variables..... | 133 |
| Anexo 2: Tabla de calificación para el factor de “SEVERIDAD”..... | 134 |
| Anexo 3: Tabla de calificación para el factor de “OCURRENCIA” | 134 |
| Anexo 4: Tabla de calificación para el factor de “DETECTABILIDAD” | 135 |



ACRÓNIMOS

DMAIC: Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar.

SIPOC: Supplier (Proveedor) – Inputs (Recursos) – Process (Proceso) – Outputs (Salida)
– Customers (Cliente).

CTQ: Parámetros de calidad críticos.

POE: Procedimiento de operación estándar.

LUP: Lección de un punto.

CEP: Control estadístico de proceso.

AMEF: Análisis de modo y efecto de fallas.

CP: Capacidad de proceso potencial.

CPK: Capacidad de proceso real.

LIP: Límite inferior permisible.

LC: Límite central.

LSP: Límite superior permisible.

SKU: Stock-keeping unit o código de artículo.



RESUMEN EJECUTIVO

La presente tesis se realizó con el objetivo principal de lograr la estandarización del nivel de llenado para el formato vidrio 330 ml sin gas mediante la metodología DMAIC en la empresa Cervecerías Cusco S.A.C., con el propósito de mejorar dicho problema presente en la línea de envasado de esta empresa.

El problema se presenta en la línea de envasado cuando se empieza a trabajar este nuevo formato con la ayuda de la máquina llenadora, la cual se adecuo para poder trabajar dicho formato; de esta manera al iniciar las operaciones en la línea de envasado de este nuevo formato se tuvo la presencia de diversos defectos o deficiencias en las operaciones de envasado, generando un elevado sobre costo de producción ya sea por mermas o por la cantidad de reprocesos por productos no conformes o fuera de especificación. La cual se traducía en el incremento de recursos (materiales de envasado, horas hombre, etc.).

Debido a estos acontecimientos, se empezaron a generar reclamos del mercado, indicando incomodidad por parte de los clientes.

Todos estos problemas dentro de la línea de envasado se fueron complicando cada día más y más, porque al mismo tiempo la demanda era algo que venía creciendo a pasos agigantados.

Estos sucesos ya eran demasiado críticos, por lo cual determinar y solucionar los problemas era algo de suma urgencia e importancia, que tenía que ser solucionado en el menor tiempo posible porque también ya se acercaba el primer despacho de este nuevo formato Premium en la ciudad de Lima como nuevo mercado de la marca.

Es ahí el punto de partida para la realización de la presente tesis, en donde ponemos toda la atención y énfasis por determinar las causas de aquellos problemas que venían ocasionando malestar en la empresa Cervecerías Cusco S.A.C. y más halla de determinar los problemas que aquejaban a la compañía, era encontrar y plantear soluciones a los mismos.

Para llevar a cabo el caso vimos por conveniente apoyarnos y usar la metodología DMAIC, por ser una herramienta compacta que nos permite definir, medir, analizar, implementar y controlar los problemas de una manera eficiente y productiva.

Dentro del cuerpo de la tesis podemos apreciar cómo se realizó el estudio y la aplicación de cada paso de dicha metodología, desde la definición de los problemas hasta la implementación



de mejoras y control de las mismas para su sostenibilidad en el transcurso del tiempo. Obteniendo resultados favorables y convenientes para la organización.

La aplicación de la metodología DMAIC es algo grandioso al mismo tiempo efectivo, porque mediante ella logramos que la empresa Cervecerías Cusco S.A.C. sea mucho más eficiente en sus operaciones del día a día, alcanzando niveles óptimos de productividad y optimización de recursos asignados al área de manufactura.

El DMAIC es una metodología que debería ser practicada por todas las compañías por los diferentes resultados de mejora que puede llegar a mostrar.

Finalmente pasamos a mostrar la presente tesis, en donde se aprecia todo el estudio de investigación consigo.



ABSTRACT

This thesis was carried out with the main objective of achieving the standardization of the filling level of the 330 ml glass without gas format by means of the DMAIC methodology in the company Cervecerías Cusco SAC, with the purpose of improving this problem present in the packaging line of this business.

The problem is presented in the packaging line when you start working with this new format with the help of the filling machine, which was adapted to be able to work with this format; In this way, when starting operations in the packaging line of this new format, there were several defects or deficiencies in the packaging operations, which generated a high production cost due to the shrinkage or the amount of reprocessing by products. Not compliant or out of specification. What resulted in the increase of resources (packaging materials, man hours, etc.)?

Due to these events, they began to generate complaints in the market, which indicates discomfort on the part of the clients.

All these problems within the packaging line became increasingly complicated every day, because at the same time the demand was something that was growing by leaps and bounds. These events were already too critical, so determining and solving the problems was something of extreme urgency and importance, which should be resolved in the shortest possible time because the first shipment of this new Premium format also approached the city of Lima as the Brand new market.

This is the starting point for the realization of this thesis, where we put all the attention and emphasis to determine the causes of the problems that had been causing discomfort in the company Cervecerías Cusco S.A.C. And more to determine the problems that plagued the company was to find and propose solutions.

To carry out the case, we found it convenient to support ourselves and use the DMAIC methodology, since it is a compact tool that allows us to define, measure, analyze, implement and control problems in an efficient and productive manner.

Within the body of the thesis we can see how the study was carried out and the application of each step of this methodology, from the definition of the problems to the implementation of



improvements and the control of them for their sustainability over time. Obtaining favorable and convenient results for the organization.

The application of the DMAIC methodology is something great as well as effective, because through it we achieved that the company Cervecerías Cusco S.A.C. Be much more efficient in your daily operations, achieve optimal levels of productivity and optimization of the resources assigned to the manufacturing area.

The DMAIC is a methodology that all companies must practice for the different improvement results that can be shown.

Finally, we move on to show the current thesis, where the entire research study is appreciated.



CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Cervecerías Cusco es una empresa manufacturera dedicada a la elaboración de bebidas malteadas y no malteadas, dicha empresa cuenta con una sola línea de producción que es de trabajo multiformato, en ella se realiza la producción de: PET 630ml, PET 2.5L, PET 7L, Bidón 20L, Vidrio 330 ml sin gas y Vidrio 330 ml con gas.

La máquina llenadora con la que contaba la empresa Cervecerías Cusco S.A.C., era una máquina diseñada exclusivamente para el llenado de envases en formato PET, la cual no contaba con las condiciones ni especificaciones para poder llenar el formato vidrio 330 ml sin gas. De acuerdo a esta descripción previa y considerando que la demanda en el formato vidrio 330 ml sin gas era cada vez mayor, es decir la capacidad de producción ya no podía cubrir dicha demanda ya que este formato se venía trabajando de forma manual. Al tener una demanda con una tendencia creciente, y sabiendo que se venía la primera atención al mercado limeño segmento A - HORECA (hoteles, restaurantes y cafés) se planteó la idea de poder envasar el formato vidrio 330 ml sin gas con la máquina llenadora de manera que con eso se pueda solucionar el tema de capacidad y así poder cubrir la demanda.

Al realizar el inicio de operaciones con la máquina llenadora en el formato vidrio 330 ml sin gas, en paralelo se realizó un análisis e inspección de la línea de producción logrando notar una deficiencia altamente crítica en el formato Vidrio 330 ml sin gas, ya que la máquina llenadora no estaba preparada para el envasado de este formato. El problema encontrado fue en el nivel de llenado del agua debido a que no se tiene un control sobre la máquina llenadora propiamente dicha, teniendo niveles muy variados los cuales no se encontraban dentro de los límites permisibles establecidos por la empresa Cervecerías Cusco S.A.C., originando dos inconvenientes críticos para la calidad: el primero se trata sobre el derrame de agua al ser abierto por presentar sobrellenado superando el límite superior permisible y el segundo trata sobre el bajo nivel de llenado encontrándose este por muy debajo del límite inferior permisible; estos dos inconvenientes generan mala percepción del cliente por lo cual se presentan quejas, reclamos, rechazos de producto y por ende devoluciones lo cual se traduce en sobre costos para la organización. Teniendo como



consecuencia la pérdida de clientes y más aún la probabilidad de la anulación del ingreso del formato vidrio 330 ml sin gas al mercado limeño segmento A-HORECA.

La investigación parte aquí por ver las falencias generadas en la línea de producción al trabajar este formato, el problema encontrado es la variabilidad del nivel de llenado entre las botellas, lo cual repercute en la cartera de clientes de la empresa, el problema base es el número de reprocesos por producto no conforme, generando un sobre costo muy alto al trabajar este formato. Se tiene diversos puntos en las operaciones de envasado, que tienen que ser estudiadas mediante la metodología DMAIC para la solución de esta que es la variabilidad en el nivel de llenado.

1.2. Formulación de problemas

1.2.1. Problema general

¿De qué manera se estandarizaría el nivel de llenado del formato vidrio 330 ml sin gas mediante la metodología DMAIC en la empresa cervecías cusco S.A.C., 2019?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿De qué manera la aplicación de la metodología DMAIC, podrá describir la situación actual del área de manufactura?
2. ¿De qué manera la aplicación de la metodología DMAIC, podrá medir el funcionamiento actual del nivel de llenado formato vidrio 330 ml sin gas?
3. ¿De qué manera la aplicación de la metodología DMAIC, podrá analizar la relación de la situación actual con el nivel de llenado formato vidrio 330 ml sin gas?
4. ¿De qué manera la aplicación de la metodología DMAIC, podrá implementar acciones de mejora para la estandarización del nivel de llenado formato vidrio 330 ml sin gas?
5. ¿La aplicación de la metodología DMAIC, podrá controlar las mejoras para el nivel de llenado formato vidrio 330 ml sin gas?



1.3. Justificación

Se plantea los siguientes motivos para justificar que este estudio debe de efectuarse:

1.3.1. Conveniencia

La aplicación de la metodología Six Sigma es de suma importancia por presentarse como una alternativa de solución ante los problemas que pudiesen presentar las diferentes organizaciones. En nuestra investigación, se dio por conveniente el uso de la herramienta DMAIC por presentar todos los pasos necesarios desde la identificación hasta la solución y control al problema.

1.3.2. Relevancia social

Al ser aplicada la metodología Six Sigma, herramienta DMAIC se lograría dar solución al problema del nivel de llenado de las botellas formato vidrio 330ml sin gas, logrando una estandarización del producto, llegando a resolver el problema y reducir los costos por reprocesos, producto no conforme y rechazos, de esta manera se mejorará la percepción del cliente externo sobre el producto y la marca en el mercado.

1.3.3. Implicancias prácticas

De acuerdo a la metodología DMAIC, podemos desarrollar soluciones concretas al problema actual que es el nivel de llenado en el formato vidrio de 330 ml sin gas en la línea de producción. De tal manera que al integrarla y optimizarla fortaleceremos todo el sistema productivo de la organización; generando así satisfacción en los clientes y evitar posibles rechazos o quejas de los mismos por producto no conforme generando reprocesos.

Con tales resultados se propondrá cambios y acciones correctivas en las operaciones productivas de esta manera haciéndolas más eficiente.

1.3.4. Valor teórico

La línea de producción en el formato vidrio sin gas de la empresa Cervecerías Cusco S.A.C. presenta deficiencias, las cuales para su solución se propone la aplicación de la metodología



DMAIC. Ya que la metodología propiamente dicha presenta un enfoque de mejora continua y sobre todo una buena alternativa de solución ante los problemas cotidianos que enfrentan las organizaciones día a día.

Esta investigación a realizar es de suma importancia por generar una mayor facilidad de información, para estudios posteriores referentes al tema presentado.

1.3.5. Utilidad metodológica

La metodología DMAIC nos permite realizar una serie de pasos o procedimientos detallados para poder verificar y sobre todo analizar el problema presentado en la línea de envasado del formato vidrio sin gas 330 ml sin gas.

Este problema es la base más importante para el inicio del análisis, posteriormente para plantear la solución de mejora ante el problema presentado y por último llegar a ser implementado y controlado, para brindar mejoras notorias en la línea de envasado formato vidrio 330 ml sin gas. Logrando reducir los costos del área y generando mayor productividad.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Estandarizar el nivel de llenado del formato vidrio 330 ml sin gas mediante la metodología DMAIC en la empresa cerveceras cusco S.A.C., 2019.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Describir la situación actual del área de manufactura.
2. Medir el funcionamiento actual en el nivel de llenado formato vidrio 330 ml sin gas
3. Analizar la relación de la situación actual con el nivel de llenado formato vidrio 330 ml sin gas.
4. Implementar acciones de mejora para la estandarización del nivel de llenado formato vidrio 330 ml sin gas.
5. Controlar las mejoras para el nivel de llenado formato vidrio 330 ml sin gas.



1.5. Delimitación del estudio

1.5.1. Delimitación espacial

La investigación se viene desarrollando en el departamento de Cusco, en la provincia de Cusco, en el distrito de San Jerónimo, ubicada en la calle Romeritos J-17 al frente del hotel de la derrama magisterial.

1.5.2. Delimitación temporal

El periodo de estudio que abarca la investigación es durante el año 2018 y 2019, teniendo la duración de tres meses con tres días, comenzando el 06 de noviembre del 2018 hasta el 09 de febrero del 2019.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la tesis

2.1.1. Antecedentes internacionales

Reducción de desperdicios en el proceso de envasado del yogurt Purepak de 210 g en la maquina nimco en una empresa de lácteos, mediante la aplicación de la metodología Six Sigma

Autores: Victoria Diago Orozco, Valeria Mercado Jaramillo

Universidad: Universidad de la Costa, Facultad de Ingeniería, 2013.

País: Barranquilla-Colombia

Resumen:

El objetivo principal de este proyecto es aplicar la herramienta Six Sigma en el proceso de envasado de yogurt Purepak, de la empresa Coolechera Ltda., por medio de la metodología DMIAC para reducir las unidades no conformes generadas por el proceso e incrementar la productividad. El aplicar esta metodología permitirá identificar la situación problema en el proceso de envasado además de conocer las especificaciones del proceso y del cliente para el producto final, luego de esto definir las variables de entrada y salida que intervienen en el proceso y la forma en que afectan la consecución de los requerimientos del proceso y del cliente en el producto. Conocer el comportamiento de las variables del proceso por medio de mediciones de datos y análisis estadísticos de los mismos para poder determinar las causas directas de la situación problema. Todo lo anterior con el objetivo de proponer estrategias de mejora para la capacidad del proceso, así como su medio de control para asegurar continuidad en el tiempo y efectividad de las mismas. El grupo de trabajo pudo desarrollar las etapas del ciclo DMAIC y con esto alcanzar los objetivos planteados al inicio del proyecto. De esta manera es posible resaltar la importancia de estos proyectos dentro de las empresas y en el desarrollo de los futuros profesionales que ingresa a la industria, permitiendo con esto la aplicación de los conocimientos y la obtención de experiencia dentro del campo en el que se desempeñaran en su carrera laboral.

**Conclusiones:**

La implementación de proyectos encaminados al mejoramiento de procesos en las empresas permite que se obtengan beneficios en ambas direcciones, tanto para el cliente como consumidor de productos y servicios de calidad, como para las organizaciones como entes financieros y posicionamiento en el mercado. Luego del desarrollo de este proyecto en la Cooperativa de productores de leche de la costa Atlántica Ltda., se identificaron grandes oportunidades de mejora, permitiendo la aplicación de herramientas específicas que han sido utilizadas en empresas de gran éxito a nivel mundial y que han generado resultados satisfactorios y grandes beneficios para las organizaciones. Dentro de las herramientas propuestas durante la ejecución y planeación del proyecto de aplicación se encuentra los planes y programas de mantenimiento correctivos y preventivos, herramientas estadísticas y sistemas de control basadas en ellas, que hicieron el trabajo de análisis del proyecto más eficiente. Un proyecto de este tipo, no podría arrojar buenos resultados si no se cuenta con el compromiso total de la gerencia ya que son ellos los encargados del manejo de los recursos y toma de decisiones. A demás es vital concientizar al personal involucrado en el proceso, creando una cultura de mejora continua que lleve diariamente a la empresa a la permanencia en el mercado de manera exitosa. A pesar de que la implementación del proyecto presento limitaciones para la ejecución de las mejoras propuestas, se pudo evidenciar con la ayuda de los operarios durante la realización de las pruebas analíticas, que las propuestas pueden generar grandes resultados, ya que se evidencio un alto grado de 74 compromiso y colaboración por parte de los operarios de producción involucrados en el proceso de envase de yogurt Purepak. De esta manera es posible resaltar la importancia de estos proyectos dentro de las empresas y en el desarrollo de los futuros profesionales que ingresa a la industria, permitiendo con esto la aplicación de los conocimientos y la obtención de experiencia dentro del campo en el que se desempeñaran en su carrera laboral.



2.1.2. Antecedentes nacionales

Aplicación de la metodología lean six sigma para la optimización del proceso de obtención de extracto del primer mosto cervecero en la empresa Backus & Johnston S.A.A. - planta Cusco

Autores: Hanna Adelma Alessandra Orellana Grajeda

Universidad: Universidad Andina del Cusco, 2016

Resumen:

La presente investigación trata del estudio del proceso de obtención del extracto del primer mosto cervecero a fin de optimizar su desempeño mediante el incremento de su concentración aplicando la metodología Lean Six Sigma. Todo ello se realiza en la sala de Cocimiento de la empresa Backus y Johnston Planta Cusco S.A.A, empresa productora de cerveza interesada en mejorar el desempeño de este proceso. Esta investigación contrasta los datos históricos de las variables del proceso con los límites de especificación establecidos por la empresa, llevando a implantar acciones de mejora a través de las metodologías Lean Manufacturing y Six Sigma. El trabajo inicia abordando los aspectos teóricos de la metodología Lean Six Sigma detallando las técnicas y herramientas estadísticas utilizadas en el ciclo DMAIC, la industria cervecera y el aspecto organizacional y operacional de la empresa. Luego, se desarrolla la aplicación de la metodología siguiendo las fases del ciclo DMAIC: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. En la fase Definir se realiza la caracterización del proceso definiendo los requerimientos que este debe de cumplir. Se identifica el problema principal que es la baja concentración del extracto del primer mosto cervecero de la marca Pilsen Callao en la Sala de Cocimiento, siendo esta la característica crítica de la calidad en función a la voz del cliente. Se define el cronograma de trabajo, los mapas de proceso y se conforma al equipo de mejora con el cual se desarrollará el proyecto. En la fase Medir se cuantifica el nivel de desempeño actual del proceso. Se detalla el proceso, se identifican las variables de entrada “X’s” y se seleccionan las que son críticas, aquellas que pueden influir en la variable de salida “Y”: la concentración del extracto del primer mosto. Seguidamente, se valida el sistema de medición mediante un estudio Gage R&R y se recolectan los datos para realizar los estudios de la estabilidad, capacidad de proceso y nivel sigma donde se determina que el proceso no cumple con las especificaciones del cliente. En la fase Analizar se



busca entender la relación de los resultados del proceso con los de sus variables de entrada críticas a partir de la información obtenida en la fase Medir. Se realiza el análisis de datos a través del uso de técnicas estadísticas identificando la relación causa – efecto entre las variables “X’s” y “Y”, logrando así el entendimiento de cuáles son las variables y las condiciones que más afectan al proceso. Se efectúa el diseño de experimentos que contribuye a analizar las variables de tipo atributo y se realiza el análisis de regresión y correlación para las variables continuas, obteniendo que el volumen de agua para el cocedor de adjuntos, el volumen de agua para la paila de mezcla, el porcentaje de la harina fina de maíz, porcentaje de harina fina de malta y la presión de pre compresión de membranas son las variables críticas potenciales que influyen en la baja concentración del extracto del primer mosto. Luego se realiza el análisis de proceso para identificar las fallas que originan los problemas en tales variables. En la fase Mejorar, se proponen e implementan las acciones de mejora y los mecanismos de control para solucionar las fallas anteriormente identificada usando herramientas de la metodología. Nuevamente se hace uso del diseño de experimentos a fin establecer los valores del diseño de una nueva receta modificando los valores del volumen de agua en el cocedor de adjuntos y volumen de agua en la paila de mezcla incidiendo directamente en el incremento de la concentración del extracto del primer mosto cervecero. Después, se implementan las acciones para mejorar las otras variables críticas potenciales aplicando medidas correctivas e implementando las medidas de control para que se sostengan en el tiempo. En la fase Controlar se busca validar y mantener los resultados obtenidos por las acciones de mejora. Se mide nuevamente el desempeño del proceso concluyendo que el proceso ahora si es capaz de cumplir con las especificaciones del cliente. Finalmente, el equipo da como válida la optimización del proceso debido al incremento de la concentración del extracto, se cierra el proyecto capacitando al equipo a fin de que las mejoras sean sostenidas en el tiempo, se analizan los beneficios y ahorros obtenidos y se integra y expande la metodología dentro de la empresa a fin de que otras áreas puedan implementarlo.



Propuesta de un plan para la reducción de la merma utilizando la metodología six sigma en una planta de productos plásticos

Autores: Emerson Delgado López

Universidad: Pontificia Universidad Católica Del Perú, Escuela de Posgrado - Ingenierías, 2015.

Resumen:

El presente trabajo nace por la necesidad de reducir el scrap en una planta de producción de frascos para el sector cosmético, farmacéutico y alimenticio; específicamente el estudio es realizado en las cuatro líneas de polietileno con que cuenta la planta de producción. Previo al trabajo planteado se analizaron todos los indicadores utilizados en la planta de producción para evaluar y elegir el proyecto que resulte más rentable y siempre teniendo en cuenta la voz del cliente y los objetivos de la empresa. Según data obtenida, en el año 2014 el scrap producido fue del 21%, existiendo una gran brecha con el objetivo del 5%, por lo que se recomienda el uso de la metodología Six Sigma por sus casos de éxito conocidos en la reducción del scrap. Debido a que en la empresa nunca se ha desarrollado la metodología Six Sigma, se realizaron con el apoyo de la gerencia de producción, reuniones con algunos supervisores y operarios de las líneas de polietileno para darles un alcance de los beneficios de la metodología. Gracias a su apoyo se obtuvo información valiosa para el desarrollo del presente trabajo, así como también para el cumplimiento de las mejoras propuestas como parte de un plan piloto en el desarrollo del DMAIC en la línea 1 con ayuda de herramientas como el Mapa de procesos, FMEA, Pareto 80-20, diagrama causa-efecto, así como también de herramientas estadísticas. Luego de desarrollar las mejoras, se tomaron de datos para un nuevo proceso de análisis, se desarrollaron pruebas de hipótesis; encontrándose que en dos meses se obtuvo una mejora importante del 5%, comprobándose lo efectivo de la metodología para la reducción del scrap. El VAN y el TIR en la evaluación económica realizada nos arrojan resultados positivos de ganancia y rentabilidad que sustentan la ejecución del proyecto. Este trabajo presenta los pasos a seguir para que la empresa pueda implantar la metodología Six Sigma en sus líneas de producción de polietileno.



Conclusiones

- Es necesaria la implementación de la metodología Six Sigma en la Línea de polietileno para la reducción del scrap, según análisis y pruebas realizadas se espera que los primeros meses el impacto en la reducción del scrap sea mayor ya que muchas de las causas encontradas se deben a falta de procedimientos y capacitación del personal operario. Todo hace indicar que es un proyecto de alto impacto y bajo esfuerzo.
- Es necesario el compromiso y apoyo de la alta dirección para el éxito del proyecto; el gerente general tiene una fuerte influencia para la reestructuración de la empresa y para el cambio de actitud del personal hacia la metodología Six Sigma. El involucramiento y compromiso de la alta dirección hacia la metodología es fundamental ya que habrá el apoyo necesario en recursos.
- El entrenamiento del personal en los principios, uso de herramientas, así como las técnicas a utilizar son importantes ya que el personal contara con el conocimiento adecuado para potenciar el desarrollo de la metodología teniéndose mayor posibilidad que el proyecto six sigma sea exitoso. El conocimiento de la metodología ayuda al involucramiento del personal con su desarrollo.
- Los proyectos Six Sigma no están disociados de los objetivos, de la visión de la empresa; la aplicación de la metodología nos dirige hacia el objetivo de la empresa reduciendo la variabilidad y por ende la cantidad de scrap producido, reduciendo el reproceso y la baja productividad.
- Se debe ofrecer incentivos al personal por el cumplimiento de metas específicas, esto ayuda en la motivación del personal y a compenetrarse más con el éxito del desarrollo de la metodología.
- Se ha evidenciado una gran pérdida de recursos en la línea de PE por la generación de scrap, siguiendo la metodología se pueden obtener importantes ahorros para la empresa.
- A parte de obtener ahorros significativos por la reducción del scrap, se obtendrán mejoras en la productividad y en los tiempos de entrega a los clientes.
- Esta metodología provoca un cambio en la forma de pensar del personal de planta, en la forma de ver el proceso; toma importancia el seguimiento de instrucciones bien precisas y la preocupación de no producir scrap.
- Las mejoras realizadas deben mantenerse en el tiempo por lo que es importante controlarlas.



Recomendaciones

- Se recomienda extender la aplicación de la metodología a la línea de Polipropileno y PET; en donde se tienen también problemas de generación de scrap. Según el ahorro (capítulo 4) deberían ser los próximos proyectos Six Sigma.
- La contratación de un asesor en la metodología es fundamental ya que la empresa no ha realizado anteriormente un proyecto Six Sigma.
- Es importante el apoyo de los expertos del proceso para encontrar las causas de la generación del scrap; esto no solo quiere decir personal del mando medio sino también a nivel operario.
- Se recomienda la contratación de un Analista de PCP ya que el actual deberá dedicarse al 100% en el proyecto.
- La comunicación entre el equipo de trabajo es importante, por lo que deberá definirse claramente los roles de cada miembro y un plan de comunicaciones y reuniones.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Gestión por procesos

La gestión por procesos (Business Process Management) es un modo de administrar las actividades empresariales, mediante la cual aquellas se agrupan por procesos, con base en las necesidades del cliente; así, pues, los procesos son gestionados en forma estructurada y sistémica de tal manera que la mejora de los procesos debe ayudar a elevar los niveles de satisfacción de los clientes. (Elsie Bonilla, 2010)

La gestión por procesos hace referencia al manejo o administración de los procesos propiamente dicho, revisando por completo todas las actividades de la cadena de valor. La gestión por procesos juega un rol muy importante en la industria, porque por medio de ella se toman decisiones para la ejecución de las actividades generales de la compañía.



2.2.2. Procesos, caracterización, medición y mejora de los mismos

2.2.2.1. Proceso

El proceso productivo está referido a la utilización de recursos operacionales que permiten transformar la materia prima en un resultado deseado, que bien pudiera ser un producto terminado. (Rodríguez Medina, Balestrini Atencio, Balestrini Atencio, Maleán Romero, & Rodríguez Castro, 2002)

Proceso es un conjunto de actividades que utiliza recursos para transformar elementos de entrada en bienes o servicios capaces de satisfacer las expectativas de distintas partes interesadas: clientes externos, clientes internos, accionistas, comunidad, etcétera.

Los principales recursos que utiliza un proceso se suelen clasificar en las seis “M”:

- Mano de obra.- Es la protagonista de todo proceso, por lo tanto sus actividades y actitudes, influyen directamente en los resultados o salidas del proceso.
- Métodos.- Son las políticas, los procedimientos, las normas y las instrucciones que se emplean para ejecutar un determinado trabajo; la definición formal y estandarizada de un método asegura la calidad y oportunidad de una salida.
- Maquinaria o equipo.- Viene a ser el elemento que contempla el esfuerzo del personal en la agregación de valor; su adecuada calibración, correcto mantenimiento y oportuna reemplazo definirán apropiados niveles de precisión y exactitud.
- Materiales o suministros.- Son las entradas que serán transformadas por un proceso, es el caso de los materiales, partes en proceso y la información. La calidad de los suministros es importante para asegurar la calidad de los resultados.
- Medio ambiente.- Incluye las condiciones en las cuales se desarrolla un trabajo, como el espacio, la ventilación, la seguridad en planta, la iluminación, etcétera. Los criterios y habilidades para combinar los recursos antes descritos determinaran el nivel de desempeño del proceso que los involucra. De ahí que las organizaciones cuidan de administrar sus procesos, pues son estos los que agregan valor a los productos o servicios.



- Medios de control.- Se refiere a los instrumentos o recursos utilizados para evaluar el cumplimiento de los requisitos establecidos para el proceso y para los resultados del proceso (producto o servicio). (Elsie Bonilla, 2010)

Se entiende por proceso al conjunto de pasos, tareas o actividades dentro de la industria que se encuentran a su vez interrelacionadas para la transformación de materia prima en un bien o servicio, es decir las tareas se ejecutan con el fin de obtener el objetivo en común.

2.2.2.2. Caracterización de los procesos

Caracterizar un proceso consiste en identificar y describir: los resultados que genera (Output), los elementos de entrada (Input), los recursos utilizados por aquel (factores de conversión) y los requisitos de los elementos de entrada y de salida.

Es también indispensable, establecer el nivel de desempeño esperado del proceso (Indicadores de desempeño) a fin de garantizar la satisfacción de los clientes externos e internos de dicho proceso. Toda meta que no se alcance de manera satisfactoria se constituye en una oportunidad de mejora.

Resumiendo, toda caracterización de proceso debe incluir:

- Nombre del proceso.
- Alcance del proceso (inicio y fin).
- Identificación de los elementos de entrada (insumos), especificando sus requisitos.
- Determinar los resultados (productos/servicios) identificando cliente(s) y requisitos.
- Estándares o indicadores que medirán su desempeño, los mismos que deberán alinearse con los factores de éxito de la organización (calidad, precio, tiempo de respuesta, servicio posventa, etcétera).
- Factores de conversión: personal, máquinas, equipos e instalaciones.
- Métodos de trabajo: procedimientos e instrucciones. (Elsie Bonilla, 2010)



2.2.2.3. Medición de los procesos

La experiencia de empresas exitosas nos lleva a la conclusión de que “Solo se mejora aquello que se mide”.

Los procesos enfocados en la satisfacción de los clientes deben medir sus resultados, compararlos con los valores meta y de esa manera conocer el nivel de eficacia, efectividad y eficiencia de su desempeño. Los resultados constituyen el efecto del comportamiento (variabilidad) de los recursos de la producción, es decir de la aptitud de estos para cumplir con los estándares de desempeño especificados.

El parámetro que sirve para medir el desempeño de un proceso se llama indicador, el mismo que está conformado por la relación de dos o más variables; por ejemplo, el porcentaje de productos rechazados; dicho indicador relaciona los productos rechazados con el total de los productos procesados.

Los indicadores pueden medir eficacia (resultados alcanzados), efectividad (relación entre resultados y metas planificadas) y eficiencia (resultados entre recursos utilizados).

Todo indicador debe tener un estándar de comparación (meta), que servirá para determinar el nivel de desempeño.

El valor meta (estándar) establecido para un determinado indicador puede fijarse por alguna de las modalidades siguientes:

- Promedio histórico, utilizando por lo menos la información de tres periodos recientes de desempeño estable. En un principio se sugiere adoptar el promedio histórico, mejorado en 10%, a fin de motivar la mejora en el desempeño habitual.
- Benchmarking, tomando como referencia los resultados de un competidor o estándares fijados para el sector al cual se pertenece.
- Estándar fijado por el cliente o la empresa.
- Investigación, para lo cual se diseñaran modelos o escenarios que permitan simular el proceso y medir sus resultados.

Toda diferencia entre un resultado y el valor meta establecido se le considera un “problema” y una oportunidad a mejorar. (Elsie Bonilla, 2010)

Tabla 1: *Ejemplo de indicadores de desempeño de procesos.*

| Criterio (objetivo) | Indicador |
|----------------------------|--|
| Calidad | Nivel de satisfacción de cliente externo Nivel de satisfacción de accionistas Número de reclamos por mes Porcentaje de unidades rechazadas Porcentaje de unidades reprocesadas Costo de no calidad/ingreso por ventas Nivel de retención de clientes |
| Costo | Costo unitario del producto o servicio Valor del inventario promedio Costo de mano de obra por artículo Costo de material por producto |
| Productividad | Unidades producidas/costo total Unidades producidas/costo materiales Tiempo de ciclo de producción Unidades vendidas/horas-hombre Eficiencia promedio de operarios Tiempo unitario de inspección |
| Oportunidad | Pedidos entregados a tiempo/pedidos totales Tiempo de reposición de un pedido Porcentaje de pedidos urgentes Porcentaje de despachos retrasados |
| Seguridad | Número de accidentes graves/año Cantidad de actos inseguros/trabajador Número de condiciones inseguras Presupuesto para simulacros de prevención |
| Flexibilidad | Nuevos productos/año Nuevas soluciones/año Tamaños de lotes de producción Alternativas de pago |



| | |
|-----------------------------|--|
| Administración del personal | Nivel de clima laboral Porcentaje de ausentismo Inversión en capacitación Número de sugerencias/empleado-año Cantidad de reconocimientos por año |
| Resguardo ambiental | Impacto ambiental (tierra, aire, agua) Número de proyectos de reducción de impacto ambiental Penalización por contaminación ambiental. |

Fuente: (Elsie Bonilla, 2010).

2.2.2.4. Mejora de los procesos

La mejora de procesos es esencial para los negocios en un clima de alta competencia, rivalidad del mercado y una economía globalizada. La identificación de los procesos en el negocio que pueden ser mejorados, obteniendo un entendimiento de los procesos eficientes y eficaces, ayuda a la organización a crecer y expandirse. El primer paso en la corrección de los problemas es la identificación de los procesos que pueden ser mejorados para ser más productivos y eficientes. Hoy en día estas actividades y especialidades son muy requeridas en el mercado laboral para todo tipo de industrias. Diariamente existen cientos de procesos, desde los más simples a los más complejos y es vital que se ejecuten en forma orquestada, ágil y eficientemente. La mejora continua de los mismos de la mano de las mejores prácticas, hace que las organizaciones sean más competitivas reduciendo costos e ineficacias, y mejorando el resultado final. Los expertos en organización y procesos se encargan de inventariar y establecer periodos de revisión y mejora continua de los mismos. (Figuerola, 2014)

La mejora continua de los procesos es una estrategia de la gestión empresarial que consiste en desarrollar mecanismos sistemáticos para mejorar el desempeño de los procesos y, como consecuencia, elevar el nivel de satisfacción de los clientes internos o externos y de otras partes interesadas (Stakeholders). (Elsie Bonilla, 2010)



Todos los procesos presentan diversos problemas con el paso del tiempo incluso llegando a ser obsoletos o inadecuados, estos son originados por diversas causas y a razón de ello se puede generar pérdidas en la empresa de no ser corregidos. En medida de esto existen herramientas y metodologías de mejora de los procesos como el Lean Manufacturing y el Six Sigma los cuales pueden corregir los defectos en los procesos y al mismo tiempo mejorar su efectividad.

2.2.3. Lean Manufacturing

Es un conjunto de técnicas desarrolladas por la Compañía Toyota que sirven para mejorar y optimizar los procesos operativos de cualquier compañía industrial, independientemente de su tamaño. El objetivo es minimizar el desperdicio. (Padilla, 2010)

La filosofía de lean manufacturing o manufactura esbelta busca optimizar el sistema de producción, ahorrando costos y utilizando el mínimo de recursos. Eliminando o reduciendo actividades que no añaden valor al proceso productivo, es decir volviendo el proceso propiamente dicho más efectivo eliminando desperdicios. El lean manufacturing consta con las siguientes herramientas:

2.2.3.1. Gestión de la calidad total (TQM)

La Gestión de la Calidad Total, abreviada como TQM, del inglés Total Quality Management, es una estrategia de gestión, orientada a crear una conciencia de Calidad, en todos los procesos que se realicen en cualquier tipo de organización.

Con el concepto de Calidad Total, se pretende que la calidad no sea responsabilidad de un departamento concreto de la empresa, sino que se hace partícipe de esta responsabilidad, a todos los integrantes de la organización.

Por tanto, cuando se habla de Calidad Total, no se trata solamente de la calidad del producto o del servicio ofrecido por la organización, sino que se va más allá, al referirse a la calidad integral de los procesos y sistemas. Es decir, se reconoce que, para lograr un producto o servicio



final de calidad, también los procesos y sistemas empleados en la ejecución de los mismos, deben ser de calidad. (Navarro, 2016)

Kaoru Ishikawa, un autor reconocido de la gestión de la calidad, proporcionó la siguiente definición respecto a la Calidad Total: “Filosofía, cultura, estrategia o estilo de gerencia de una empresa según la cual todas las personas en la misma, estudian, practican, participan y fomentan la mejora continua de la calidad”.

2.2.3.2. Mantenimiento total productivo (TPM)

Mantenimiento total de la producción, el cual aparece, en principio, como una nueva filosofía “Manteniendo”, integrando a este en la función Producción de manera global, no como un fin en sí mismo, sino como un medio de reducción de los costes de producción, siendo el objetivo esencial la máxima eficacia del binomio (hombre-sistema) de producción. (Sacristán, 2001)

2.2.3.3. Mejora continua “Kaizen”

Kaizen significa mejoramiento continuo de todas las áreas, también se refiere a la creación de un proceso en el que exista mayor valor agregado y menor desperdicio. Existen dos niveles de Kaizen:

- Kaizen para administradores, en el cual se hace énfasis en todo el proceso.
- Kaizen para equipos de trabajo y líderes de equipo, en el que se enfatiza el proceso individual.

El kaizen tiene como base la orientación al cliente, ya que es él quien define lo que es valor: hacer actividades que no agregan valor – desde el punto de vista del cliente – es un desperdicio. Toda actividad de mejora en cualquier lugar debe de agregar valor al cliente. (Alberto Villaseñor Contreras, 2007)



“Según Masaaki Imai” acuñador del término, el kaizen significa: “mejoramiento y aún más significa mejoramiento continuo que involucra a todos, gerente y trabajadores por igual”.

La mejora continua “Kizen” tiene por objetivo mejorar día a día el desenvolvimiento de las áreas en función a las necesidades de los clientes, de manera que se pueda cumplir con una satisfacción plena del mismo. Es decir, el Kaizen se refleja en el mejoramiento de la eficiencia de todas las operaciones involucradas en las actividades diarias de la compañía.

2.2.3.4. Distribución física eficiente y trabajo estandarizado

La distribución física del equipo y los procesos están diseñados de acuerdo con la mejor secuencia operativa al enlazar y disponer físicamente las máquinas y los pasos de los procesos de la manera más eficiente, a menudo en una distribución por celdas. Estandarizar las tareas individuales especificando con claridad el método apropiado reduce el desperdicio en el movimiento y energía del ser humano. (James R. Evans, 2008)

2.2.3.5. Poka – Yoke

Método que ayuda al operador a evitar errores en su trabajo causados por olvidar alguna parte del proceso o bien por instalar una parte equivocada. Los sistemas Poka Yoke son comúnmente llamados sistemas a prueba de errores, ya que se verifica el proceso antes de llevarlo a cabo y están basados en conocer el error que causa un defecto. Por lo tanto, el Poka Yoke se enfoca en diseñar dispositivos para prevenir la recurrencia de errores, no de defectos. (Alberto Villaseñor Contreras, 2007)

2.2.3.6. Lección de un punto (LUP)

La Lección de Un Punto (LUP) también conocida como OPL por las siglas de los términos One Point Lesson, es una herramienta de comunicación, utilizada para la transferencia de conocimientos y habilidades simples o breves. Vale la pena aclarar que aunque los conocimientos transmitidos por medio de una LUP son poco complejos, deben ser revisados y aprobados, y no



reemplazan un Plan de Operación Estándar (POE), de hecho se pueden utilizar como complemento de un POE, o para transmitir información que no requiere del mismo. Una buena LUP debe en esencia permitir un aprendizaje fácil, claro y preciso. (López, 2016)

2.2.3.7. Procedimientos de operación estándar (POE)

Es un documento organizacional que traduce la planificación del trabajo a ejecución. Es una descripción detallada de todas las medidas necesarias para la realización de una tarea.

El POE tiene como objetivo mantener el proceso en funcionamiento por medio de la estandarización y minimización de las desviaciones en la ejecución de una actividad, o sea, él busca asegurar que las acciones tomadas para garantizar la calidad sean estandarizadas y ejecutadas conforme a lo planeado. (Martins, 2018)

El POE es una herramienta de gran ayuda que en su estructura posee la lista de pasos de forma detallada a realizar por tarea o actividad. Lo que significa que siempre las operaciones se realizaran de la misma manera sin tener variación alguna en las mismas.

2.2.4. Proceso de mejora enfocada

Podemos apreciar los dos tipos de problemas, así como el proceso de solución de problemas del día a día en las organizaciones.

Tabla 2: Tipos de problemas

| | Situacional | Sistémico/Estratégico |
|------------|---|--|
| Definición | Desviación del estándar derivada de una situación específica fuera de control en el lugar de trabajo y por lo general puede ser resuelto por el equipo de turno y las acciones pueden ser ejecutadas al | Desempeño estable que no alcanza los niveles esperados de desempeño de acuerdo a la capacidad del proceso. Esto puede ser causado por sistemas inadecuados, procedimientos y/o equipos |

| | | |
|-------------------|--|---|
| | instante para prevenir su recurrencia | incorrectos. Estos problemas son complejos. Se requiere contar con un proceso estable y con la suficiente data para un análisis estadístico |
| Como se detecta | Cualquier alarma: falla o desviación del estándar. | -Tendencias de indicadores (KPI's). -Análisis de pérdidas y desperdicio |
| Quien lo gestiona | Líder con su equipo (operador / operario-técnico) | Equipo multidisciplinario |

Fuente: (Garcia Melgarejo)

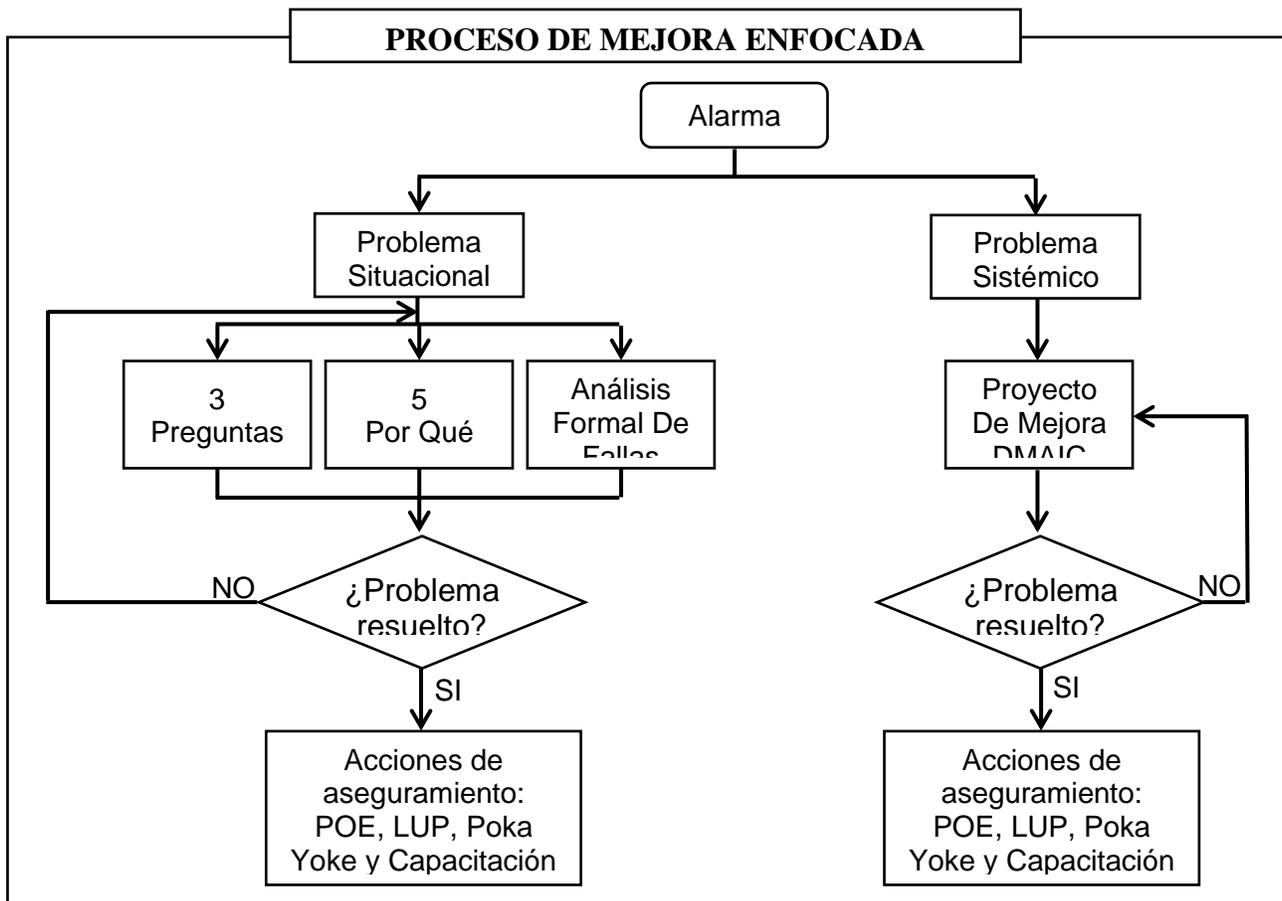


Figura 1: Proceso de mejora enfocada.

Fuente: (Garcia Melgarejo)



2.2.5. Six Sigma

Six sigma evolucionó desde un simple indicador de la calidad hasta convertirse en una estrategia general para acelerar las mejoras y alcanzar niveles de desempeño sin precedentes enfocándose en las características críticas para los clientes y la identificación y eliminación de las causas de los errores o defectos en los procesos. El enfoque six sigma busca reducir los niveles de defectos a unas cuantas partes por millón para los productos y procesos clave de una organización. El logro de esta tarea tan compleja requiere de la implementación eficaz de principios estadísticos y diversas herramientas para diagnosticar los problemas de calidad y facilitar las mejoras. (James R. Evans, 2008)

SEIS SIGMA es un método de gestión de calidad combinado con herramientas estadísticas cuyo propósito es mejorar el nivel de desempeño de un proceso mediante decisiones acertadas, logrando de esta manera que la organización comprenda las necesidades de sus clientes. (Roberto José Herrera Acosta, 2011)

El Six Sigma es una filosofía de mejoramiento que parte de la voz del cliente para optimizar los procesos basándose en dos pilares fundamentales: el elemento humano y las herramientas estadísticas; a diferencia de la mejora continua Kaizen, la técnica Six Sigma mejora los indicadores de resultados al menos en 50%.

La meta de Six Sigma es llegar a un máximo de 3,4 “defectos” por millón de instancias u oportunidades, entendiéndose como “defecto” cualquier instancia en que un producto o un servicio no logran cumplir los requerimientos del cliente, aquello tiene un impacto directo sobre los resultados económicos, ya que reducir los defectos por medio de la herramienta Six Sigma permitirá generar ahorros hasta del 40% de sus ingresos. Por ello, decimos, es la herramienta gerencial de excelente aplicación, ya que desarrolla una cultura gerencial en la toma de decisiones, buscando incrementar ingresos y reducir costos. (Elsie Bonilla, 2010)



Tras el nacimiento de Seis Sigma, Philip Crosby popularizó el concepto de cero defectos como orientación para el control de calidad. Este enfoque establece la meta de resultados que carezcan de errores al 100 por ciento. Crosby sostiene que si se establece un nivel aceptable de defectos, ello tiende a provocar que dicho nivel (o uno más alto) se conviertan en una profecía que se cumple; si los empleados saben que está bien trabajar dentro de un nivel determinado de errores, llegarán a considerar que ese nivel es la norma. Es evidente que dicha norma está por debajo de lo óptimo. Crosby menciona que a las personas se le establecían estándares de desempeño mucho más holgados en sus trabajos que lo que regían sus vidas personales. Ellos esperaban hacer las cosas bien, cuando se trataba de sostener a un bebé, de pagar las facturas ó de regresar temprano a la casa correcta. En cambio, en los negocios se les fijaban niveles aceptables de calidad, márgenes de variación y desviaciones. La idea de un porcentaje de error aceptable (a veces denominado un nivel de calidad aceptable) es un curioso remanente de la era del control de calidad. En aquellos tiempos, se podían encontrar maneras de justificar estadísticamente las fallas humanas, sosteniendo que nadie podía ser perfecto. De modo que si el 100% es inalcanzable, ¿por qué no conformarse con el 99%, e incluso con el 95%? Entonces, si se alcanzara el 96.642%, se podría dar una fiesta y celebrar el hecho de haber superado los objetivos. La cuestión es que el 96.642% significa que de 100.000 transacciones efectuadas por un servicio, 3.358 resultarían desfavorables, como las fallas de uno entre mil paracaídas. Los clientes insatisfechos, aquellos que habrían estado fuera del porcentaje de transacciones perfectas, no regresarían jamás. (Escalante Vásquez, 2005)

Es una métrica

Representa una manera distinta de medir el desempeño de un bien o servicio en función de la satisfacción de nuestros clientes: Nivel 6 sigmas, $C_p = 2,0$.

Es una filosofía de trabajo

Significa el mejoramiento continuo de los procesos, usando de apoyo la estadística y otras herramientas, buscando la perfección.



Es una meta

Significa que estadísticamente podemos tener un nivel de Clase Mundial, al no producir bienes o servicios defectuosos: 3,4 ppm (proceso descentrado). (Escalante Vasquez, 2003)

2.2.5.1. Historia del Six Sigma

El Método de Seis Sigma es una filosofía que inicia en los años ochenta como estrategia de mercado y de mejoramiento de la calidad en la empresa Motorola, cuando el ingeniero Mikel Harry, promovió como meta estimable en la organización; la evaluación y el análisis de la variación de los procesos de Motorola, como una manera de ajustarse más a la realidad. Es en esta época, con el auge de la globalización las empresas del sector industrial y comercial, que se empezaron a desarrollar técnicas más eficientes que le permitieran optimizar los procesos para mejorar su competitividad y productividad, lo que involucró como objetivo principal reducir la variabilidad de los factores o variables críticas que de una u otra forma alteraban el normal desempeño de los procesos. Por lo que se tomó como medida estadística confiable la evaluación de la desviación estándar del proceso, representada por el símbolo σ , como indicador de desempeño y a su vez permita determinar la eficiencia y eficacia de la organización. Esta iniciativa se convirtió en el punto central del esfuerzo para mejorar la calidad en Motorola, llamando la atención al director ejecutivo Bob Galvin; con su apoyo, se hizo énfasis no sólo en el análisis de la variación sino también en la mejora continua, observó que cuando se realiza el control estadístico a un proceso se toma como variabilidad natural cuando este valor de sigma σ oscila a tres desviaciones del promedio. Criterio que se modifica con el Método Seis Sigma en donde se exige que el proceso se encuentre a cuatro puntos cinco desviaciones de la media. Esto implica que una considerable información del proceso debe estar dentro de este intervalo, lo que estadísticamente implica que se considera normal que 3.4 elementos del proceso no cumplan los criterios de calidad exigidos por el cliente, de cada millón de oportunidades (1.000.000). Esta es la causa del origen filosófico del Método Seis Sigma como medida de desempeño de toda una organización. Fue así como con el transcurrir del tiempo ha surgido esta nueva filosofía de calidad como evolución de las normas de calidad que actualmente muchas empresas aplican. (Roberto José Herrera Acosta, 2011)



2.2.5.2. Principios del Six Sigma

Entre los principios de la técnica Six Sigma se encuentran los siguientes:

- Toda mejora debe alinearse con los objetivos del negocio
- Las decisiones deben basarse en hechos, datos y pensamiento estadístico, pues lo único contante en los procesos es la variación. “Lo que no se mide no se puede mejorar”.
- Las oportunidades de mejora deben enfocarse en forma sistémica. Optimizar un subproceso nos puede llevar a sub optimizar el proceso global.
- Las causas de los problemas deben ser eliminadas en su raíz para prevenir que vuelvan a aparecer y así poder hacer bien las cosas desde el principio.
- Cada vez que un proceso es mejorado debe garantizarse que los resultados se mantengan en el tiempo.
- El recurso humano es el capital fundamental de la empresa.
- En la empresa todos deben ser líderes, maestros y modelos en la práctica de los principios. (Elsie Bonilla, 2010)

2.2.5.3. Explicación estadística

Deming, considerado el padre de la calidad, manifestó: “Si yo tuviera que reducir mi mensaje para la gestión a unas pocas palabras diría que todo tenía que ver con la reducción de la variación”.

La variación está presente en la(s) salida(s) de cada proceso. El grado de variación o el patrón de distribución de la producción es una medida de capacidad del proceso o de la madurez.

Los seis elementos claves del proceso –la gente, el medio ambiente, los materiales, el método, la maquinaria, la medición del impacto o variación– pueden clasificarse en dos categorías: naturales comunes y especiales o asignables.

La variación natural siempre se produce y no se puede atribuir a una causa específica. Es el azar dentro de un rango predecible o, en otras palabras, se sigue un patrón de distribución (que hemos detallado acerca de la distribución posterior). La reducción de la variación natural requiere un cambio fundamental en el proceso.

La variación especial se produce debido a una causa asignable fuera de la variación natural. Se puede atribuir fácilmente a una causa específica, generalmente en relación con los seis

elementos claves del proceso (6M). Una vez detectada, su eliminación es un ejercicio relativamente sencillo.

El defecto de un producto o servicio se presenta en la variación cuando excede los límites establecidos. Es decir que solo se podrá detectar un defecto si tenemos un punto de referencia o meta mensurable establecida por los competidores o por las expectativas de los clientes. (Elsie Bonilla, 2010)

Un nivel de calidad Six Sigma corresponde a una variación de procesos igual a la mitad de la tolerancia del diseño, mientras que se permite a la media variar hasta 1.5 desviaciones estándar de la meta. (James R. Evans, 2008)

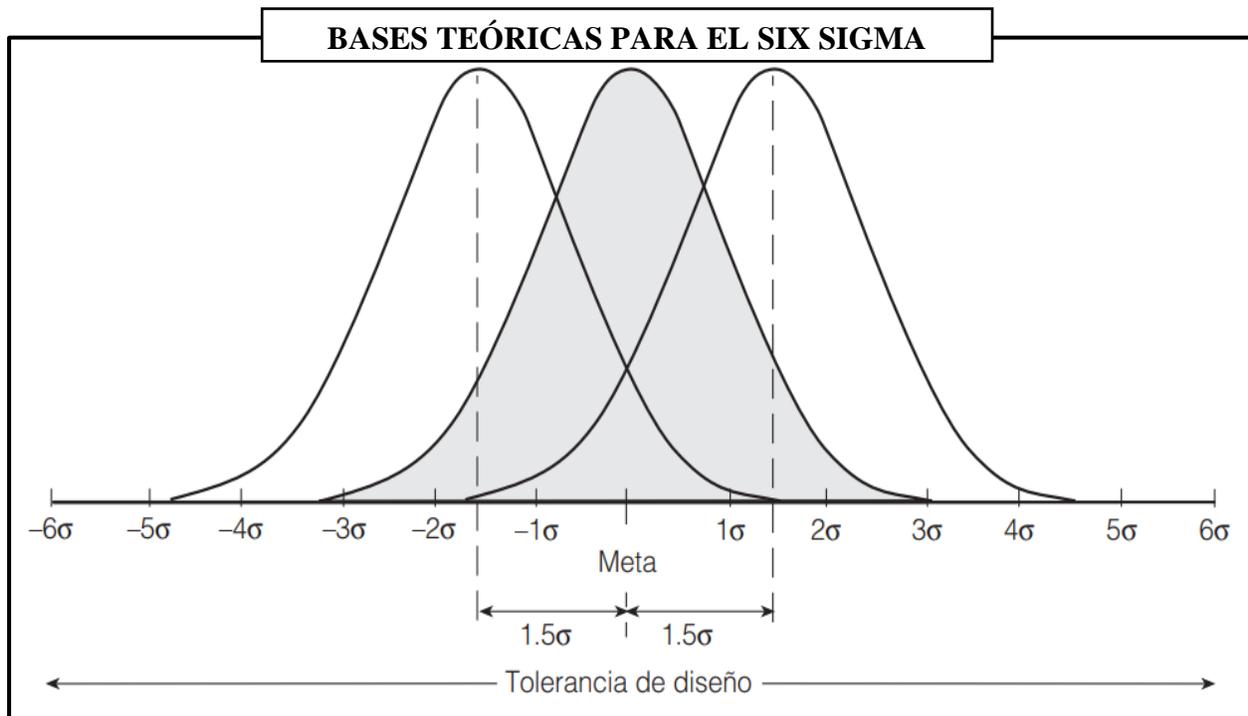


Figura 2: Bases teóricas para Six Sigma

Fuente: (James R. Evans, 2008).

Tabla 3: Niveles de calidad Sigma

| Nivel de calidad Sigma | | | | | | | |
|------------------------|---------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Alejado del centro | 3.00 | 3.50 | 4.00 | 4.50 | 5.00 | 5.50 | 6.00 |
| 0.00 | 1 350 | 233 | 32 | 3.4 | 0.29 | 0.019 | 0.001 |
| 0.25 | 2 980 | 577 | 88 | 11 | 1.02 | 0.076 | 0.004 |
| 0.50 | 6 210 | 1 350 | 233 | 32 | 3.4 | 0.29 | 0.019 |
| 0.75 | 12 224 | 2 980 | 577 | 88 | 11 | 1.02 | 0.076 |
| 1.00 | 22 750 | 6 210 | 1 350 | 233 | 32 | 3.4 | 0.29 |
| 1.25 | 40 059 | 12 224 | 2 980 | 577 | 88 | 11 | 1.02 |
| 1.50 | 66 807 | 22 750 | 6 210 | 1 350 | 233 | 32 | 3.4 |
| 1.75 | 105 650 | 40 059 | 12 224 | 2 980 | 577 | 88 | 11 |
| 2.00 | 158 655 | 66 807 | 22 750 | 6 210 | 1 350 | 233 | 32 |

Fuente: (James R. Evans, 2008).

2.2.5.4. Metodología del Six Sigma

La metodología Six Sigma es similar a la metodología de mejora continua (Kaizen). Se resume en las siglas DMAIC, que significa:

D: Definir el proyecto.

M: Medir el desempeño del proceso involucrado en el proyecto.

A: Analizar el proceso.

I: Implementación de mejoras.

C: Controlar y asegurar el desempeño alcanzado. (Elsie Bonilla, 2010)

2.2.6. Metodología DMAIC

2.2.6.1. Definir

En la fase de definición se identifica los posibles proyectos six sigma, que deben ser evaluados por la dirección. El tablero de control estratégico (balanced score card) puede ser una fuente apropiada para esta etapa. Por ejemplo, indicadores clave como rentabilidad, satisfacción de clientes, tiempos de respuesta, cantidad de reclamos, exceso de costos, entre otros, pueden ser puntos de partida para generar un proyecto six sigma. Una vez seleccionando el proyecto se prepara



su misión y se selecciona el equipo más adecuado para el proyecto, asignándole la prioridad necesaria.

Como todo resultado es producto de uno o más procesos interrelacionados, pueden aparecer una serie de preguntas relacionadas con la meta del proyecto: ¿Qué procesos están involucrados?, ¿Quiénes son los responsables de dichos procesos?, ¿Qué personas interactúan en el proceso, directa o indirectamente?, ¿Quiénes podrían ser parte de un equipo para cambiar el proceso?, ¿actualmente tienen información del proceso?, ¿Qué tipo de información tiene?, ¿Qué procesos tienen mayor probabilidad de mejorarse?, ¿Cómo lo definió o llegó a esa conclusión?. (Elsie Bonilla, 2010)

Después de seleccionar un proyecto Six Sigma, el primer paso consiste en definir el problema con claridad. Esta actividad es muy diferente de la selección del proyecto. Esta última casi siempre responde a los síntomas de un problema y, por lo regular, da como resultado un enunciado vago del mismo. Primero se debe describir el problema en términos operativos que faciliten un análisis posterior. (James R. Evans, 2008)

Esta fase incluye el análisis de impacto económico, análisis de uso de recursos y de impacto con el cliente de una serie de oportunidades de mejora. Para esta fase las herramientas más utilizadas son la matriz de selección, el diagrama de Pareto y el análisis de factibilidad de proyectos. (Reyes Aguilar, 2002)

Definir, el propósito y alcance del proyecto, reunir información sobre antecedentes del proceso y sobre los requerimientos de sus clientes. (García Melgarejo)

2.2.6.2. Medir

La fase de medición consiste en la caracterización del proceso identificando los requisitos clave de los clientes, las características clave del producto (o variables del resultado) y los parámetros (variables de entrada) que afectan el funcionamiento del proceso y las características o variables clave. Los datos colectados permitirán establecer las causas del problema y también facilitará la medición inicial de la capacidad del proceso involucrado. A partir de esta caracterización se define el sistema de medida y se mide la capacidad del proceso.

Algunas preguntas típicas que surgen en esta etapa son: ¿sabe quiénes son sus clientes?, ¿conoce las necesidades de sus clientes?, ¿sabe qué es crítico para su cliente, derivado de su proceso?, ¿cómo se desarrolla el proceso?, ¿cuáles con los pasos?, ¿qué tipo de pasos compone el proceso?, ¿cuáles son los parámetros de medición del proceso y cómo se relacionan con las necesidades del cliente?, ¿por qué son esos los parámetros?, ¿cómo obtienen la información?, ¿qué tan exacto o preciso es su sistema de medición? (Elsie Bonilla, 2010)

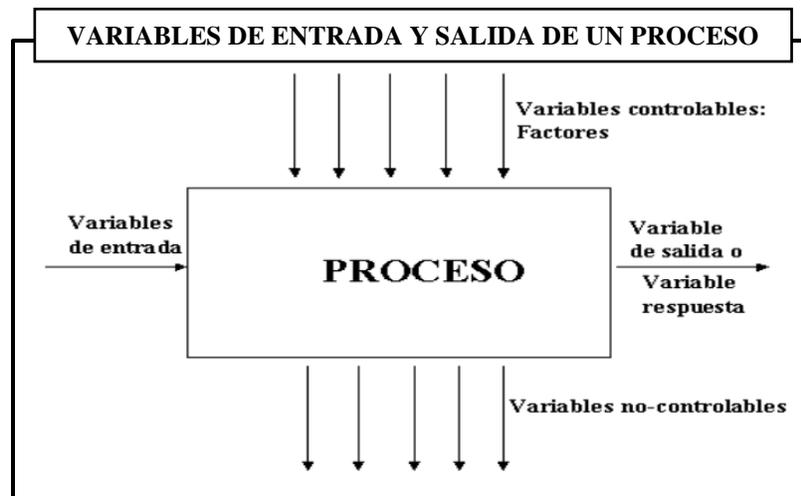


Figura 3: Variables de entrada y salida de un proceso

Fuente: (Lara Porras, 2000)

Esta fase se refiere a la recolección de toda la información relevante sobre el proyecto de mejora, para lo cual es muy importante asegurarse de la confiabilidad de los dispositivos de medición, que pueden ser instrumentos de medición o cuestionarios de evaluación para servicios. Se recolecta información de los indicadores clave del negocio. Las herramientas más comunes son el análisis de errores en los sistemas de medición (repetibilidad y reproducibilidad), mapeo del proceso, análisis de defectos por unidad (DPU), Comparación competitiva (Benchmarking), despliegue de la función de calidad (QFD) o matriz de causa efecto, cartas multivariadas, Análisis del modo y efecto de la falla (AMEF) y capacidad del proceso, pruebas de vida y funcionamiento.

Como salidas de esta fase se tienen: planteamiento claro del problema (qué, dónde, cuándo, cuánto y costos); validación del sistema de medición; diagrama de flujo del proceso,



capacidad del proceso e índice de defectos por millón de oportunidades (DPMO's). Se estudia el problema real con apoyo de métodos estadísticos. (Reyes Aguilar, 2002)

Medir, la situación actual, recolectar información sobre la situación actual, para suministrar un objetivo claro, al esfuerzo de mejora. (Garcia Melgarejo)

2.2.6.3. Analizar

En esta fase el equipo analiza los datos de resultados actuales e históricos. Se desarrollan y comprueban hipótesis sobre posibles relaciones causa-efecto utilizando las herramientas estadísticas pertinentes. De esta forma el equipo conforma los determinantes del proceso, es decir las variables claves de entrada o “poco vitales” que afectan a las variables de respuesta del proceso.

La prioridad del equipo son las medidas de salida, ya que estas son las que mejor cuantifican los problemas actuales.

En el lenguaje sigma, la letra “Y” se utiliza para las medidas de resultados y salidas de un proceso. Es decir “Y” equivale a una medida de salida y puede representar una meta u objetivo también. Las medidas “Y” suelen estar ligadas a un requerimiento del cliente.

La “X” se usa para medidas en el proceso o en las entradas. La medición “X” puede ser: el número de empleados, la antigüedad de los equipos, el coste de las materias primas o la duración de una llamada. El equipo se deberá de encargar de descubrir cuáles de las “X” tiene mayor impacto en el problema que se está trabajando. Cuando el equipo la encuentra, esa “X” es la “causa raíz”.

La relación entre la entrada y las actividades del proceso y los resultados, o salidas, se suelen representar con la ecuación:

$$Y=f(X), \text{ donde } Y \text{ es la variable efecto y } X \text{ la variable causal.}$$

Es necesario determinar la correlación entre tales variables, en ese sentido nos podemos ayudar con algún software, como el Minitab. El análisis de estas interrelaciones permitirá la identificación de causas.

Por ejemplo, el tiempo de tardamos en reponer un pedido podría ser una variable de efecto, en tanto que las horas de mantenimiento de las máquinas o la eficiencia del personal podrían representar variables causales.



En la etapa de análisis nos planteamos las siguientes preguntas: ¿cuáles son las especificaciones del cliente para sus parámetros de medición?, ¿cómo se desempeña el proceso actual con respecto a esos parámetros?, ¿cuáles son los objetivos de mejora del proceso?, ¿cómo se definieron los objetivos?, ¿cuáles son las posibles fuentes de variación del proceso? (Elsie Bonilla, 2010)

Una falla importante de muchos enfoques de solución de problemas es que no se presta suficiente atención al análisis riguroso. Con mucha frecuencia, se quiere llegar a una solución sin entender bien la naturaleza del problema e identificar su origen. La etapa de análisis del proceso DMAIC se concentra en por qué ocurren los defectos, errores o la variación excesiva, lo que suele dar como resultado una o más de las siguientes situaciones:

- Ausencia de conocimientos sobre cómo funciona el proceso, lo que es crítico, sobre todo si distintas personas realizan el proceso. Esta falta de conocimiento da lugar a una inconsistencia y mayor variación en los resultados.
- Ausencia de conocimientos sobre cómo debería funcionar un proceso, incluida la comprensión de las expectativas del cliente y el objetivo del proceso.
- Falta de control de los materiales y el equipo utilizados en un proceso.
- Errores inadvertidos al realizar el trabajo.
- Desperdicio y complejidad, que se manifiestan de diversas maneras, como pasos innecesarios en un proceso y exceso de inventarios.
- Diseño apresurado y producción de partes deficientes; especificaciones de diseño deficientes; pruebas inadecuadas de los materiales y prototipos.
- Incomprensión acerca de la capacidad de un proceso para cumplir las especificaciones.
- Falta de capacitación.
- Calibración y pruebas deficientes de los instrumentos.
- Características ambientales inadecuadas, como luz, temperatura y ruido.

Encontrar las respuestas requiere identificar las variables clave con más probabilidades de dar lugar a errores y a una variación excesiva, las causas de origen. NCR Corporation define la causa de origen como “la condición (o conjunto de condiciones interrelacionadas) que permite o provoca que ocurra un defecto y que, una vez corregida de manera adecuada, evita la recurrencia



del defecto de manera permanente en el mismo producto o servicio, o en los subsecuentes, que genera el proceso”.¹⁴ Utilizando una analogía médica, el hecho de eliminar los síntomas de los problemas, por lo general, proporciona sólo un alivio temporal; si se eliminan las causas de origen, el alivio es a largo plazo. (James R. Evans, 2008)

Analizar, para identificar causas. Identificar las causa raíz de los defectos, confirmarla con datos. (García Melgarejo)

2.2.6.4. Implementación de mejoras

En la fase de mejora el equipo trata de determinar la relación causa-efecto (relación matemática entre las variables de entrada y la variable de respuesta que interese) para predecir, mejorar y optimizar el funcionamiento del proceso. Por último, se determina el rango operacional de los parámetros o variables de entrada del proceso.

En esta etapa se presentan las siguientes interrogantes: ¿las fuentes de variación dependen de un proveedor?, si es así ¿cuáles son?, ¿quién es el proveedor y qué está haciendo para monitorearlas o controlarlas?, ¿Qué relación hay entre los parámetros de medición y las variables críticas?, ¿interactúan las variables críticas?, ¿cómo lo definió? muestre los datos, ¿Qué ajustes a las variables son necesarios para optimizar el proceso?, ¿Cómo los definió? Muestre los datos. (Elsie Bonilla, 2010)

Las soluciones de los problemas a menudo implican cambios técnicos u organizacionales. Con frecuencia se utiliza algún tipo de modelo de decisión o calificación para evaluar las posibles soluciones en relación con criterios importantes como costo, tiempo, potencial para mejorar la calidad, recursos necesarios, efectos sobre los supervisores y trabajadores, así como barreras para la implementación, como la resistencia al cambio o la cultura organizacional. Para implementar una solución de manera eficaz, es necesario asignar la responsabilidad a una persona o grupo que realizará un seguimiento de qué se debe hacer, dónde se va a hacer, cuándo se hará y cómo se hará. Las técnicas de administración de proyectos son útiles para planear la implementación. (James R. Evans, 2008)



Como salidas de esta fase se tienen la identificación de las variables que causan la variabilidad y la magnitud de su contribución, se establecen los niveles en que deben operar para minimizar la variabilidad, se determina la validez e incertidumbre del sistema de medición, se fijan parámetros de control para variables críticas. El apoyo de los métodos estadísticos permite identificar las soluciones de mejora. (Reyes Aguilar, 2002)

Mejorar, incorporar mejoras, desarrollar, probar e implementar soluciones a las causa raíz. Utilizar datos para evaluar los resultados. (Garcia Melgarejo)

2.2.6.5. Controlar

Consiste en diseñar y documentar los controles necesarios para asegurar que lo conseguido mediante el proyecto Six Sigma se mantenga una vez que se hayan implantado los cambios. Cuando se han logrado los objetivos y la misión se dé por finalizada, el equipo informa a la dirección y se disuelve.

Se plantean las siguientes interrogantes: para las variables ajustadas, ¿Qué tan exacto o preciso es su sistema de medición?, ¿cómo lo definió? Muestre los datos; ¿Cuánto se ha mejorado el proceso después de los cambios?, ¿Cómo lo define?, muestre los datos; ¿Cómo hace que los cambios se mantenga?, ¿Cómo monitorea los procesos?, ¿Cuánto tiempo o dinero a ahorrado con los cambios?, ¿Cómo lo está documentando?, muestre los datos. (Elsie Bonilla, 2010)

La etapa de control se enfoca hacia cómo conservar las mejoras, que incluye tener las herramientas en su lugar para garantizar que las variables clave continúen dentro de los rangos máximos aceptables en el proceso modificado. Estas mejoras pueden incluir el establecimiento de nuevas normas y procedimientos, la capacitación del personal y la institución de controles para tener la seguridad de que las mejoras no desaparecerán con el tiempo. Los controles pueden ser tan sencillos como el uso de listados de verificación o revisiones periódicas de las condiciones para asegurarse de que se siguen los procedimientos apropiados o que se emplean los diagramas de control de los procesos estadísticos para supervisar el desempeño de los indicadores clave. (James R. Evans, 2008)



Controlar, mantener los logros obtenidos, mediante la normalización de los procesos.
Hacer planes para la mejora continua. (Garcia Melgarejo)

2.2.7. Herramientas de la metodología “DMAIC”

2.2.7.1. Definir:

A continuación, mostramos las herramientas a usar en esta fase:

A. Project Charter

- a) El acta de compromiso del proyecto.
- b) La iniciativa o la necesidad, de realizar un proyecto de mejora bajo la metodología DMAIC, requiere de alguna formalización en su lanzamiento.
- c) En este documento se deberá precisar, por lo menos:
 1. Nombre del proyecto.
 2. Área o lugar del proyecto.
 3. Fecha de inicio y fecha de término.
 4. Cronograma de trabajo en función de las 5 fases.
 5. El problema.
 6. Objetivo a alcanzar.
 7. Los beneficios económicos.
 8. El equipo del proyecto.
 9. El alcance del proyecto, entre otros. (Garcia Melgarejo)

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). (García Ramírez, 2013)



B. Parámetros de calidad críticos (Árbol CTQ)

Parámetros internos de la compañía que están interrelacionados con los deseos y necesidades del cliente. Es decir, los CTQ son la voz del cliente (VOC, de las siglas en inglés de Voice Of Customer), el cual interviene en la generación de parámetros para la satisfacción plena de sus necesidades.

En base a los CTQ se crean indicadores de manera que estos puedan ser medidos y controlados.

Los atributos más importantes de un CTQ es que vienen trasladados directamente de la voz del cliente y esto nos da un panorama completo de las necesidades del cliente.

Si tuviéramos que expresar un CTQ de forma matemática sería de esta manera:

$$Y=F(x)$$

Dónde:

Y = CTQ del cliente o aquello que necesitamos mejorar mediante el DMAIC.

$F(x)$ = El proceso o procesos internos que afectan directamente el CTQ del cliente. (innovando.net, 2012)

C. Mapa de proceso

Un mapa de procesos es un diagrama de valor que representa, a manera de inventario gráfico, los procesos de una organización en forma interrelacionada.

El mapa de procesos recoge la interrelación de todos los procesos que realiza una organización. Existen diversas formas de hacer un mapa de procesos.

Un proceso es el conjunto de actividades y recursos interrelacionados que transforman los elementos de entrada en elementos de salida aportando valor para el usuario. Por ejemplo: un proceso productivo, es aquel en que se transforman los insumos y bienes intermedios en un bien final que contiene más valor que la suma de sus componentes porque se le ha añadido valor.



Es importante no confundir procesos con procedimientos. Los procesos tienen como propósito ofrecer al cliente o usuario un servicio que cubra sus necesidades y satisfaga sus expectativas. Un procedimiento es la forma específica de realizar un proceso o una parte del mismo.

Además, el mapa de procesos permite contar con una perspectiva global-local, ubicando cada proceso en el marco de la cadena de valor. Simultáneamente relaciona el propósito de la organización con los procesos que lo gestionan, de modo que sirve también como herramienta de aprendizaje para los trabajadores. (Conexión ESAN, 2016)

La definición de los mapas de procesos de una empresa u organización se contempla durante la elaboración de su plan estratégico corporativo, con el objetivo de conocer mejor y más profundamente el funcionamiento y el desempeño de los procesos y las actividades en los que se halla involucrada, prestando una atención especial a aquellos aspectos clave de los mismos. (EAE Business School - Mapa de procesos: Tipos, definición y desarrollo, 2017)

D. Análisis de criticidad

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual. El mejoramiento de la confiabilidad operacional de cualquier instalación o de sus sistemas y componente, está asociado con cuatro aspectos fundamentales: confiabilidad humana, confiabilidad del proceso, confiabilidad del diseño y la confiabilidad del mantenimiento. (Huerta Mendoza, 2010)

E. SIPOC

El SIPOC es un diagrama de flujo a alto nivel y, a su vez, es el primer paso para la realización de un diagrama de flujo detallado (flujograma de proceso). Permite visualizar los pasos secuenciales de un proceso definiendo claramente sus entradas, salidas, proveedores y clientes.



Recoge detalles importantes sobre el inicio y el final del proceso. Es una herramienta de gran utilidad para identificar el proceso a investigar en la primera etapa de la metodología DMAIC.

Sus principales virtudes son que, con él, se consigue concretar el ámbito de los proyectos Lean 6 Sigma, clarificar los papeles de las partes implicadas y, especialmente, es de gran utilidad para identificar a los clientes.

Permite tener un conocimiento consistente del proceso analizado ya que se consensua por el equipo del proyecto de mejora.

El procedimiento para realizar un SIPOC es muy sencillo: se trata de listar las partes implicadas en el proyecto distinguiendo entre Proveedores (Suppliers), Inputs, Proceso, Output y Clientes.

Con el SIPOC creado, se ven cuáles son las actividades involucradas y de qué forma están interconectadas. Además, se pueden discernir fácilmente las partes implicadas de las que no lo están. Por último, ayuda a identificar a los clientes y resaltar los que se tienen que satisfacer de acuerdo con los objetivos del proyecto.

Con mucha frecuencia los clientes y proveedores de los procesos que se analizan son internos. También es relativamente frecuente que el mismo departamento, sección o persona sea proveedor y cliente a la vez. (Aceleración Controlada De La Productividad, 2016)

F. Pareto

Los problemas de calidad se presentan como pérdidas (productos defectuosos y su costo). Es muy importante aclarar el patrón de la distribución de la pérdida. La mayoría de las pérdidas se deberán a unos pocos tipos de defectos, y estos defectos pueden atribuirse a un número muy pequeño de causas. Si se identifican las causas de estos pocos defectos vitales, podremos eliminar casi todas las pérdidas, concentrándonos en esas causas particulares y dejando de lado por el momento otros muchos defectos triviales.

El uso del diagrama de Pareto permite solucionar este tipo de problema con eficiencia. (Kume, Herramientas Estadísticas Básicas Para El Mejoramiento De La Calidad, 1993)



Es un diagrama que se utiliza para determinar el impacto, la influencia o el efecto que tiene determinados elementos sobre un aspecto. A menudo se encuentra que gran parte del volumen de ventas de una empresa es realizada a través muy pocas línea de sus productos, o que la mayoría de los defectos encontrados en un producto se deben a unas pocas causas identificadas; lo anterior se debe al concepto de “pocos vitales” contra los “muchos triviales”, introducido por el economista italiano Wilfrido Pareto. (Elsie Bonilla, 2010)

Es una herramienta que nos ayuda a identificar lo preponderante en un proceso. Ayuda a poner el foco en lo más crítico para el proceso. (Garcia Melgarejo)

2.2.7.2. Medir

A continuación, mostramos las herramientas a usar en esta fase:

A. Distribución de frecuencias

Después de la recolección de datos es necesario resumirlos y presentarlos de tal forma que faciliten su comprensión y posterior análisis y utilización.

Para lo cual se ordenan los datos en tablas numéricas llamadas tablas de frecuencias, donde se toma en consideración los siguientes ítems:

a) Tamaño De La Muestra (n)

Es el número total de datos considerados.

b) Rango o recorrido (R)

Es la diferencia existente entre los valores de los datos máximo y mínimo.

$$R = X_{\text{máx}} - X_{\text{mín}}$$

c) Alcance (A)

Es el intervalo cerrado que contiene a los datos desde el valor mínimo hasta el valor máximo.

$$A = [X_{\text{mín}} ; X_{\text{máx}}]$$

**d) Número De Intervalos (K)**

Es la cantidad de intervalos en la que ha sido dividido el alcance pudiendo tener:

1. Cuando la muestra es muy grande ($n \geq 30$), entonces el número de intervalos se calcula mediante:

$$K = 1 + 3.3 \log (n)$$

Dónde: K siempre debe ser un número entero positivo, si el resultado obtenido no fuese entero se aproximará al entero mayor o menor según sea el caso.

2. Cuando la muestra presenta variación constante (ancho de clase) en cada intervalo de variación se tiene:

$$K = \frac{R}{W}$$

Dónde:

R: rango.

W: Ancho de clase.

e) Límites de intervalos (Li)

Son los valores que consideran los extremos de cada intervalo en que ha sido dividido el alcance cuyo valor menor se denomina límite inferior y el valor mayor se denomina límite superior, es decir:

$$Ik = [Linf ; Lsup]$$

$$I1 = [L1 ; L2]$$

$$I2 = [L2 ; L3]$$

.

.

.

$$Ik = [Lk - 1 ; Lk]$$

**f) Ancho De Clase (w)**

Es la variación de datos existentes en cada intervalo de clase dada por:

1. Primera opción:

$$W = \frac{R}{K}$$

2. Segunda opción en caso se conozcan los extremos de un intervalo:

$$W = L_{sup} - L_{inf}$$

g) Frecuencia Absoluta(fi)

Es el número de veces que se repite un valor en el conjunto de datos.

$$f_1 + f_2 + \dots + f_k = n$$

h) Frecuencia Absoluta Acumulada (Fi)

Es la adición de las frecuencias absolutas desde la primera hasta la frecuencia de la categoría solicitada, estas frecuencias siempre son ascendentes y en algunos casos se mantienen igual.

$$F_1 = f_1$$

$$F_2 = f_1 + f_2 = F_1 + f_2$$

.

.

.

$$F_k = f_1 + f_2 + \dots + f_k = F_{k-1} + f_k$$

i) Frecuencia Relativa (hi)

Es la razón existente entre la frecuencia absoluta y el tamaño de la muestra. Donde su valor será mayor igual a cero ($0 \leq h_i \leq 1$). Teniendo:

$$h_i = \frac{f_i}{n}$$



De donde se puede determinar la frecuencia absoluta conociendo la frecuencia relativa y el tamaño de muestra:

$$f_i = n \times h_i$$

Además, se cumple:

$$h_1 + h_2 + \dots + h_k = 1$$

j) Frecuencia Relativa Acumulada (H_i)

Es la adición de las frecuencias relativas desde la primera hasta la frecuencia solicitada, estas frecuencias siempre son ascendentes y en algunos casos se mantiene igual.

$$H_1 = h_1$$

$$H_2 = f_1 + f_2 = H_1 + h_2$$

.

.

.

$$H_k = h_1 + h_2 + \dots + h_k = H_{k-1} + h_k = 1$$

k) Frecuencia Relativa Porcentual ($\%h_i$)

Brinda el porcentaje de los datos en cada intervalo de clase, se obtiene al multiplicar por el 100% cada frecuencia relativa.

Es decir:

$$\%h_i = 100\%(h_i)$$

l) Marca de Clase (y_i)

Es el punto medio de cada intervalo de clase tal como:

$$y_i = \frac{L_{inf} + L_{sup}}{2}$$

(Quin, 2014)



B. Histograma

Es una gráfica de barras que permite describir el comportamiento de un conjunto de datos de una variable, como altura, peso, densidad, temperatura, tiempo, en cuanto a su tendencia central, forma y dispersión.

Aplicación: Esta herramienta se aplicará en los siguientes casos:

1. Cuando es necesario conocer la capacidad del proceso.
2. Si se cumplen las especificaciones de calidad.
3. Para conocer la variabilidad de las características técnicas durante un proceso.

Un equipo de mejora desarrolla un histograma para conocer la situación actual de un proceso, saber si se cumple o no con las especificaciones técnicas determinando el porcentaje de defectuosos y así plantear acciones correctivas o preventivas al proceso. (Elsie Bonilla, 2010)

Son graficas de barras simples cuyas bases representan los intervalos de clase, las alturas, las frecuencias absolutas o relativas. (Quin, 2014)

Los datos obtenidos de una muestra sirven como base para decidir sobre la población. Mientras más grande sea la muestra, más información obtendremos sobre la población. Pero un aumento en el tamaño de la muestra también implica un aumento en la cantidad de datos, y eso puede llegar a hacer difícil comprender la población a partir de esos datos, aun cuando se organicen en tablas. En ese caso, necesitamos un método que nos permita comprender la población de un vistazo. Un histograma responde a esta necesidad. La organización de un buen número de datos en un histograma nos permite comprender la población de manera objetiva. (Kume, HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS BÁSICAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD, 1985)

a) Polígono de Frecuencias

Son segmentos de recta trazadas en los techos de los rectángulos del histograma. Uniendo los puntos medios de los intervalos.

**b) Ojiva**

Son curvas poligonales asociada al diagrama escalonado. Construidas desde el cero atravesando los puntos abiertos de cada intervalo hasta el valor máximo. (Quin, 2014)

C. Medidas de Tendencia Central

Conocidas también como medidas de localización, puesta que localizan el centro de la distribución de frecuencias. Entre estas tenemos:

a) Media aritmética (x)

Llamada también promedio o simplemente media, para su cálculo se utiliza una de las siguientes formas:

1. Para datos no agrupados:

$$X = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad ; \quad X = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i)}{n}$$

Dónde:

X = media aritmética o promedio.

n = número de datos u observaciones.

2. Para datos agrupados o tabulados:

$$X = \frac{y_1 f_1 + y_2 f_2 + \dots + y_n f_n}{n} \quad ; \quad X = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i f_i)}{n}$$

Dónde:

X = media aritmética o promedio.

n = número de datos u observaciones.

y₁ = marca de clase.



f_i = frecuencia absoluta.

b) Mediana (Me)

Es el valor del dato ordenado en forma ascendente o descendente de dos grupos de igual número de datos u observaciones. Presentándose los siguientes casos:

1. Para datos no agrupados

Los datos se deben de ordenar en forma ascendente o descendente, pudiendo tener una muestra de par o impar. Esto se da de la siguiente manera:

- **Cuando el tamaño de la muestra es impar**

Teniendo los datos ordenados se busca el elemento que está en la posición central mediante la relación posición que es:

$$\frac{n + 1}{2}$$

Como tal:

$$Me = X\left(\frac{n + 1}{2}\right)$$

- **Cuando el tamaño de la muestra es par**

Se ubican los dos puntos centrales cuyas posiciones son:

$$\frac{n}{2} ; \frac{n}{2} + 1$$

Entonces la mediana será:

$$Me = \frac{X\left(\frac{n}{2}\right) + X\left(\frac{n}{2} + 1\right)}{2}$$

2. Para datos agrupados

Consiste en determinar un punto de intervalo en el que este comprendido la mediana, para lo cual se procede de la siguiente forma:

- Se calcula el valor de:

$$\frac{n}{2}$$

Sin necesidad de redondear el dato.

- Se identifica el intervalo que contiene a la mediana por medio de las frecuencias absolutas acumuladas, utilizando la desigualdad:

$$F_{j-1} \leq \frac{n}{2} \leq F_j$$

El intervalo que contiene a la mediana será aquel donde recaiga el valor de F_j .

Dónde:

F_j : Frecuencia absoluta acumulada.

- Se aplica la relación:

$$Me = L_j + W \left[\frac{\frac{n}{2} - F_{j-1}}{f_j} \right]$$

Dónde:

L_j : Límite inferior del intervalo bajo estudio que contiene a la mediana.

W : Ancho de clase del intervalo bajo estudio que contiene a la mediana.

F_j : Frecuencia absoluta acumulada del intervalo bajo estudio que contiene a la mediana.

f_j : Frecuencia absoluta del intervalo bajo estudio que contiene a la mediana.

c) Moda (M_d)

Esta dado por el valor más frecuente de la distribución. La moda puede existir o no, si existe puede ser o no única, teniendo así:

Si la distribución presenta una moda entonces se llama unimodal, si presenta dos modas será bimodal, si presenta más de dos modas se llama multimodal y si no presenta moda se llama amodal.

Para la determinación de la moda se tiene:



1. Para datos no agrupados

La moda toma el valor del dato más frecuente.

2. Para datos agrupados

En este caso se procede de la siguiente manera:

- Se identifica el intervalo que contiene la moda, llamado clase modal ubicado en la mayor frecuencia absoluta.
- Se calcula las diferencias:

$$\Delta 1 = fj - (fj - 1)$$

$$\Delta 2 = fj - (fj + 1)$$

- Se aplica la relación:

$$Md = Lj + W \left(\frac{\Delta 1}{\Delta 1 + \Delta 2} \right)$$

Dónde:

Lj: Límite inferior del intervalo bajo estudio que contiene a la moda.

W: Ancho de clase del intervalo bajo estudio que contiene a la moda.

Δ : Delta.

fj: Frecuencia absoluta del intervalo bajo estudio que contiene a la moda.

d) Cuantiles

Son los valores que dividen al conjunto de datos ordenados en forma creciente o decreciente en partes iguales. Entre estos se tiene:

1. Cuartiles (Qk)

Divide al conjunto de datos ordenados en cuatro partes iguales. El conjunto de datos ordenados viene a ser el 100% y cada cuartil tendrá el 25%, existiendo así tres cuartiles.

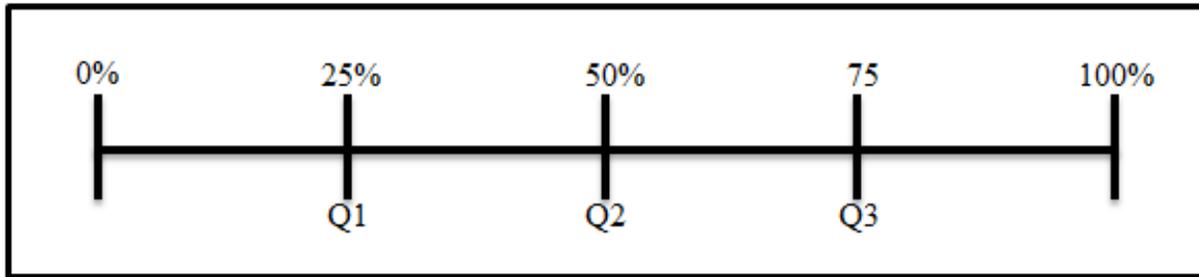


Figura 4: Representación gráfica de los cuartiles.

Fuente: (Quin, 2014)

Dónde:

Q1: Es el primer cuartil quien deja, supera o excede al 25% de los datos menores o iguales a él y es superado o excedido por el 75% de los datos mayores o iguales a él.

Q2: Es el segundo cuartil quien deja, supera o excede al 50% de los datos menores o iguales a él y es superado o excedido por el 50% de los datos mayores o iguales a él.

Q3: Es el tercer cuartil quien deja, supera o excede al 75% de los datos menores o iguales a él y es superado o excedido por el 25% de los datos mayores o iguales a él.

- **Cálculo de los cuartiles (Q_k)**

Para determinar el valor de cualquier cuartil se procede de la siguiente forma:

Se calcula el valor de:

$$\frac{nk}{4}, \quad \text{con,} \quad k = 1,2,3$$

Se identifica el intervalo que contiene al cuartil por medio de las frecuencias absolutas acumuladas (F_i), lo cual es:

$$F_j - 1 \leq \frac{nk}{4} \leq F_j$$

El intervalo donde recaiga F_j es aquel que contiene al cuartil.

Se aplica la relación:

$$Q_k = L_j + W \left[\frac{\frac{nk}{4} - (F_j - 1)}{f_j} \right]$$

2. Deciles (D_k)

Son valores que dividen al conjunto de datos ordenados en forma ascendente o descendente en diez partes iguales existiendo así nueve deciles, cada decil tendrá el 10%.

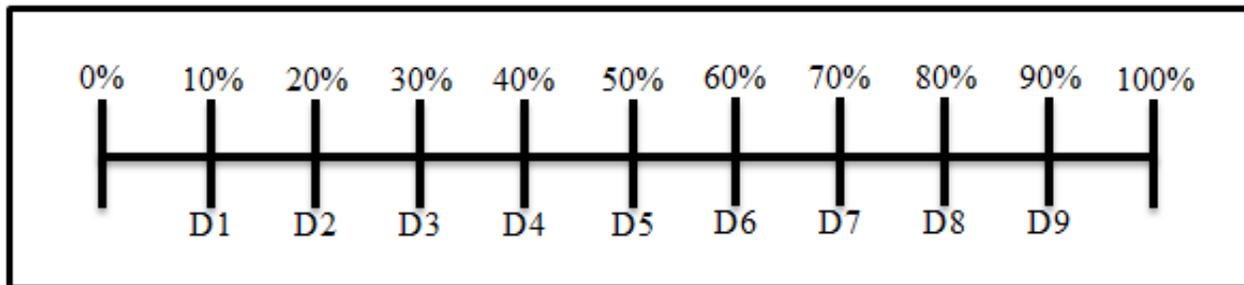


Figura 5: Representación gráfica de los deciles.

Fuente: (Quin, 2014)

Dónde:

D1: Es el primer decil quien deja, supera o excede al 10% de los datos menores o iguales a él y es superado o excedido por el 90% de los datos mayores o iguales a él.

-
-
-

D9: Es el noveno decil quien deja, supera o excede al 90% de los datos menores o iguales a él y es superado o excedido por el 10% de los datos mayores o iguales a él.

- **Calculo de los deciles (Dk)**

Para determinar el valor de cualquier decil se procede de la siguiente forma:

Se calcula el valor de:

$$\frac{nk}{10}, \quad \text{con,} \quad k = 1,2,3,4,5,6,7,8,9$$

Se identifica el intervalo que contiene al decil por medio de las frecuencias absolutas acumuladas (Fi), lo cual es:

$$Fj - 1 \leq \frac{nk}{10} \leq Fj$$

El intervalo donde recaiga Fj es aquel que contiene al decil.

Se aplica la relación:

$$Dk = Lj + W \left[\frac{\frac{nk}{10} - (Fj - 1)}{fj} \right]$$

3. Percentiles (Pk)

Son valores que dividen al conjunto de datos ordenados en forma ascendente o descendente en cien partes iguales existiendo así noventa y nueve percentiles, cada percentil tendrá el 1%.

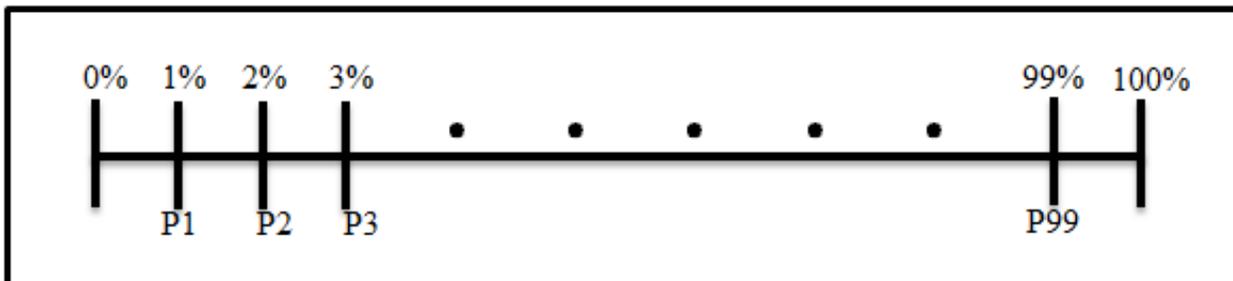


Figura 6: Representación gráfica de los percentiles.

Fuente: (Quin, 2014)



Dónde:

P1: Es el primer percentil quien deja, supera o excede al 1% de los datos menores o iguales a él y es superado o excedido por el 99% de los datos mayores o iguales a él.

-
-
-

P99: Es el último percentil quien deja, supera o excede al 99% de los datos menores o iguales a él y es superado o excedido por el 1% de los datos mayores o iguales a él.

- **Cálculo de los percentiles (Pk)**

Para determinar el valor de cualquier decil se procede de la siguiente forma:

Se calcula el valor de:

$$\frac{nk}{100}, \quad \text{con,} \quad k = 1,2,3, \dots, 99$$

Se identifica el intervalo que contiene al decil por medio de las frecuencias absolutas acumuladas (F_i), lo cual es:

$$F_{j-1} \leq \frac{nk}{100} \leq F_j$$

El intervalo donde recaiga F_j es aquel que contiene al percentil.

Se aplica la relación:

$$P_k = L_j + W \left[\frac{\frac{nk}{100} - (F_{j-1})}{f_j} \right]$$

(Quin, 2014)

4. Rango intercuartílico

El rango intercuartílico IQR (o rango intercuartil) es una estimación estadística de la dispersión de una distribución de datos. Consiste en la diferencia entre el tercer y el primer cuartil. Mediante esta medida se eliminan los valores extremadamente alejados. El rango intercuartílico es altamente recomendable cuando la medida de tendencia central utilizada es la mediana (ya que este estadístico es insensible a posibles irregularidades en los extremos).

$$IQR = Q3 - Q1$$

Por lo tanto, en distribuciones con una gran asimetría, (alejadas de la distribución normal o campana de Gauss) es más apropiado medir la tendencia central y la dispersión mediante la mediana y el rango intercuartil respectivamente que con la media aritmética y la desviación típica.

Con el IQR podremos elaborar los diagramas de caja, que es un instrumento muy visual para evaluar la dispersión de una distribución. (Universo Formulas - Rango Intercuartílico, 2018)

D. Diagrama de Caja (Box Plot)

El gráfico de caja (“box-plot” en inglés) es una forma de presentación estadística destinada, fundamentalmente, a resaltar aspectos de la distribución de las observaciones en una o más series de datos cuantitativos. Reemplaza, en consecuencia, al histograma y a la curva de distribución de frecuencias sobre los que tiene ventajas en cuanto a la información que brinda y a la apreciación global que surge de la lectura. (Palladino, 2011)

El gráfico de caja y bigotes (en adelante gráfico de caja) se emplea como representación gráfica de variables cuantitativas. Permite resumir, describir y analizar aspectos generales y particulares del indicador. En él quedan ilustrados los datos centrales, datos adyacentes y datos raros (atípicos y extremos, si los hubiera). Su preferencia se debe a que es, simultáneamente, una herramienta sencilla y rigurosa de exploración-análisis de una distribución cuantitativa y, porque, además, permite establecer, en el mismo gráfico, comparaciones entre subgrupos. (Ballesteros Doncel, 2015)



Es un gráfico que nos permite visualizar la concentración de los datos en cuartiles y obtener información del proceso, incluyendo las observaciones atípicas. (Garcia Melgarejo)

E. Serie de Tiempo

Una serie temporal, cronológica, histórica o de tiempo es una serie estadística en la que cada uno de los valores de la variable está referido a un instante o aun periodo de tiempo.

Es un conjunto de valores observados durante una serie de periodos temporales, secuencialmente ordenada.

Son variables estadísticas bidimensionales en donde el tiempo es la variable independiente, y la otra es la variable dependiente.

Los valores de una serie cronológica referidos a instantes son: cantidades, stocks o niveles.

Los valores de una serie cronológicas referidos a periodos de tiempo son: flujos o corrientes. (TOLEDO VEGA, 2015)

Es una gráfica que nos permite conocer el comportamiento del proceso a través del tiempo. (Garcia Melgarejo)

F. Medidas de Dispersión

Son aquellos que cuantifican el grado de concentración o dispersión de los valores de la variable en torno de un promedio o valor central de la distribución.

Las medidas de dispersión se estudian con el propósito de:

- Medir la confiabilidad de los procesos.
- Usar como base de control en la misma variación.

Los términos de concentración y dispersión se usan indistintamente puesto que se da la relación “alta dispersión” indica poca uniformidad o concentración.



Las medidas de dispersión que se usan con mayor frecuencia son: La varianza, la desviación estándar o típica, la desviación media o promedio y el coeficiente de variación.

a) La Varianza

Denotado por σ^2 si es de una población, S^2 si es de una muestra, dado por:

1. Para datos no agrupados

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}$$

2. Para datos agrupados

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (y_i - \bar{x})^2 \cdot f_i}{n}$$

b) Desviación Estándar (S)

Es la raíz cuadrada positiva de la varianza:

$$S = +\sqrt{\text{Varianza}} \quad \text{ó} \quad S = \sqrt{S^2}$$

c) Coeficiente De Variación (C.V.)

Sirve para comparar distribuciones, en la cual se dice que una distribución es mejor que otra si su coeficiente de variación es menor. Esta dado por:

$$C.V = \frac{S}{\bar{x}}$$

d) Desviación Media

Es la media aritmética de los valores absolutos de las desviaciones de todos los valores en relación con la media o con la mediana, así tenemos:

1. Desviación Media Con Respecto A La Media Aritmética (Dm(X))

Dado por:

$$Dm(X) = \frac{\sum_{i=1}^k [f_i |Y_i - \bar{X}|]}{n}$$



2. Desviación Media Con Respecto A La Mediana Aritmética ($Dm(Me)$)

Dado por:

$$Dm(Me) = \frac{\sum_{i=1}^k [f_i | Y_i - Me |]}{n}$$

(Quin, 2014)

G. Cartas de Control

W. A. Shewhart, de los laboratorios de la Bell Telephone, fue el primero en proponer, en 1924, una gráfica de control con el fin de eliminar una variación anormal, distinguiendo las variaciones debidas a causas asignables de aquellas debidas a causas al azar.

Una gráfica de control consiste en una línea central, un par de límites de control, uno de ellos colocado por encima de la línea central y otro por debajo, y en unos valores característicos registrados en la gráfica que representa el estado del proceso. Si todos los valores ocurren dentro de los límites de control, sin ninguna tendencia especial, se dice que el proceso está en estado controlado. Sin embargo, si ocurren por fuera de los límites de control o muestran una forma peculiar, se dice que el proceso está fuera de control.

La calidad de un producto manufacturado por medio de un proceso inevitablemente sufrirá variaciones. Estas variaciones tienen causas y estas últimas pueden clasificarse en los siguientes dos tipos:

a) Causas debidas al azar

Las variaciones debidas al azar son inevitables en el proceso, aun si la operación se realiza usando materia prima y métodos estandarizados. No es práctico eliminar el azar técnicamente y en forma económica por el momento.

b) Causas asignables

La variación debida a causas asignables significa que hay factores significativos que pueden ser investigados. Es evitable y no se puede pasar por alto: hay casos causados por la no aplicación de ciertos estándares o por la aplicación de estándares inapropiados.



Cuando los puntos se ubican por fuera de los límites de control o muestran una tendencia particular, decimos que el proceso está fuera de control, y esto equivale a decir, “Existe variación por causas asignables y el proceso está en un estado de descontrol”. Para controlar un proceso, se requiere poder predecir el resultado dentro de un margen de variación debido al azar.

Para hacer una gráfica de control es necesario estimar la variación debida al azar. Para esto se dividen los datos en subgrupos dentro de los cuales el lote de materia prima, las máquinas, los operadores y otros factores son comunes, de modo que la variación dentro del subgrupo puede considerarse aproximadamente la misma que la variación por causas debidas al azar.

Hay varias clases de gráficas de control, dependiendo de su propósito y de las características de la variable. En cualquier tipo de grafica de control el límite de control se calcula usando la siguiente formula:

$$(\text{valor promedio}) \pm 3 \times (\text{desviación estandar})$$

Donde la desviación estándar es la variación debida al azar. Este tipo de gráfica de control se llama una gráfica control de 3-sigma. (Kume, Herramientas Estadísticas Básicas Para El Mejoramiento De La Calidad, 1993)

Es la representación gráfica de una o más características de la calidad en un proceso a lo largo del tiempo, que sirve para observar y analizar con datos estadísticos la variabilidad y el comportamiento del proceso alrededor de un valor medio, y dentro de los límites de control.

El objetivo principal es descubrir el desajuste del proceso, mostrando las tendencias pronunciadas o puntos fuera de límites de control y encontrar las causas a través del análisis de factores de calidad, como el hombre, las máquinas, los materiales, los métodos de trabajo, etcétera.

Se utiliza para el control de los procesos, a partir del control de una característica de calidad, esta puede ser una característica variable o un atributo. Se presentan, por ello, graficas de control por atributos y graficas de control por variables.

Las cartas de control son una herramienta para mejorar la productividad, ya que al reducir el rechazo y la reelaboración los costos disminuyen y la capacidad de producción aumenta.



También son eficaces para evitar defectos preventivamente, manteniendo el proceso bajo control durante la etapa de fabricación, lo que evita el costo de reparar los artículos defectuosos.

Proporcionan información para el análisis, pues el patrón de los puntos en la carta contiene información para un operario o ingeniero, que le permita implementar un cambio en el proceso que mejore su rendimiento.

Por último, también proporciona información acerca de los puntos fuera de control (causas asignables) que después de haberlos eliminado, la media muestral y el rango relativo de los datos estimaran de manera precisa la media y desviación estándar poblacional, lo que permitirá estimar la capacidad del proceso. (Elsie Bonilla, 2010)

El objetivo básico de una carta de control, es observar y analizar el comportamiento de un proceso a través del tiempo.

Nos ayudan a:

- Estabilizar los procesos (lograr control estadístico) mediante la identificación de causas especiales.
- Mejorar el proceso, reduciendo la variación de causa común.
- Monitorear el proceso, para asegurar que las mejoras se mantienen y detectar oportunidades de mejora.

a) Usos de gráficas de control

1. Conseguir un estado de control estadístico de proceso, todas las medias y rangos de subgrupos dentro de los límites de control, no hay presente ninguna causa asignable de variación. (Cuando menos se han minimizado las causas asignables)
2. Controlar el proceso. (Proceso predecible en el tiempo)
3. Poder determinar la capacidad del proceso. (Process Capability)

b) Gráficas de control para variables

Los principales gráficos para datos continuos son:

**GRÁFICOS X – R (Medias y Rangos)****GRÁFICOS X – S (Medias y Desviación estándar)****GRÁFICOS DE INDIVIDUALES (Medias y Rango móvil)**

Subgrupos: Las posibilidades de diferencias debido a causas asignables “dentro”, deben ser minimizadas (mismo; operador, desplazamiento, cabezal, material, etc.)

Nota: En general para el uso de todas las gráficas de control:

Fase 1: Construcción de la gráfica (El marco con la media y los límites).

Fase 2: Controlar el proceso (Control, respecto a las medias del marco).

c) Gráficas de control para variables: X – R

Diagramas de control que se aplican a procesos masivos, con variable de salida de interés de tipo continuo.

En un gráfico combinado X – R, primero se analiza la gráfica R, luego de tener en control esta gráfica, recién se va a analizar la gráfica X.

1. Grafica de Rangos

$$LC = R$$

$$LSP = D4R$$

$$LIP = D3R$$

Donde R es el rango medio, y D3 y D4 son enteros que se encuentran en la tabla de factores. (Anexo N°: 01)

2. Grafica de Medias

$$LC = X$$

$$LSP = X + A2R$$

$$LIP = X - A2R$$



Donde X es la media de medias, R es el rango medio, y A_2 es entero que se encuentran en la tabla de factores. (Anexo N°: 01)

d) Gráficas de control para variables $X - S$

Aun cuando es muy común la utilización de las cartas $X - R$, en ocasiones es deseable estimar la desviación estándar del proceso directamente en vez de indirectamente mediante el uso del rango R . Esto lleva a las cartas de control para $X - S$, donde S es la desviación estándar muestral. En general, las cartas $X - S$ son preferibles sus contrapartes más familiares, las cartas $X - R$, cuando:

- El tamaño de la muestra n es moderadamente grande – por ejemplo, $n > 10$ ó 12 .
- El tamaño de la muestra n es variable.

1. Gráfica de medias

$$LC = X$$

$$LSP = X + A_2R$$

$$LIP = X - A_2R$$

Donde X es la media de medias, R es el rango medio, y A_2 es entero que se encuentran en la tabla de factores. (Anexo N°: 01)

2. Gráfica de desviaciones estándar

$$LC = S$$

$$LSP = B_4S$$

$$LIP = B_3S$$

Donde S es la desviación media, y B_4 y B_3 es entero que se encuentran en la tabla de factores. (Anexo N°: 01)

e) Gráficas de control por atributos

Pueden ser de cuatro tipos:

1. Gráficas “p”, (Binomial) de proporción o fracción de artículos defectuosos.



2. Gráficas “np”, (Binomial) de número o de unidades defectuosas.
3. Gráficas “c”, (Poisson) de número de defectos.
4. Gráficas “u”, (Poisson) de número de defectos por unidad. (Garcia Melgarejo)

H. Capacidad de proceso

- Es una herramienta viable y valiosa.
- Es un aspecto integral de los requisitos del cliente.
- Es un discriminador competitivo.
- En cualquier proceso de producción de bienes y/o servicios, es importante medir la variabilidad del proceso, para saber si está de acuerdo con las especificaciones de nuestros clientes.
- Es una herramienta estadística que compara el rendimiento actual del proceso, con las especificaciones del cliente. Compara ancho de especificación del proceso actual con el ancho de especificación del cliente.

a) Sistema de medición

$$Cp = \frac{\text{Rango de especificación}}{\text{Rango de Proceso } St}$$

$$Cp = \frac{USL - LSL}{6 \text{ Desv. Std. St(Short time)}}$$

$$Pp = \frac{\text{Rango de especificación}}{\text{Rango de Proceso } Lt}$$

$$Pp = \frac{USL - LSL}{6 \text{ Desv. Std. St(Long time)}}$$

$$Cpk = \text{Menor de: } \frac{USL - \text{Media}}{3 \text{ Desv. Std(Short time)}}$$

$$Cpk = \text{Menor de: } \frac{\text{Media} - LSL}{3 \text{ Desv. Std(Short time)}}$$



$$Ppk = \text{Menor de: } \frac{USL - \text{Media}}{3 \text{ Desv. Std (Long time)}}$$

$$Ppk = \text{Menor de: } \frac{\text{Media} - LSL}{3 \text{ Desv. Std (Long time)}}$$

Dónde:

ST = Corto Plazo (Dentro)

LT = Largo Plazo (General)

b) Definiciones de capacidad de proceso

$$Cp = \frac{\text{Rango de especificación (s)}}{\text{Ancho del Proceso (Corto plazo)}} = \frac{USL - LSL}{6\sigma_{ST}}$$

$$Pp = \frac{\text{Rango de especificación (s)}}{\text{Ancho del Proceso (Largo plazo)}} = \frac{USL - LSL}{6\sigma_{LT}}$$

$$Cpk = \text{Menor de: } \frac{USL - X}{3\sigma_{ST}} \quad \text{ó} \quad \frac{X - LSL}{3\sigma_{ST}}$$

$$Ppk = \text{Menor de: } \frac{USL - X}{3\sigma_{LT}} \quad \text{ó} \quad \frac{X - LSL}{3\sigma_{LT}}$$

c) Características del Cp (Capacidad potencial):

Tenemos:

1. $Cp = 1$, Significa que, la anchura del proceso, y el ancho de las especificaciones del cliente son iguales.
2. $Cp < 1$, Indica que el ancho del proceso, es mayor a la permitida por las especificaciones, originando productos fallados fuera de especificación.
3. $Cp > 1$, Indica que la anchura del proceso, es menor que la anchura de las especificaciones del cliente.
4. El Cp, nos dice cuántas veces encaja el ancho del proceso, en el ancho de la especificación del cliente.

Ejemplo $Cp = 2$, el proceso encaja 2 veces (Proceso Six Sigma)



d) Características del Cp y Cpk

Tenemos:

1. Los índices Cp y Cpk, se deben analizar en conjunto, el valor de Cpk, no puede ser mayor al del Cp.
2. $Cpk = 1$, nos dice que la cola de la distribución y el límite de la especificación están a igual distancia que la media del proceso.
3. $Cpk < 1$, nos dice que algunos datos están fuera del límite.
4. $Cpk > 1$, nos dice que los datos están dentro de los límites de especificación.
5. En cuanto el Cpk aumenta, el proceso se ira centrando en los límites de la especificación de los clientes.
6. Si el $Cp = Cpk$, entonces el proceso está centrado, eso quiere decir que la media del proceso es igual a la media de la especificación. (Garcia Melgarejo)

Un objetivo primordial del control estadístico de procesos es evaluar la capacidad de estos para cumplir con los requisitos especificados. El análisis de capacidad de un proceso se define como el estudio de ingeniería para comparar la variabilidad inherente de un proceso con las especificaciones o requerimientos del producto. El análisis de capacidad del proceso es una técnica que tiene aplicación en muchos segmentos del ciclo del producto, incluyendo el diseño de los productos y el mismo proceso, así como la fuente de proveedores, la planeación de la producción, y la propia manufactura.

En el análisis de capacidad de proceso se utilizan tres técnicas principales: Histogramas, cartas de control y experimentos diseñados. (Elsie Bonilla, 2010)

2.2.7.3. Analizar

A continuación, mostramos las herramientas a usar en esta fase:

A. Lluvia de ideas

Trabajo en equipo, que teniendo un tema que abordar, un problema que enfrentar; adoptan inicialmente una conversación abierta sin medidas ni limitaciones.



Este proceso deberá ser manejado por el líder del proyecto de mejora, de tal manera que en el lapso de tiempo planteado, se tenga un grupo de ideas fuerza, con algún número de planteamientos dentro de cada una.

Este análisis debería desembocar, en unos 5 temas, los cuales serán analizados cada uno por separado, o el número de ideas fuerza o temas fuerza, deberán ser parte de una espina, en el diagrama de Ishikawa.

Para luego continuar con el análisis de cada espina en particular. (Garcia Melgarejo)

La “lluvia de ideas” es un método empleado en la conducción de una junta, útil para el logro de las metas y la planeación de temas, contramedidas y escenarios.

Es el método básico entre muchos métodos de concepción y ampliamente practicado, solo o combinado con otros métodos.

Entre las características de este método podemos señalar las siguientes:

- Se anuncian muchas ideas.
- Mientras más ideas se reúnan habrá más probabilidades de comprender el problema planteado.
- Mas ideas fluyen en un grupo de discusión que si piensa solamente una persona.

Es importante tener en cuenta que las evaluaciones de las ideas producidas se deben realizar solo después de que estas se hayan agotado.

Existen cuatro reglas para aplicar el método de lluvia de ideas:

- Sin nada de críticas.- No se debe criticar ninguna idea como buena o mala.
- Sin restricciones.- Las ideas deben pensarse sin restricciones y desde todos los puntos de vista.
- Producción de masa.- Deben arrojarse tantas ideas como sea posible ya que cuanto más existan es muy probable obtener ideas de buena calidad.
- Combinar y motivarse.- Se deben pensar nuevas ideas cuando sean motivadas por las de otros. También deben combinarse sus ideas con las de otros. (Elsie Bonilla, 2010)



B. Análisis Causa – Efecto: Ishikawa

Es una manera gráfica de representar el conjunto de problemas causas que podrían provocar el problema en estudio o influir en determinada característica de calidad. (García Melgarejo)

El diagrama causa-efecto es una descripción de las causas de un problema, que se conjugan en la forma de una espina de pescado, y que le sirve a los equipos de mejora para analizar y discutir los problemas. Las principales causas de problemas en las organizaciones se agrupan generalmente en seis aspectos: medio ambiente, medios de control, maquinaria, mano de obra, materiales y métodos de trabajo.

Es utilizado para analizar la relación causa-efecto, comunicarla y facilitar la solución de problemas, desde el síntoma, la causa y la solución.

El diagrama se llena con la información recopilada de una sesión de “lluvia de ideas”, de un problema en la empresa, y posteriormente se buscan datos que permitan comprobar si esta gráfica inicial era correcta.

Sobre la base de la información recogida (gráficas de Pareto, etcétera) y de otra lluvia de ideas, se puede llegar a la reelaboración del diagrama hasta que se diagnostique el problema, es decir, hasta que se sepa cuáles son sus causas raíz. Este es, naturalmente, el primer paso para resolverlo. (Elsie Bonilla, 2010)

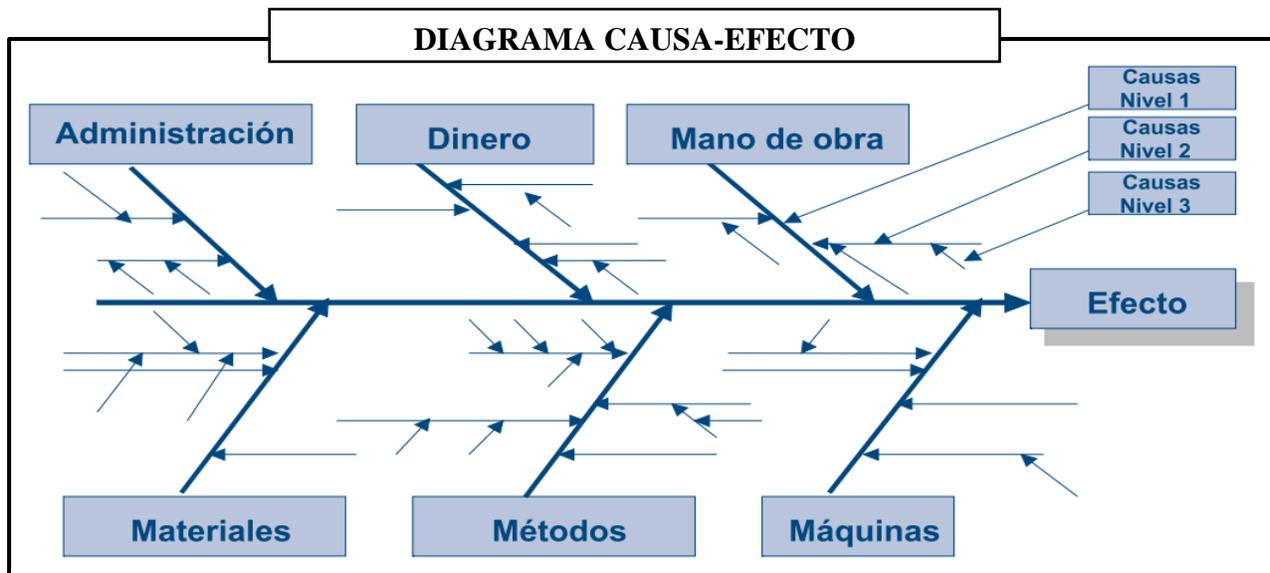


Figura 7: Diagrama Causa-Efecto.

Fuente: (Instituto Uruguayo De Normas Tecnicas, 2009)

C. Identificación de causa raíz – Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF)

El diagrama ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS (AMEF) o Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), es una herramienta analítica de la metodología Six Sigma, que nos ayuda a determinar las variables importantes para el proceso (variables causa raíz).

El valor resultante NÚMERO PRIORITARIO DE RIESGO (Risk Priority Number), determinara las variables importantes para el modelo. (García Melgarejo)

El análisis de modo y efecto de fallas FMEA (failure mode and effects analysis) es una herramienta cuantitativa que se emplea, principalmente, a nivel de diseño de productos multicomponentes, con énfasis en el estudio de la vida útil del producto y evaluación de los costos de lograr un diseño optimizado.

El FMEA fue desarrollado a comienzos de la década del '60, primero en la industria aeronáutica y espacial, luego en la industria electrónica y nuclear y en la industria automotriz. Es una metodología eficaz para detectar precozmente la posible aparición de fallas al diseñar o al elaborar un producto, de manera que todavía se pueda llegar a tomar acciones para la prevención de dichas fallas.



En las adaptaciones a cualquier producto de estas metodologías de estudio al diseño debe aclararse que el término falla debe considerarse como sinónimo de riesgo (en relación con seguridad o con salud). El FMEA es una metodología preventiva que estudia las causas y los efectos de las fallas antes de finalizar un diseño, de modo de poder efectuar un examen sistemático del mismo. El FMEA es aplicable a productos complejos, constituidos por varios subsistemas, en los cuales existe mucha gente involucrada, correspondiente a varios sectores o departamentos de la organización. Para cualquier producto que pueda ser considerado como un sistema multicomponente, es posible utilizar la metodología del FMEA para el análisis de los diseños de productos y de procesos.

Las fases para desarrollar un FMEA son las siguientes:

- Delimitar el problema.
- Identificar las posibles fallas.
- Realizar un análisis de las posibles fallas.
- Asignar a cada falla su significación o gravedad.
- Establecer la causa posible de cada falla.
- Fijar la relación causas-efecto para cada falla.
- Cuantificar el llamado índice de prioridad por riesgo.
- Establecer las correspondientes prioridades.
- Documentar las acciones correctivas o preventivas a llevar a cabo. (Instituto Uruguayo De Normas Tecnicas, 2009)

2.2.7.4. Mejorar

En esta cuarta fase de la metodología todo el esfuerzo del equipo debe estar orientado a mejorar las causas importantes (raíz) determinadas en la fase anterior.

Se debe evaluar la posibilidad de implementar las mejoras, de una forma ordenada, teniendo en cuenta siempre el PENSAMIENTO ESTADÍSTICO, sin afectar el normal desenvolvimiento del proceso.

Debemos programar, la implementación, cuidando siempre, por sobre todo, la seguridad de las operaciones.

“¿Quiénes conocen y entienden las fallas y las posibles correcciones en un proceso?”



Es la etapa donde la coordinación de todo el trabajo para mejorar es crítico y debemos ser muy cuidadosos (Trabajo en equipo, la responsabilidad es de todos). (Garcia Melgarejo)

A continuación, mostramos las herramientas a usar en esta fase:

A. Plan de implementación

Es una herramienta que nos muestra de manera detallada y programada las actividades a realizar con el fin de ejecutar las mejoras del proyecto. Entre los ítems más importantes tenemos:

- Tarea.
- Actividad a realizar.
- Responsable de ejecutar la tarea.
- Fecha de entrega.
- Apoyo requerido (Opcional).
- Otros recursos adicionales necesarios (Opcional).
- Estado de actualización.
- Nivel de cumplimiento.

B. Cálculo del costo beneficio

Debemos tener en cuenta en este apartado, algunas variables importantes como:

- Ingresos diarios.
- Ingresos semanales.
- Ingresos mensuales (Cuál es el horizonte de tiempo a considerar).
- Ingresos por cada tipo de producto considerado.
- Gastos y costos asumidos en el periodo considerado.
- Los beneficios netos esperados.

En algunas ocasiones es bueno poder cuantificar el COSTO DE MALA CALIDAD de un proceso. En la medida que mejoremos el proceso, estaremos disminuyendo o ahorrando el costo de mala calidad. (Garcia Melgarejo)



2.2.7.5. Control

A continuación, mostramos las herramientas a usar en esta fase:

A. Graficas de Control – Segunda fase

En la quinta fase de la metodología, debemos asegurar que las mejoras obtenidas, y los beneficios ganados, se mantengan en el tiempo.

Para ello tenemos una herramienta poderosa como es, el uso de las gráficas de control.

El proceso recién llevado a mejores niveles, debe estabilizarse, luego debemos proceder a realizar CONTROL DE PROCESOS, para, a la vez que medimos capacidad final, estaremos fijando los parámetros del proceso (Media y Desviación estándar), para que sea controlado, en segunda fase.

B. Acciones de aseguramiento

Entre los principales mecanismos utilizados para asegurar los resultados tenemos dos tipos los cuales son:

a) Documentos (actualizar o elaborar):

- Procedimientos de operación estándar (POE).
- Lección de un punto (LUP).
- Estándar de limpieza.
- Cartillas de mantenimiento autónomo.
- Documentos del sistema integrado de gestión (SIG).
- Rutinas de arreglo rápido (Quick Fix).
- Rutinas de mantenimiento.

b) Herramientas Lean:

- Poka Yoke.
- Kanban.
- 5S.
- SMED. (García Melgarejo)



2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

Mediante la aplicación de la metodología DMAIC se estandariza el nivel de llenado del formato vidrio 330 ml sin gas en la empresa cerveceras cusco S.A.C., 2019.

2.3.2. Hipótesis específicas

1. Mediante la aplicación de la metodología DMAIC se puede describir la situación actual del área de manufactura.
2. Mediante la aplicación de la metodología DMAIC se puede medir el funcionamiento actual en el nivel de llenado formato vidrio 330 ml.
3. Mediante la aplicación de la metodología DMAIC se puede analizar la relación de la situación actual con el nivel de llenado formato vidrio 330 ml.
4. Mediante la aplicación de la metodología DMAIC se puede implementar acciones de mejora para la estandarización del nivel de llenado formato vidrio 330 ml.
5. Mediante la aplicación de la metodología DMAIC se puede controlar las mejoras para el nivel de llenado formato vidrio 330 ml.

2.4. Variables

Identificación de variables

2.4.1. Variable 1:

Nivel de llenado formato vidrio 330 ml.

2.4.2. Variable 2:

Metodología DMAIC.



2.4.3. Operacionalización de variables

| VARIABLES | DESCRIPCIÓN | DIMENSIONES | INDICADORES | FUENTE | TÉCNICAS | INSTRUMENTO |
|---|--|--|-------------------------------------|-------------------------|--|--|
| Variable 1: Nivel de llenado formato vidrio 330 ml sin gas. | Volumen de agua contenido en las botellas. | Área de manufactura | De 325 – 335 ml | -Libros. -Documentos | -Revisión documentaria -Revisión de la literatura | -Ficha de resumen -Ficha de datos |
| Variable 2: Metodología DMAIC | Definición del proceso actual con el cual viene trabajando la empresa Cervecerías Cusco SAC. | Situación actual del área de manufactura. | _____ | -Libros. -Documentos | Revisión documentaria -Revisión de la literatura | -Ficha de resumen -Ficha de datos |
| Metodología DMAIC | Registro, cuantificación y toma de data de las operaciones del proceso. | Medición del funcionamiento actual del proceso. | Capacidad real del proceso (Cpk) | -Libros. -Documentos | Revisión documentaria -Revisión de la literatura | -Ficha de resumen -Ficha de datos |



| | | | | | | |
|----------------------|--|--|---------------------------------|--|---|--|
| Metodología DMAIC | Análisis e interpretación de la información obtenida a cabo del proceso de medición. | Análisis de los resultados de la situación actual. | Valor P (hipótesis) | -Libros. -Documentos | Revisión documentaria -Revisión de la literatura | -Ficha de resumen -Ficha de datos |
| Metodología DMAIC | Puesta en marcha de las propuestas de mejora en el proceso. | Implementación de las acciones de mejora para la estandarización del nivel de llenado. | _____ | -Libros. -Documentos -Trabajadores | -Revisión documentaria | -Ficha de resumen |
| Metodología DMAIC | Inspección y control después de realizar el proceso de implementación. | Control de las mejoras para la estandarización del nivel de llenado. | Capacidad real de proceso (Cpk) | | - Encuesta | - Cuestionario |



CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de investigación

Aplicada: Este tipo de investigación tiene como propósito dar solución a situaciones o problemas concretos e identificables, es decir se busca la utilización de conocimientos, desde una o varias áreas especializadas, con el propósito de implementarlas y de esta manera dar solución a los problemas encontrados.

3.2. Diseño de la investigación

3.2.1. Explicativo

Pretenden establecer las causas de los sucesos o fenómenos que se estudian. Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. (Hernández Sampieri, 2014)

3.3. Unidad de estudio y muestra

3.3.1. Unidad de estudio

La investigación cuenta con una población de 20 procesos productivos del formato vidrio 330 ml.

3.3.2. Muestra

Durante los 20 procesos productivos, se pudo realizar un muestreo aleatorio a cada uno de los procesos productivos tomando 10 muestras del proceso como referencia para el estudio y análisis.

Tanto la unidad de estudio como la muestra fueron escogidos por un tema de conveniencia, ya que vimos necesario esas cantidades para poder llevar a cabo el estudio.



3.4. Técnicas de recolección de datos

-Observación: consiste en observar a las personas cuando efectúan su trabajo, mediante un registro sistemático y confiable de comportamientos y situaciones observables.

-Encuesta: es un conjunto de preguntas dirigidas a una muestra representativa de la población, con el fin de conocer opinión o hechos específicos.

-Entrevista: es una forma específica de interacción social.

-Revisión documentaria: implica la revisión de documentos, registros públicos y archivos físicos o electrónicos.

-Revisión de la literatura: consiste en detectar, consultar y obtener la bibliografía y otros materiales útiles para los propósitos del estudio, de los cuales se extrae y recopila información relevante y necesaria.

-Guía de observación

-Cuestionario

-Guía de entrevista

-Ficha de resumen

-Ficha de datos

3.5. Técnicas de procesamiento de datos

-Minitab

-Excel



CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Diagnóstico

4.1.1. Funciones y objetivos de la empresa

Misión:

Nuestra razón de ser

Elaborar los productos más reconocidos por sus clientes y la comunidad por la invariable calidad de sus productos, preservando los procesos tradicionales de la elaboración de cerveza y cuidando las características fisicoquímicas naturales del agua mineral que embotellamos y de esta manera entregar a nuestros consumidores los mejores productos.

Visión:

Nuestro destino

Ser la empresa cervecera más reconocida por sus clientes y consumidores por la calidad de sus productos, la excelencia de sus procesos, con constante innovación cuidando el medio ambiente y siendo responsable socialmente.

Objetivos para el período 2019:

1. Brandear el 50% de los SKU restantes.
2. Crecer un 50% en ventas con respecto al periodo 2018.
3. Ingresar a retail en Lima.
4. Reinvertir un 20% de las utilidades netas en adquisición de activos.

4.1.2. Aspectos organizacionales de la empresa

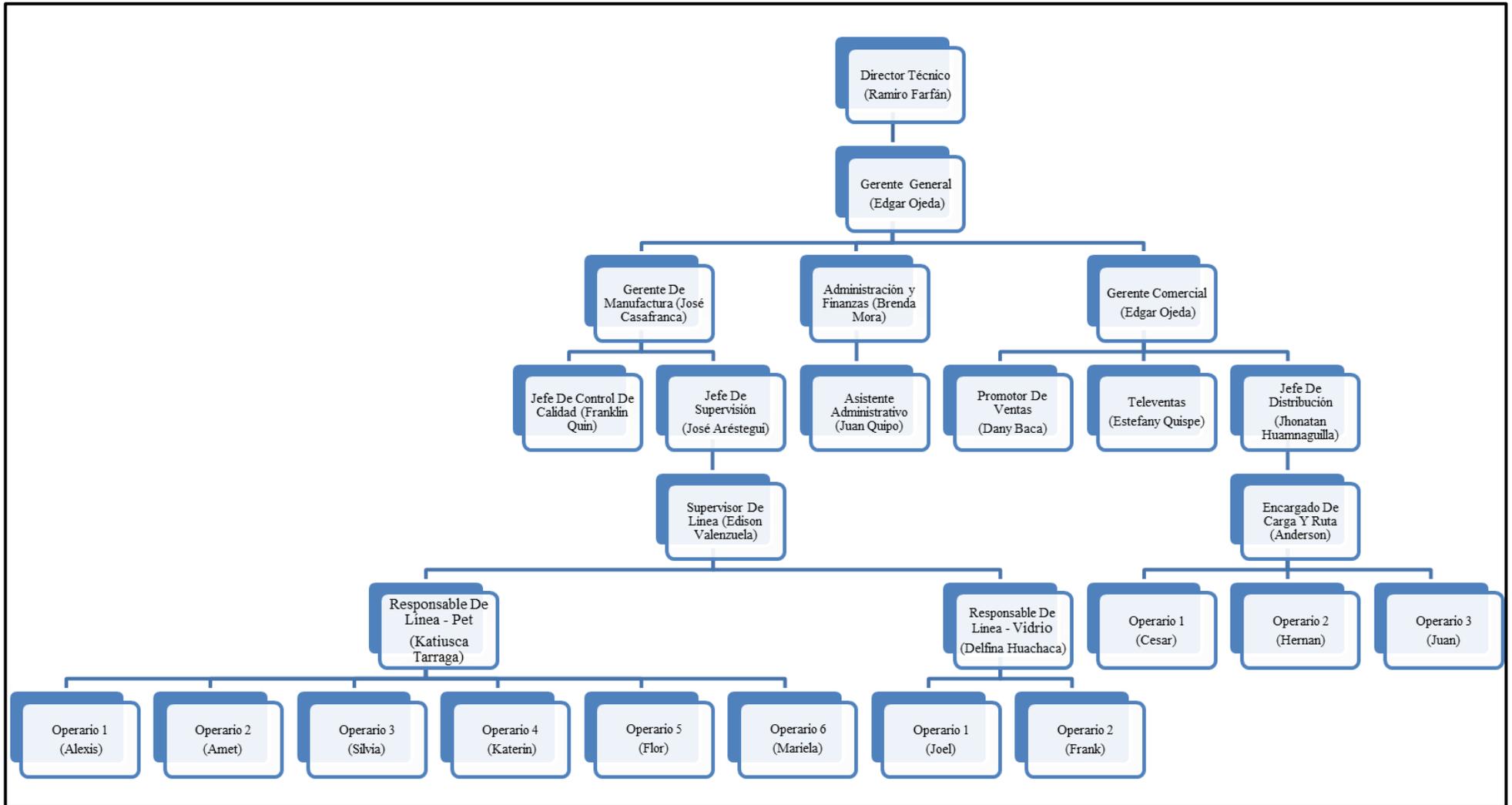


Figura 8: Organigrama de Cervecerías Cusco S.A.C.

Fuente: Cervecerías Cusco S.A.C.

4.1.3. Análisis del entorno empresarial

Tabla 4: *Matriz de evaluación de factores externos.*

| EVALUACIÓN DE FACTORES EXTERNOS (MATRIZ EFE) | | | |
|---|-----------------------|---------------------|------------------------|
| OPORTUNIDADES | PESO PONDERADO | CALIFICACIÓN | TOTAL PONDERADO |
| 1. Ingreso a nuevos mercados | 0.15 | 3 | 0.45 |
| 2. Tratado de libre comercio | 0.1 | 3 | 0.3 |
| 3. Avance tecnológico (Globalización) | 0.25 | 4 | 1 |
| 4. Migración descontrolada | 0.05 | 3 | 0.15 |
| AMENAZAS | | | |
| 1. Competidores fuertes | 0.25 | 2 | 0.5 |
| 2. Competencia desleal | 0.1 | 1 | 0.1 |
| 3. Cambios climáticos | 0.1 | 1 | 0.1 |
| RESULTADO | | | 2.6 |

4.1.4. Análisis interno de la empresa (dirección estratégica, organización, cultura organizacional, indicadores de desempeño)

Tabla 5: Matriz de evaluación de factores internos.

| EVALUACIÓN DE FACTORES INTERNOS (MATRIZ EFI) | | | |
|---|-----------------------|---------------------|------------------------|
| FORTALEZAS | PESO PONDERADO | CALIFICACIÓN | TOTAL PONDERADO |
| 1. Personal competente | 0.2 | 4 | 0.8 |
| 2. Producto de calidad | 0.2 | 4 | 0.8 |
| 3. Producto natural | 0.2 | 4 | 0.8 |
| 4. Innovación | 0.1 | 3 | 0.3 |
| DEBILIDADES | | | |
| 1. Falta de stock (abastecimiento) | 0.15 | 2 | 0.3 |
| 2. Retorno de activos | 0.05 | 1 | 0.05 |
| 3. Infraestructura (espacios reducidos) | 0.1 | 2 | 0.2 |
| RESULTADO | | | 3.25 |

4.1.5. Identificación de posibles oportunidades de mejora

Tabla 6: Opciones estratégicas.

| | FORTALEZA | DEBILIDAD |
|--------------------|---|--|
| OPORTUNIDAD | a) Proyecto de inversión en ampliación o construcción de la nueva planta, para incremento de capacidad. b) Certificaciones Internacionales de calidad. | a) Adquisición de máquinas para incremento de la capacidad productiva. |
| AMENAZA | a) Innovación de productos. b) Búsqueda de nuevos mercados (segmentos). | a) Venta de la empresa. |



4.2. Descripción detallada del sistema o proceso productivo objeto de estudio

El sistema o proceso productivo de Cervecerías Cusco cuenta tanto con actividades automáticas como manuales, las cuales se describen a continuación:

Paso 1: Limpieza y desinfección de la línea de envasado, esta operación se realiza con agua e hipoclorito de sodio (NaClO) de forma manual.

Paso 2: Alistar los materiales de envasado involucrados en la producción previa revisión e inspección por parte del área de control de calidad, una vez que esta área dé el visto bueno se procede al traslado de los mismos, del almacén de materiales de envasado hacia la línea de envasado, según formato y/o presentación (botellas, tapas y etiquetas).

Paso 3: Encendido de bomba o hidroneumático, encendido de la lámpara UV y encendido del ozonizador con dosificación de oxígeno.

Paso 4: Encendido de maquina llenadora y codificador desde el tablero de mando control.

Paso 5: Coger agua en el calderín de maquina llenadora y ponerlo en modo purga para realizar la operación antes mencionada de la máquina llenadora.

Paso 6: Abrir la válvula de abastecimiento de agua y coger 30 litros en la lavadora de envases para desinfección de los mismos, 20 litros en el bidón de desinfección de tapas y 100 litros en el calderín para arranque de producción.

Paso 7: Dosificar hipoclorito de sodio según corresponda (mililitros NaClO por cada litro de agua en cada estación de desinfección las cuales son la lavadora de envases y el bidón de tapas), estas dosificaciones están indicadas en la tabla de dosificaciones ubicada en el área de envasado.

Paso 8: Colocar 16 envases simultáneamente en la lavadora y presionar el botón de lavado cada vez que se inserte los envases, esta operación se realiza de forma manual y repetitiva.

Paso 9: Suministrar envases a la mesa de recepción de envases lavados esta operación se realiza de forma manual.

Paso 10: Arranque de producción, maquinado (llenado de envases de acuerdo a formato y/o presentación).



Paso 11: Tapado del envase a la salida de las válvulas de llenado.

Paso 12: Codificación automática del envase mostrando lote de producción y fecha de vencimiento a la salida del tapado del envase.

Paso 13: Empaquetado o enjabado según formato y/o presentación (esta operación se realiza de forma manual colocando los envases de la mesa de recepción de botellas llenadas hacia la manga de termo-contracción o jaba según corresponda.

Paso 14: Arrumado o apilado en pallets para su respectivo traslado y almacenamiento en el almacén de producto terminado (APT).

El objetivo del estudio se basa en la operación de llenado pudiendo encontrar deficiencias en el llenado propiamente dicho. El problema es la falta de uniformidad en el nivel de llenado de una botella con otra, lo cual es una mala percepción del producto ante el cliente, generando reprocesos y pérdidas significativas para la empresa. Es ahí donde se centra el estudio por generar una estandarización en el nivel de llenado y solucionar el problema mediante la metodología DMAIC.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO

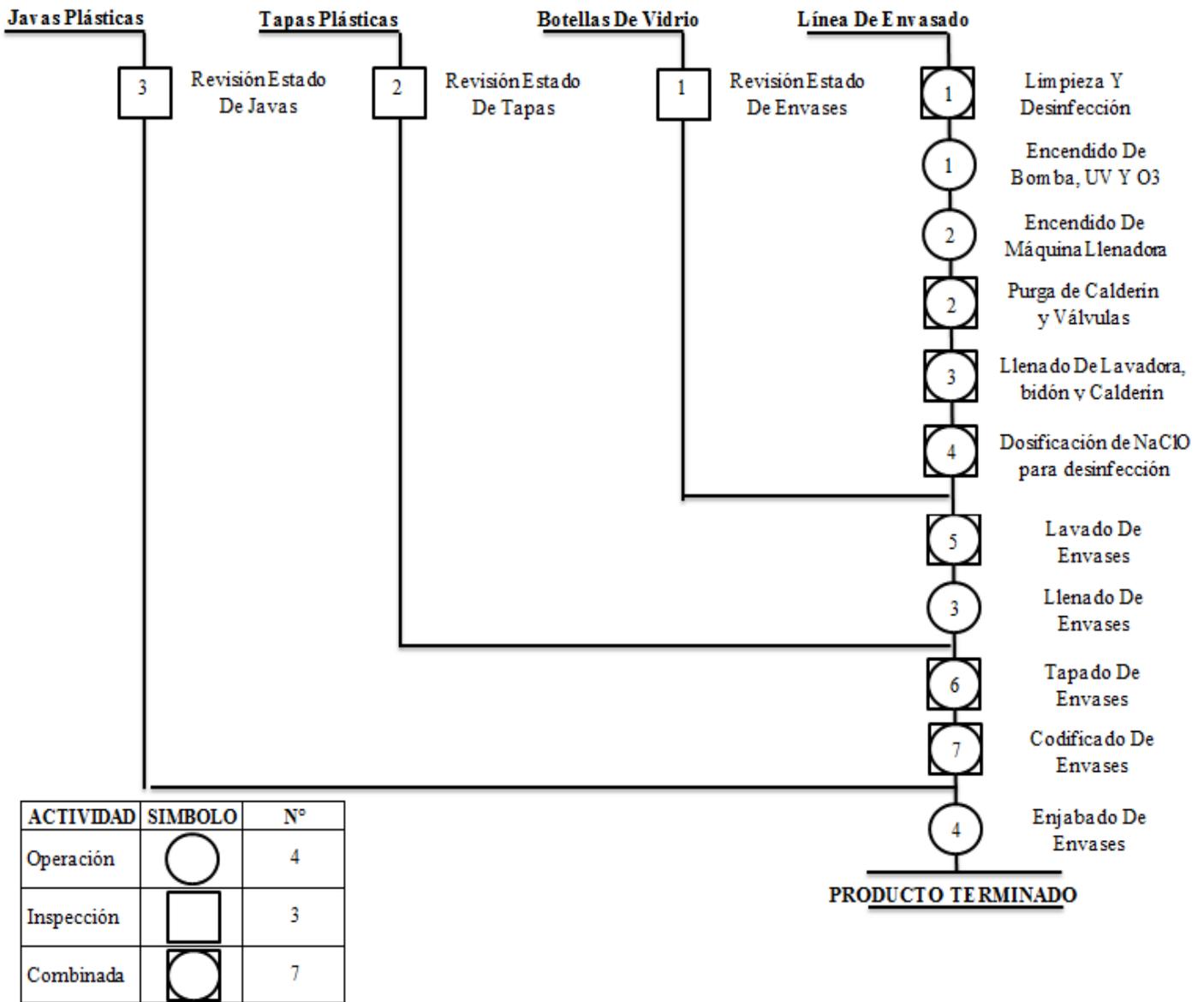


Figura 9: Diagrama de operaciones de proceso

Fuente: Cervecerías Cusco S.A.C.

4.3. Aplicación

4.3.1. Definir

4.3.1.1. Project Charter



Tabla 7: Project Charter

| Nombre del Proyecto | | | | ESTANDARIZACIÓN DEL NIVEL DE LLENADO PARA EL FORMATO VIDRIO 330 ML SIN GAS. | | |
|--|---------------------|----------------------------------|---------------------|---|--------------------------|----------------------------|
| Fecha (Última Revisión): | | 15/01/2019 | | N° Proyecto: | | 001 |
| Preparado Por: | | José Aréstegui / Daniela Jimenez | | Área: | | Producción y/o Manufactura |
| Aprobado Por: | | Ramiro Farfán Kilian | | Sección: | | Línea de envasado de agua |
| Caso de Negocio: | | | | Oportunidad (Problema de alto nivel) | | |
| Actualmente, no se tiene un nivel de llenado estándar en el formato vidrio sin gas 330ml. | | | | Se tiene más del 55% fuera de especificación | | |
| Objetivo | | | | Alcance del proyecto | | |
| Estandarizar el nivel de llenado del formato vidrio 330 ml sin gas. Se desea llegar a llenar entre 325 y 335 ml, disminuyendo la desviación estándar y variación entre botellas. Actualmente los valores se encuentran fuera de los rangos deseados, presentando demasiada variación en el nivel de llenado entre una botella y otra | | | | Punto de partida del proceso: carga de agua en el calderín. | | |
| Resultados esperados: | | | | Punto de llegada del proceso: | | |
| 1. Disminución de costos por re-procesos, producto no conforme y rechazos. | | | | Llenado de envases de vidrio | | |
| 2. Estandarización del nivel de llenado | | | | Dentro del alcance: lavado de botellas y apertura de válvulas de llenado | | |
| | | | | Fuera del alcance: Tapado de botellas, codificación y enjabado. | | |
| Plan del Proyecto | | | | Equipo: | | |
| Tarea fase | Fecha Inicio | Fecha Terminó | Termino real | Nombre: | Rol: | Compromiso: |
| DEFINIR | 06/11/2018 | 24/11/2018 | | Ramiro Farfán | Director Técnico (Apoyo) | 10% |



| | | | | | | |
|---------------------|------------|------------|--|------------------|---------------------------|-----|
| MEDIR | 27/11/2018 | 21/12/2018 | | José Casafranca | Dueño del proceso (Apoyo) | 10% |
| ANALIZAR | 24/12/2018 | 12/01/2019 | | José Aréstegui | Líder de proyecto | 15% |
| MEJORAR/IMPLEMENTAR | 13/01/2019 | 14/01/2019 | | Daniela Jimenez | Líder de proyecto | 15% |
| CONTROLAR | 15/01/2019 | 09/02/2019 | | Delfina Huachaca | Miembro | 10% |
| | | | | Frank Tacsí | Miembro | 10% |
| | | | | Joel Hanco | Miembro | 10% |
| | | | | Alexis Quecaño | Miembro | 10% |
| | | | | Franklin Quin | Apoyo | 10% |

4.3.1.2. Crítico para la calidad (Árbol - CTQ)

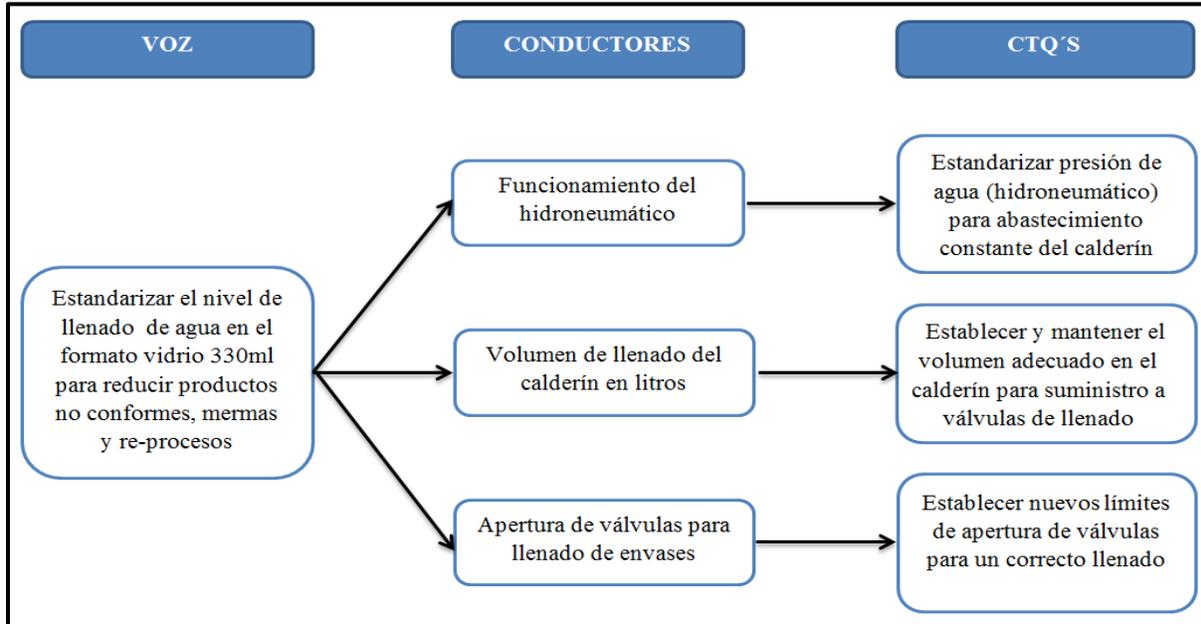


Figura 10: Árbol CTQ

4.3.1.3. Mapa de proceso

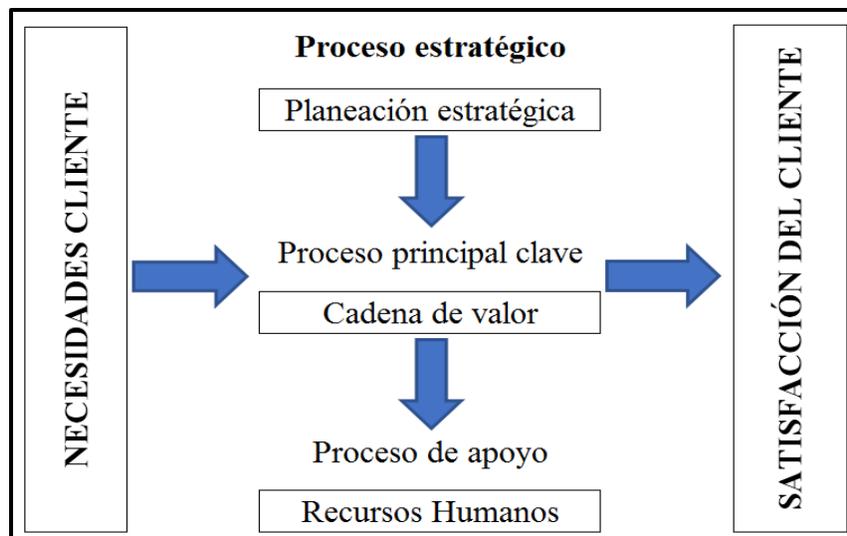


Figura 11: Mapa de proceso global

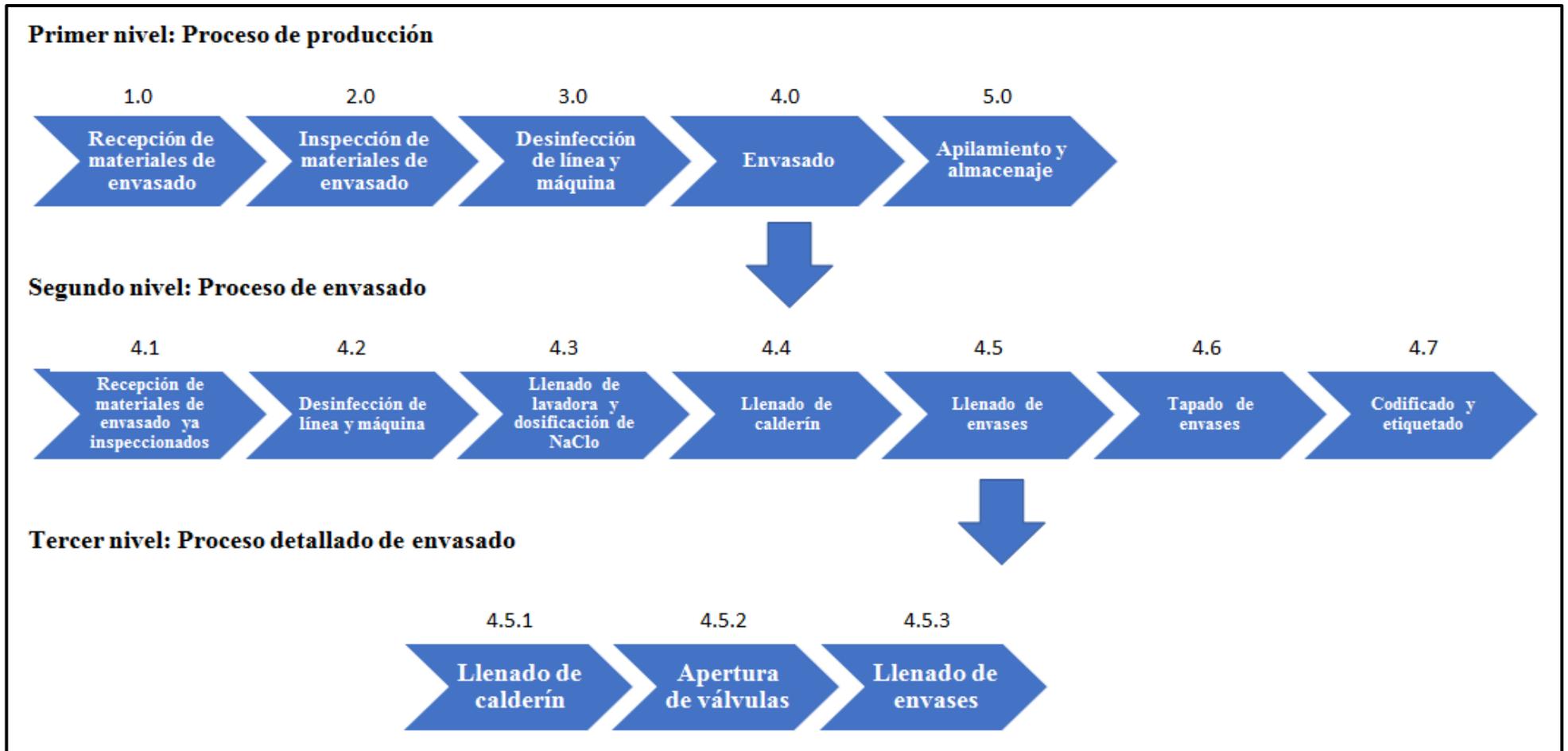


Figura 12: Mapa de proceso de envasado

4.3.1.4. Análisis de criticidad

Tabla 8: Análisis de criticidad.

| ITEM | Llenado de calderín | Apertura de válvulas | Llenado de envases |
|----------------|---------------------|----------------------|--------------------|
| Máquina | X 1.1 CR | X 2.1 CR | X 3.1 CR |
| Mano de obra | X 1.2 CR | X 2.2 N | X 3.2 N |
| Método | X 1.3 CR | X 2.3 CR | X 3.3 CR |
| Material | X 1.4 N | X 2.4 N | X 3.4 N |
| Medición | X 1.5 CR | X 2.5 CR | X 3.5 CR |
| Medio ambiente | X 1.6 N | X 2.6 N | X 3.6 N |

Tabla 9: Descripción detallada del análisis de criticidad – Llenado de calderín.

| LLENADO DE CALDERÍN | | |
|---------------------|-------------------|---|
| ITEM | ESTADO | DESCRIPCIÓN |
| Máquina | Crítico | No se cuenta con presión estándar para llenado del calderín. |
| Mano de obra | Crítico | No hay control sobre el volumen del calderín. |
| Método | Crítico | No se tiene un volumen estándar en el calderín. |
| Material | No Crítico | |
| Medición | Crítico | No se tiene un registro de datos sobre la presión para llenado de calderín. |
| Medio ambiente | No Crítico | |

Tabla 10: Descripción detallada del análisis de criticidad – Apertura de válvulas.

| APERTURA DE VÁLVULAS | | |
|----------------------|------------|---|
| ITEM | ESTADO | DESCRIPCIÓN |
| Máquina | Crítico | No se cuenta con un sistema de regulación de válvulas. |
| Mano de obra | No Crítico | |
| Método | Crítico | Al no tener un volumen estándar en el calderín, se genera una variación en el llenado a la hora de la apertura de las válvulas. |
| Material | No Crítico | |
| Medición | Crítico | No se tiene un registro de datos sobre el volumen óptimo de trabajo del calderín. |
| Medio ambiente | No Crítico | |

Tabla 11: Descripción detallada del análisis de criticidad – Llenado de envases.

| LLENADO DE ENVASES | | |
|--------------------|------------|--|
| ITEM | ESTADO | DESCRIPCIÓN |
| Máquina | Crítico | No se tiene un nivel estándar entre los envases a la hora del llenado. |
| Mano de obra | No Crítico | |
| Método | Crítico | No se cuenta con condiciones adecuadas para la regulación del nivel de llenado de envases. |
| Material | No Crítico | |
| Medición | Crítico | No se tiene un registro de datos sobre la variación del volumen de llenado entre las botellas y lotes de producción. |
| Medio ambiente | No Crítico | |

4.3.1.5. Proveedor – Entrada – Proceso – Salida – Cliente – (SIPOC)

Tabla 12: SIPOC.

| S | I | P | O | C |
|--|---------------------|---|---|--|
| Tanque pulmón (abastecimiento de agua) | Hidroneumático | Encendido o apagado de hidroneumático | Agua a presión (0 a 70) PSI | Filtración, ozonización y esterilización |
| Filtración, ozonización y esterilización | Agua de proceso | Llenado de calderín | Volumen de agua en calderín para arranque | Encendido de máquina llenadora |
| Encendido de máquina llenadora | Válvulas de llenado | Apertura de válvulas y llenado de envases de vidrio | Envases listos para tapado | Motor tapador |

4.3.1.6. Pareto

Tabla 13: Pareto – Voz del cliente.

| N° | VOZ DE CLIENTE | Frecuencia | % | F. Acumulada | % Acumulado |
|-------|--------------------------------|------------|------|--------------|-------------|
| 1 | Llenado por encima del límite | 38 | 45% | 38 | 45% |
| 2 | Llenado por debajo del límite | 17 | 20% | 55 | 65% |
| 3 | Tardanza en entrega de pedido | 7 | 8% | 62 | 73% |
| 4 | Tapado incorrecto | 5 | 6% | 67 | 79% |
| 5 | Incumplimiento de pedido | 5 | 6% | 72 | 85% |
| 6 | Botella sin código de barra | 3 | 4% | 75 | 88% |
| 7 | Etiquetas rotas | 3 | 4% | 78 | 92% |
| 8 | Botella rajada | 2 | 2% | 80 | 94% |
| 9 | Etiquetas mal colocadas | 2 | 2% | 82 | 96% |
| 10 | Botella sin lote de producción | 2 | 2% | 84 | 99% |
| 11 | Etiquetas quemadas | 1 | 1% | 85 | 100% |
| Total | | 85 | 100% | | |

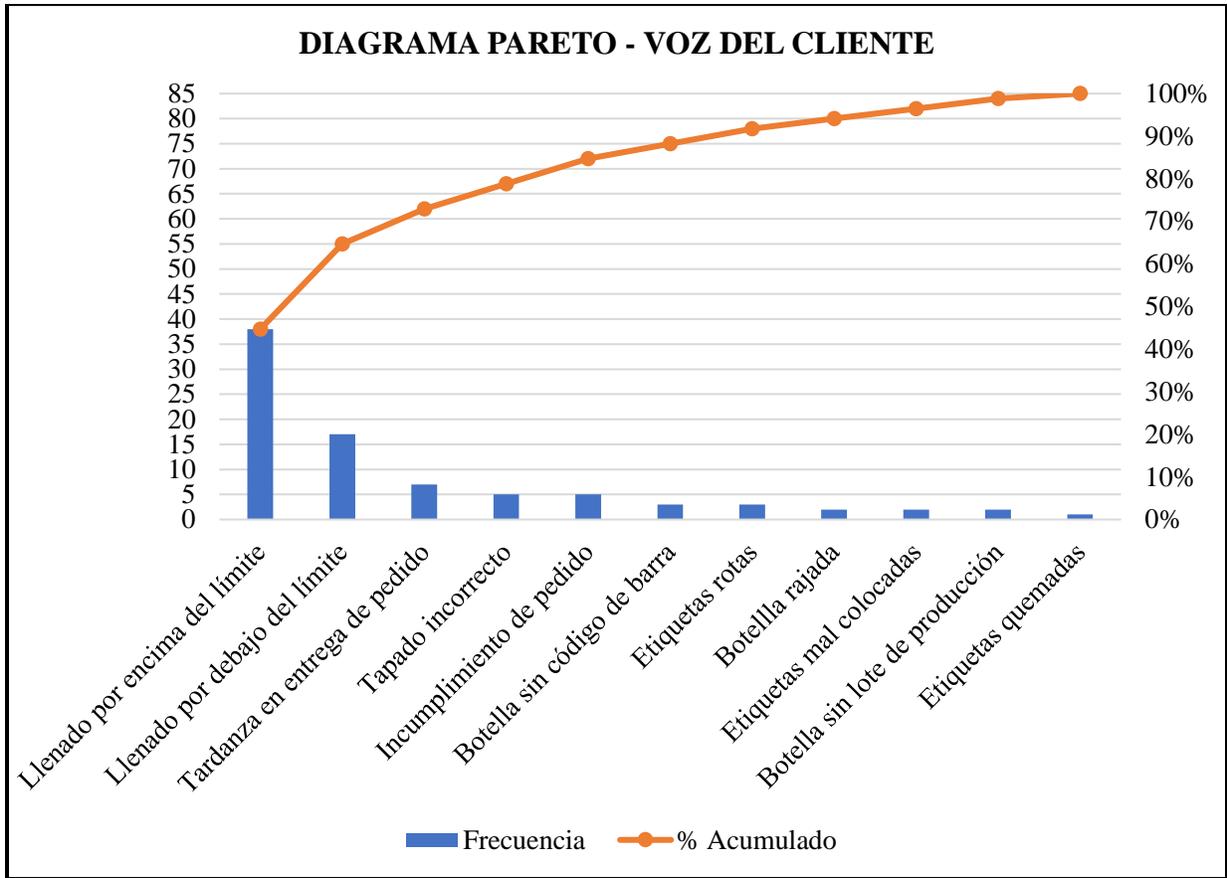


Figura 13: Pareto – Voz del cliente.

En el diagrama de Pareto – Voz del cliente, se muestra las frecuencias 38 y 17, representando el 45 y 20% respectivamente de las quejas de los clientes por un llenado superior o inferior a los límites permisibles establecidos por la empresa, para el formato vidrio 330 ml.

Tabla 14: Pareto – Fallas técnicas.

| Nº | FALLAS TÉCNICAS | Frecuencia | % | F. Acumulada | % Acumulado |
|-------|---------------------------------------|------------|-------|--------------|-------------|
| 1 | Encendido de Hidroneumático | 20 | 17.7% | 20 | 18% |
| 2 | Apagado de Hidroneumático | 20 | 17.7% | 40 | 35% |
| 3 | Caída de nivel de agua en el calderín | 20 | 17.7% | 60 | 53% |
| 4 | Rebase de agua del calderín | 20 | 17.7% | 80 | 71% |
| 5 | Válvulas de llenado | 20 | 17.7% | 100 | 88% |
| 6 | Campana de tapas | 1 | 0.9% | 101 | 89% |
| 7 | Carril de tapas | 6 | 5.3% | 107 | 95% |
| 8 | Codificado | 3 | 2.7% | 110 | 97% |
| 9 | Etiquetado | 1 | 0.9% | 111 | 98% |
| 10 | Termocontraído | 2 | 1.8% | 113 | 100% |
| TOTAL | | 113 | 100% | | |

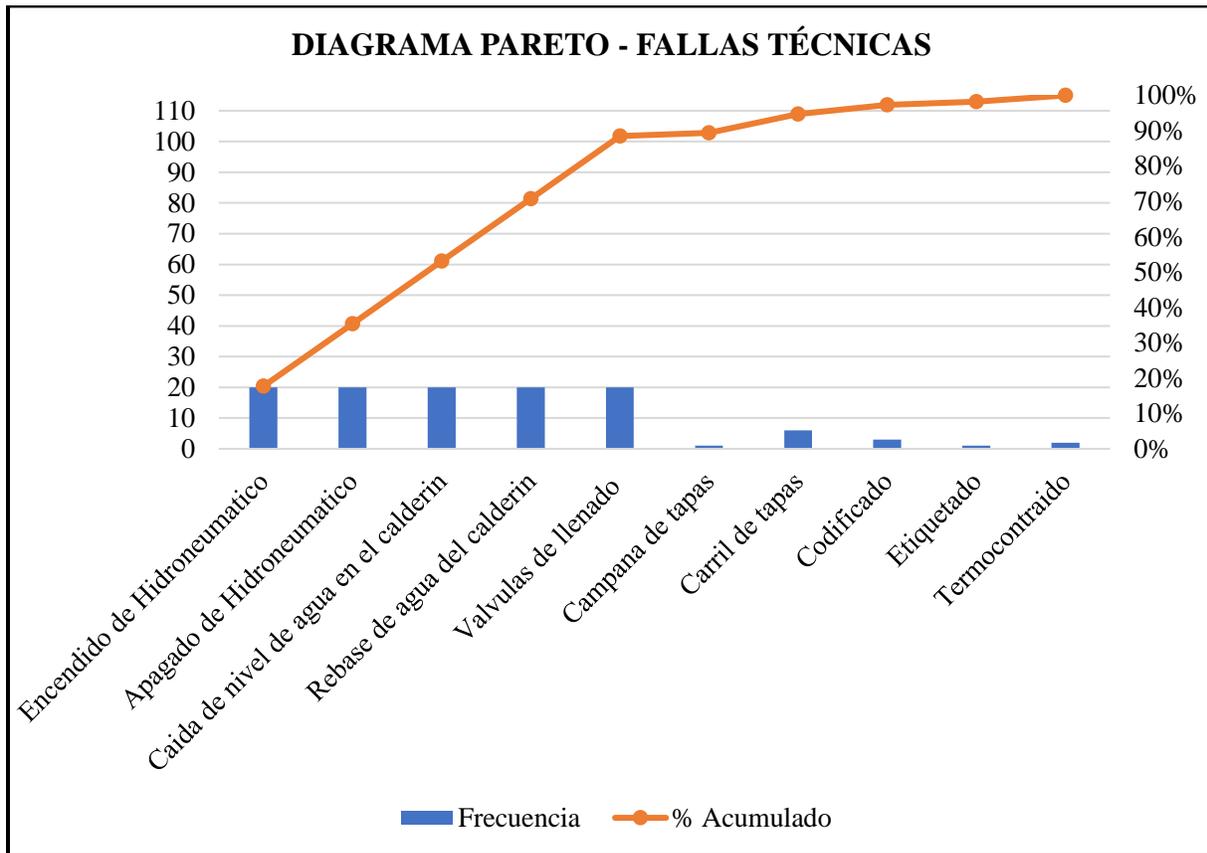


Figura 14: Pareto – Fallas técnicas.

Se muestra en el segundo Pareto de fallas técnicas, donde las frecuencias de los equipos y maquina llenadora que intervienen en las operaciones de envasado del formato vidrio 330 ml representa el 88.5% de las fallas por lo cual se generan los problemas del mal nivel de llenado.

4.3.2. Medir

Como dato previo para la fase medir de la metodología DMAIC, mostramos el cuadro de rangos, límites o variación de volúmenes permitidos para el formato Vidrio 330 ml sin gas, estos datos fueron establecidos por el área de control de calidad de CERVECERIAS CUSCO S.A.C. para dicho formato. El cuadro con los datos respectivos es el siguiente:

Tabla 15: Límites permisibles del formato vidrio 330 ml sin gas.

| Volumen Mínimo Permitido | Volumen Central Estándar | Volumen Máximo Permitido |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 325 | 330 | 335 |

Fuente: Cervecerías Cusco S.A.C.



Figura 15: Límites permisibles del formato vidrio 330 ml sin gas.

Tabla 16: *Tabla general de datos muestreados para todas las herramientas de la fase medir.*

| Muestra (N° De Días) | N° De Observaciones | | | | | | | | | | Promedio (X) | Rango (R) | D. Estándar (S) |
|----------------------------|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------|--------------|-----------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | | |
| DIA 1 | 298 | 347 | 358 | 319 | 360 | 353 | 306 | 359 | 335 | 354 | 338.9 | 62 | 23.27 |
| DIA 2 | 355 | 348 | 360 | 351 | 284 | 358 | 355 | 345 | 360 | 357 | 347.3 | 76 | 22.79 |
| DIA 3 | 278 | 357 | 347 | 356 | 295 | 342 | 279 | 357 | 338 | 355 | 330.4 | 79 | 32.97 |
| DIA 4 | 357 | 345 | 310 | 356 | 295 | 335 | 317 | 293 | 349 | 284 | 324.1 | 73 | 27.78 |
| DIA 5 | 350 | 345 | 348 | 360 | 343 | 310 | 359 | 360 | 347 | 301 | 342.3 | 59 | 20.48 |
| DIA 6 | 350 | 334 | 330 | 329 | 348 | 360 | 328 | 359 | 279 | 360 | 337.7 | 81 | 24.48 |
| DIA 7 | 355 | 345 | 318 | 320 | 345 | 360 | 360 | 358 | 346 | 301 | 340.8 | 59 | 20.64 |
| DIA 8 | 289 | 354 | 321 | 310 | 350 | 358 | 324 | 344 | 329 | 345 | 332.4 | 69 | 21.91 |
| DIA 9 | 345 | 358 | 320 | 321 | 288 | 298 | 360 | 332 | 294 | 286 | 320.2 | 74 | 28.19 |
| DIA 10 | 348 | 360 | 343 | 343 | 310 | 350 | 359 | 360 | 347 | 357 | 347.7 | 50 | 14.86 |
| DIA 11 | 360 | 348 | 356 | 358 | 359 | 328 | 307 | 344 | 289 | 289 | 333.8 | 71 | 28.81 |
| DIA 12 | 358 | 298 | 360 | 283 | 356 | 358 | 291 | 360 | 355 | 341 | 336 | 77 | 31.94 |
| DIA 13 | 345 | 346 | 352 | 296 | 310 | 340 | 290 | 345 | 275 | 338 | 323.7 | 77 | 28.16 |
| DIA 14 | 359 | 359 | 360 | 347 | 355 | 290 | 355 | 340 | 278 | 300 | 334.3 | 82 | 32.04 |
| DIA 15 | 360 | 354 | 321 | 355 | 355 | 348 | 356 | 320 | 350 | 339 | 345.8 | 40 | 14.50 |
| DIA 16 | 347 | 358 | 282 | 321 | 351 | 296 | 350 | 357 | 291 | 319 | 327.2 | 76 | 29.34 |
| DIA 17 | 349 | 276 | 291 | 288 | 345 | 289 | 282 | 298 | 282 | 351 | 305.1 | 75 | 30.44 |
| DIA 18 | 348 | 307 | 359 | 325 | 313 | 360 | 332 | 353 | 355 | 354 | 340.6 | 53 | 19.77 |
| DIA 19 | 353 | 336 | 290 | 322 | 353 | 320 | 285 | 352 | 290 | 321 | 322.2 | 68 | 26.75 |
| DIA 20 | 355 | 343 | 360 | 320 | 349 | 310 | 348 | 356 | 338 | 346 | 342.5 | 50 | 16.03 |
| SUMATORIA | | | | | | | | | | | 6673 | 1351 | 495.18 |
| MEDIA DE X, R y S | | | | | | | | | | | 333.65 | 67.55 | 24.76 |

Se tomó como referencia 200 datos que fueron obtenidos por medio del muestreo aleatorio durante las jornadas productivas, encontrando dos muestras extremas de 275 y 360ml, de acuerdo

a estas el rango mayor es de 85ml cuando lo permitido por la empresa es de 10ml como rango máximo, este rango de 85ml es altamente elevado y nos indica que hay una variación muy elevada en las operaciones de envasado.

4.3.2.1. Histograma

Tabla 17: Datos previos – Histograma.

| Cálculos previos | Resultados |
|------------------|------------|
| N° de datos | 200 |
| Límite inferior | 275 |
| Límite superior | 360 |
| Rango | 85 |
| N° de intervalos | 9 |
| Ancho de clase | 9 |

Tabla 18: Tabla de frecuencias.

| N° de intervalos | Límite Inferior | Límite superior | Frecuencia absoluta (fi) | Frecuencia absoluta acumulada (Fi) | Marca de clase (yi) |
|------------------|-----------------|-----------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------|
| 1 | 275 | 284 | 12 | 12 | 279.5 |
| 2 | 284 | 293 | 16 | 28 | 288.5 |
| 3 | 293 | 302 | 12 | 40 | 297.5 |
| 4 | 302 | 311 | 9 | 49 | 306.5 |
| 5 | 311 | 320 | 10 | 59 | 315.5 |
| 6 | 320 | 329 | 12 | 71 | 324.5 |
| 7 | 329 | 338 | 10 | 81 | 333.5 |
| 8 | 338 | 347 | 30 | 111 | 342.5 |
| 9 | 347 | 360 | 89 | 200 | 353.5 |

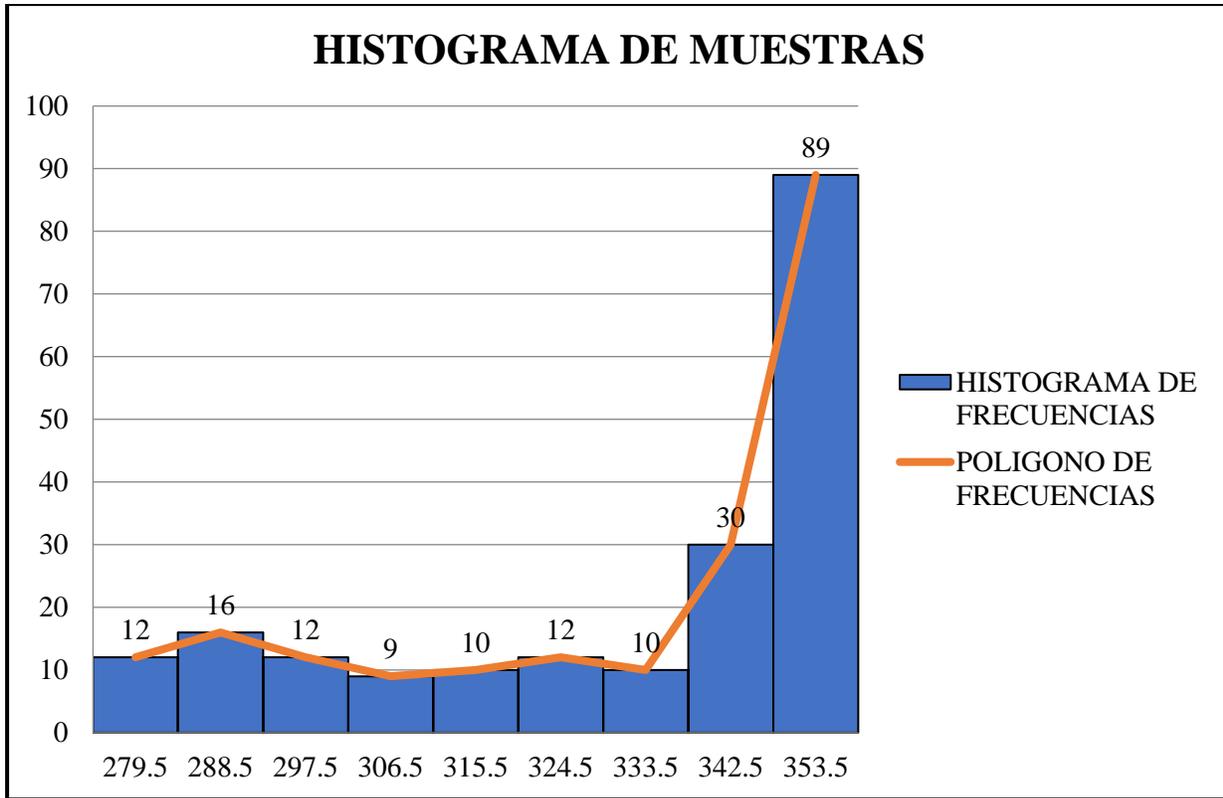


Figura 16: Histograma de muestras.

4.3.2.2. Medidas de tendencia central

Tabla 19: *Medidas de tendencia central.*

| Medida | Valor | Interpretación |
|--------------|--------|--|
| Media (X) | 333.65 | Media aritmética de la población observada. |
| Mediana (Me) | 345 | Dato central de la población observada. |
| Moda (Md) | 360 | Dato más frecuente de la población observada. |
| Cuartil (Q0) | 275 | El cuartil 0 (Q0), representa al dato mínimo del total de nuestros datos. |
| Cuartil (Q1) | 316 | El cuartil 1 (Q1 = 316), es el primer cuartil quien deja, supera o excede al 25% de los datos menores o iguales a él y es superado o excedido por el 75% de los datos mayores a él. |
| Cuartil (Q2) | 345 | El cuartil 2 (Q2 = 345), es el segundo cuartil quien deja, supera o excede al 50% de los datos menores o iguales a él y es superado o excedido por el 50% de los datos mayores a él. |
| Cuartil (Q3) | 355 | El cuartil 3 (Q3 = 355), es el tercer cuartil quien deja, supera o excede al 75% de los datos menores o iguales a él y es superado o excedido por el 25% de los datos mayores a él. |
| Cuartil (Q4) | 360 | El cuartil 4 (Q4), representa al dato máximo del total de nuestros datos. |

4.3.2.3. Medidas de dispersión

Tabla 20: *Medidas de dispersión.*

| Ítem | Valores |
|---------------------|---------|
| Varianza | 693.88 |
| Desviación Estándar | 26.34 |

4.3.2.4. Gráfico de caja (Box Plot)

Tabla 21: Cálculos previos – Box Plot.

| Ítem | Valores | Anchos |
|--------------|---------|--------|
| Min | 275 | 275 |
| Q1 | 316 | 41 |
| Q2 = Mediana | 345 | 29 |
| Q3 | 355 | 10 |
| Max | 360 | 5 |

Tabla 22: Rango Intercuartílico.

| Ítem | Valores |
|--------------------|---------|
| Rango-Intercuartil | 39 |
| Mínimo | 257.5 |
| Máximo | 413.5 |

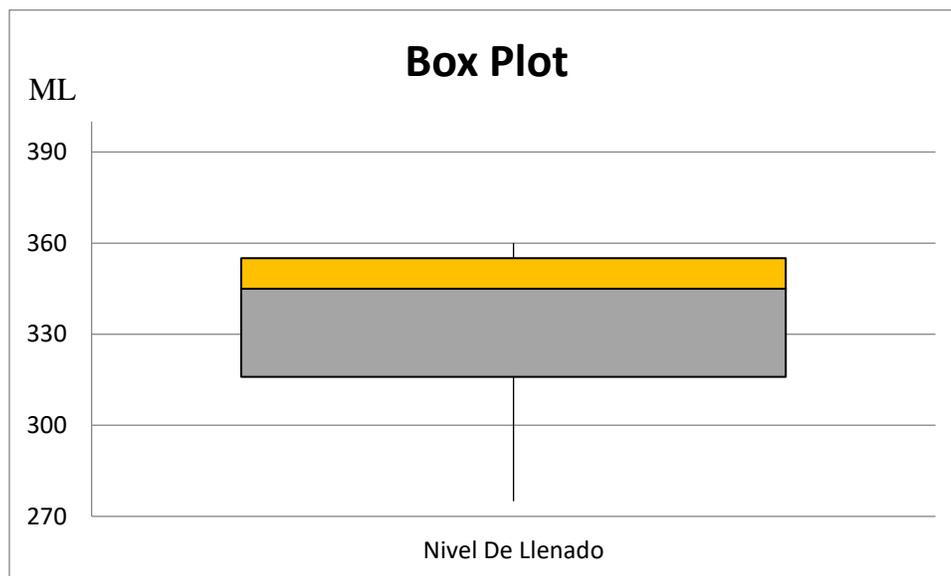


Figura 17: Box Plot.

4.3.2.5. Serie de tiempo real:

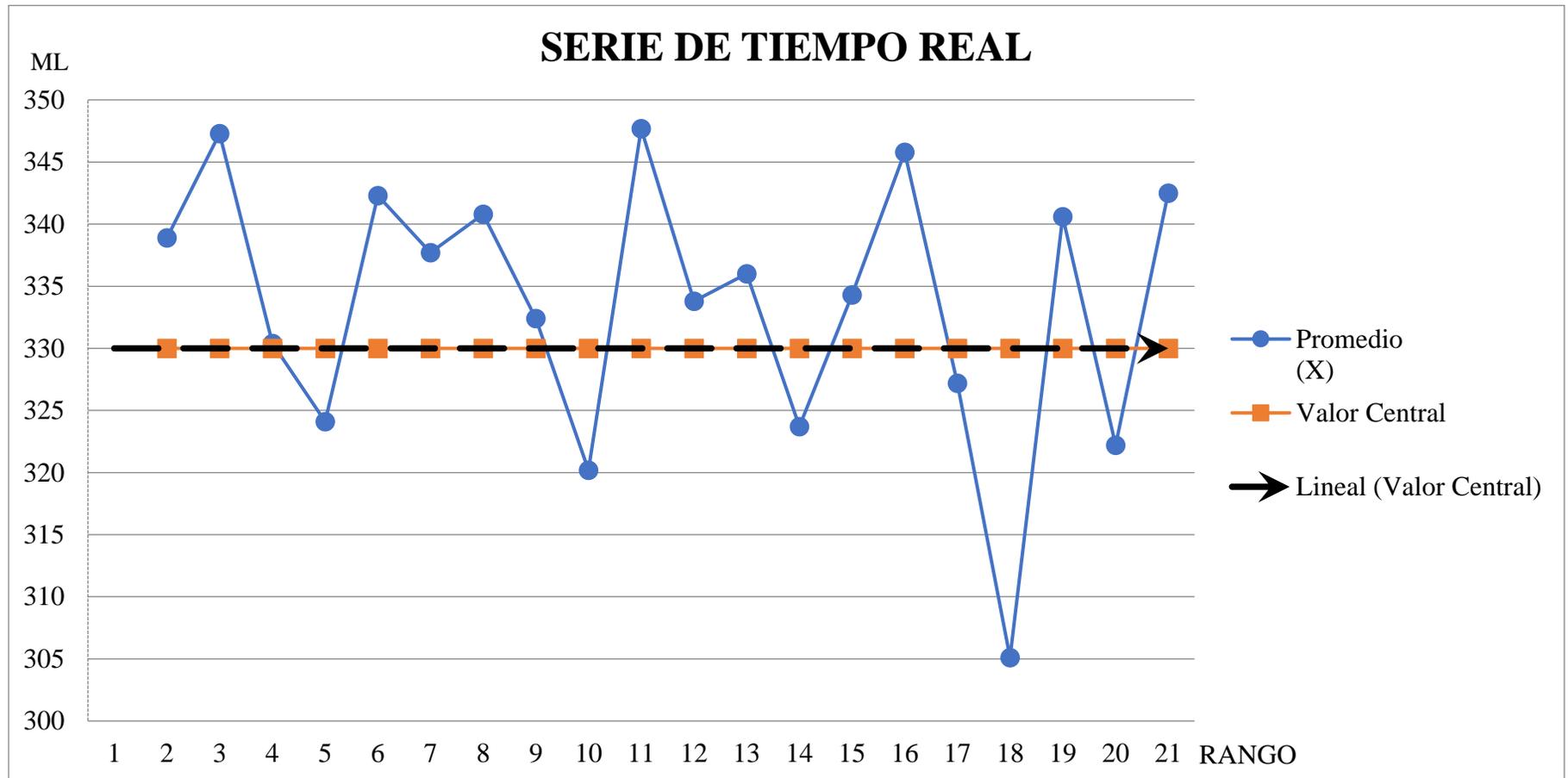


Figura 18: Serie De Tiempo Real.



4.3.2.6. Cartas de control

A. Carta de control X

Tabla 23: Cálculos previos – Carta X.

| DIAS | ML | LC | LSP | LIP |
|------|--------|---------|---------|---------|
| 1 | 338.90 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 2 | 347.30 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 3 | 330.40 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 4 | 324.10 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 5 | 342.30 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 6 | 337.70 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 7 | 340.80 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 8 | 332.40 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 9 | 320.20 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 10 | 347.70 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 11 | 333.80 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 12 | 336.00 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 13 | 323.70 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 14 | 334.30 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 15 | 345.80 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 16 | 327.20 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 17 | 305.10 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 18 | 340.60 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 19 | 322.20 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 20 | 342.50 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |

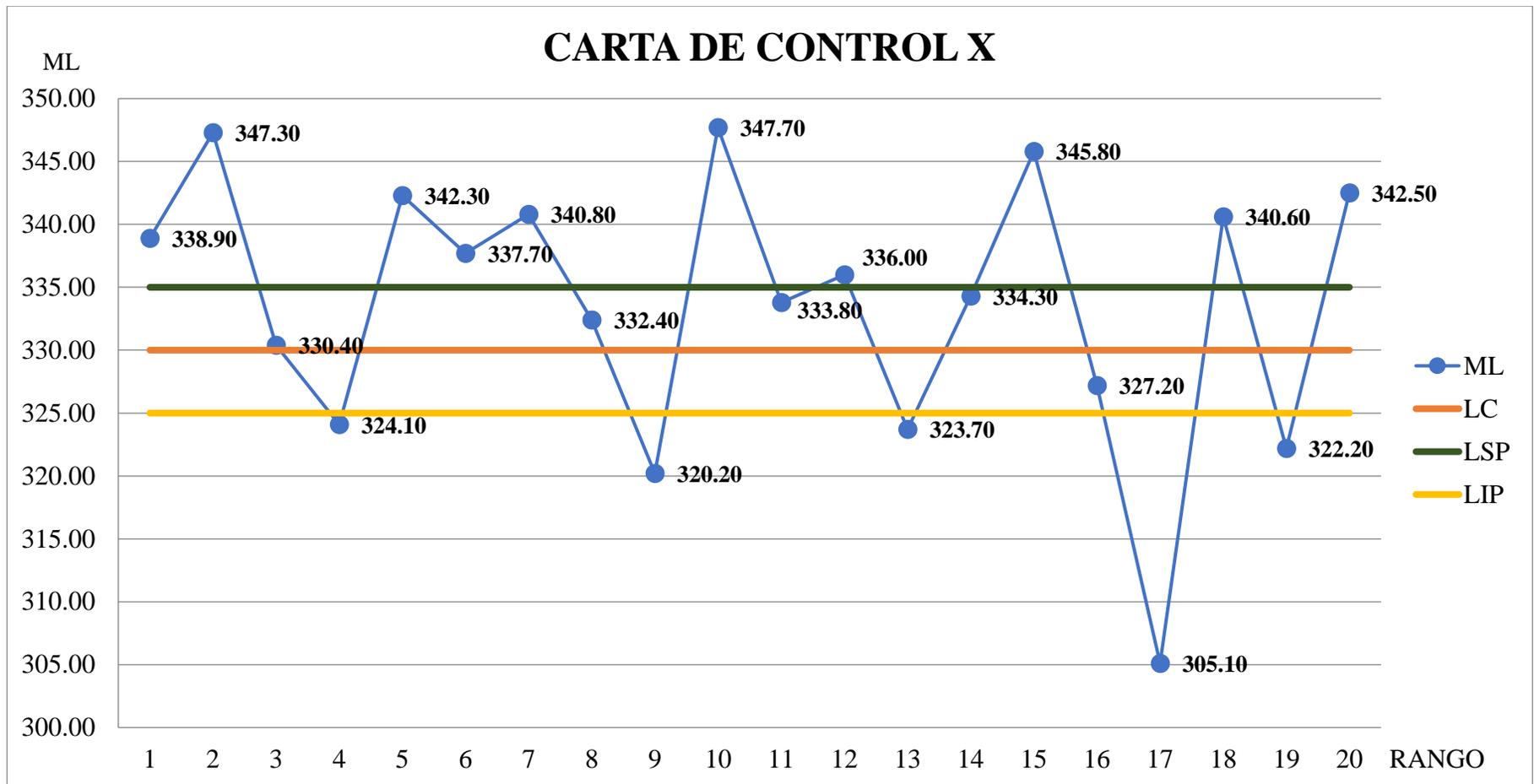


Figura 19: Carta de control X.



En las cartas de control utilizadas se puede mostrar un proceso totalmente fuera de control, teniendo en la carta X 15 puntos de 20 observaciones fuera de los límites permisibles de especificación.

B. Carta de control R

Tabla 24: Cálculos previos – Carta R.

| DIAS | ML | LC | LSP | LIP |
|------|-------|--------|--------|-------|
| 1 | 62.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 2 | 76.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 3 | 79.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 4 | 73.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 5 | 59.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 6 | 81.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 7 | 59.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 8 | 69.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 9 | 74.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 10 | 50.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 11 | 71.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 12 | 77.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 13 | 77.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 14 | 82.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 15 | 40.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 16 | 76.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 17 | 75.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 18 | 53.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 19 | 68.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 20 | 50.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |

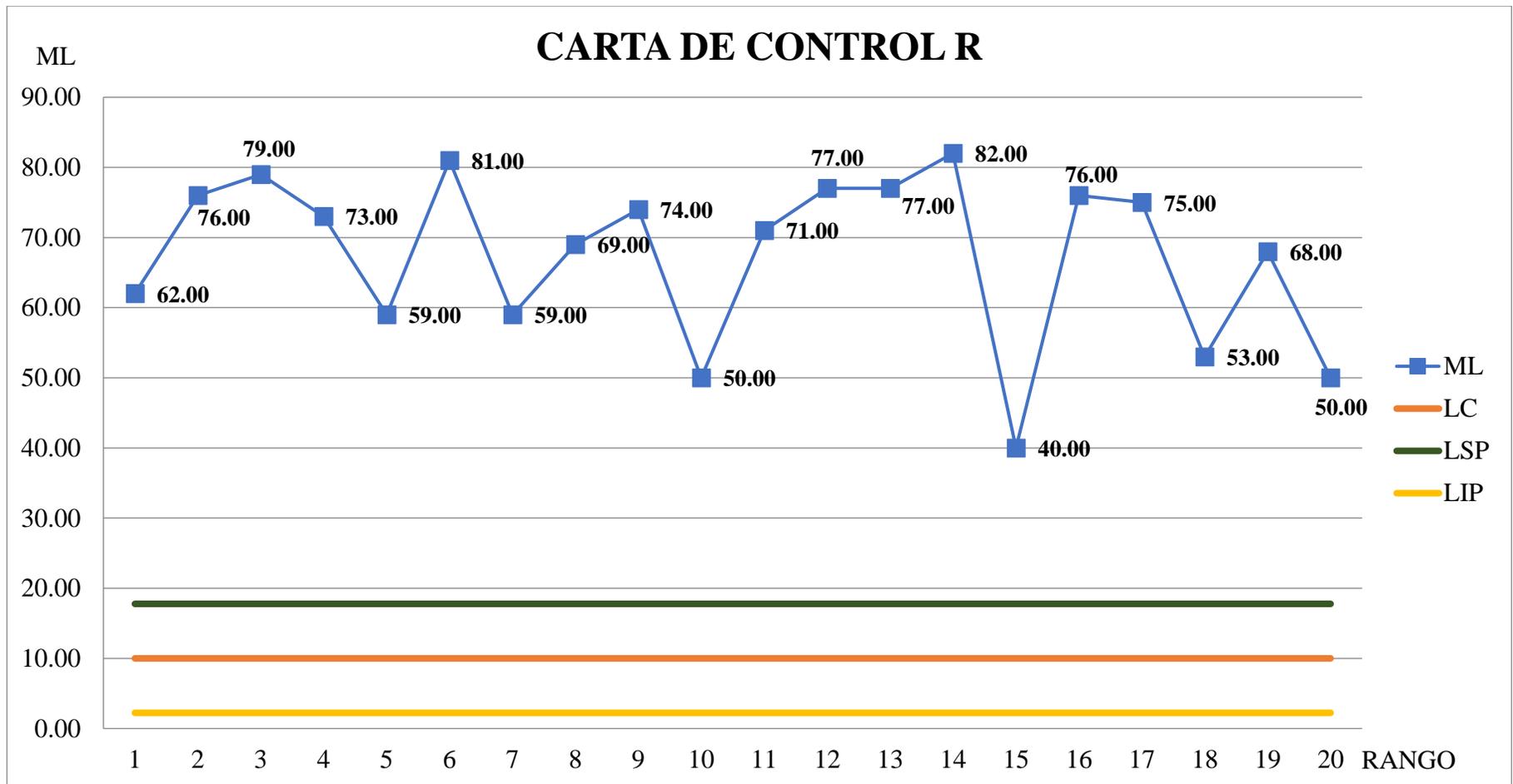


Figura 20: Carta de control R.

En la carta R se tiene 20 puntos de 20 observaciones se encuentran fuera de los límites permisibles de especificación.



C. Carta de control S

Tabla 25: Cálculos previos – Carta S.

| DIAS | ML | LC | LSP | LIP |
|------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 23.27 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 2 | 22.79 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 3 | 32.97 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 4 | 27.78 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 5 | 20.48 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 6 | 24.48 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 7 | 20.64 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 8 | 21.91 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 9 | 28.19 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 10 | 14.86 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 11 | 28.81 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 12 | 31.94 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 13 | 28.16 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 14 | 32.04 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 15 | 14.50 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 16 | 29.34 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 17 | 30.44 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 18 | 19.77 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 19 | 26.75 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 20 | 16.03 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |

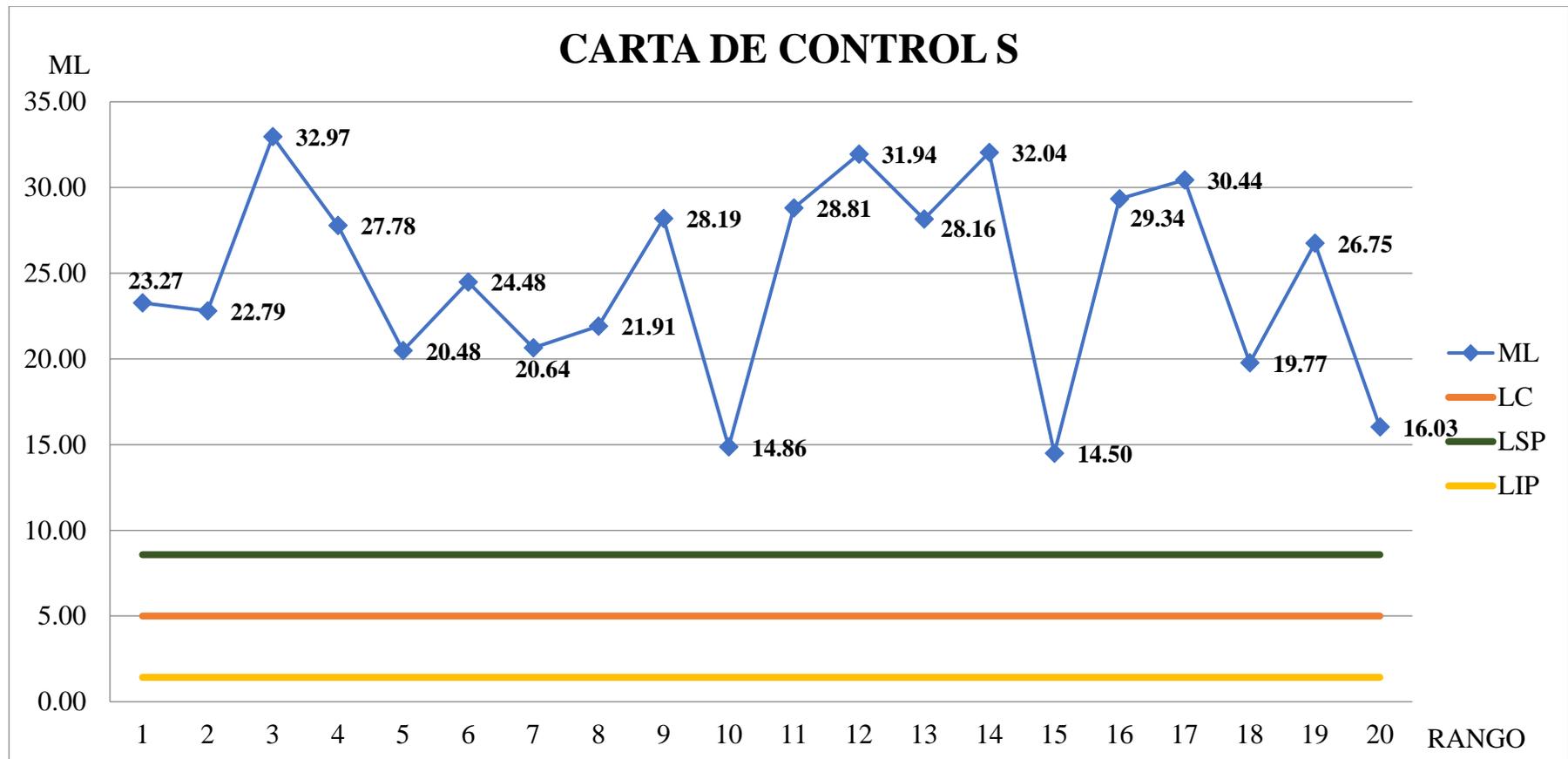


Figura 21: Carta de control S.

En la carta S se tiene 20 puntos de 20 observaciones fuera de los límites permisibles de especificación, mostrando de esta manera una elevada variación tanto en las medias como en los rangos y en la desviación estándar.

4.3.2.7. Capacidad de proceso

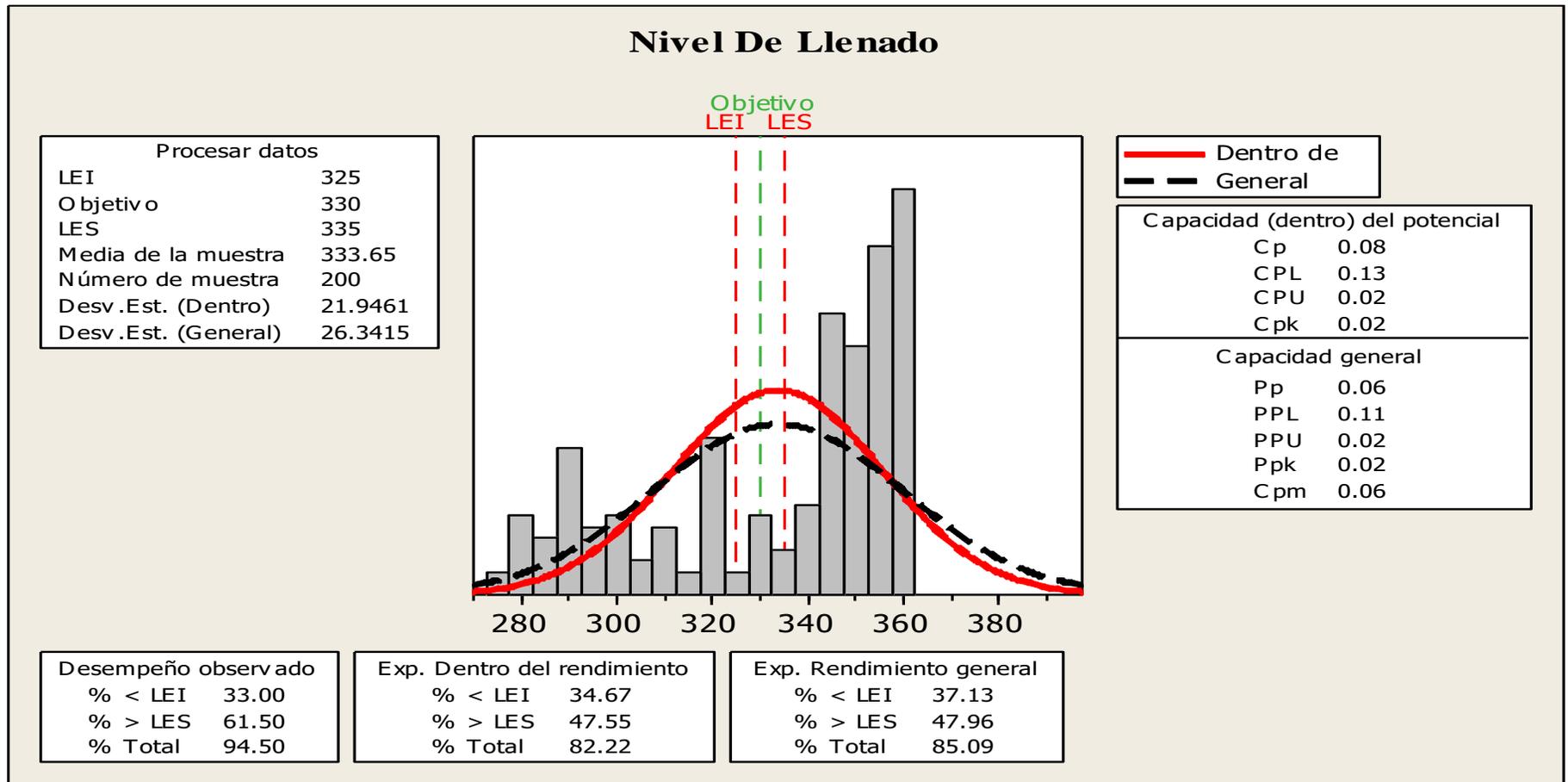


Figura 22: Capacidad de proceso.

En la medición respecto a la capacidad de proceso se obtuvo un Cp de 0.08 y un Cpk de 0.02, el cual nos indica que tenemos un proceso incapaz, es decir un proceso no adecuado para el trabajo y que requiere de modificaciones serias de manera urgente.

4.3.3. Analizar

4.3.3.1. Lluvia de ideas

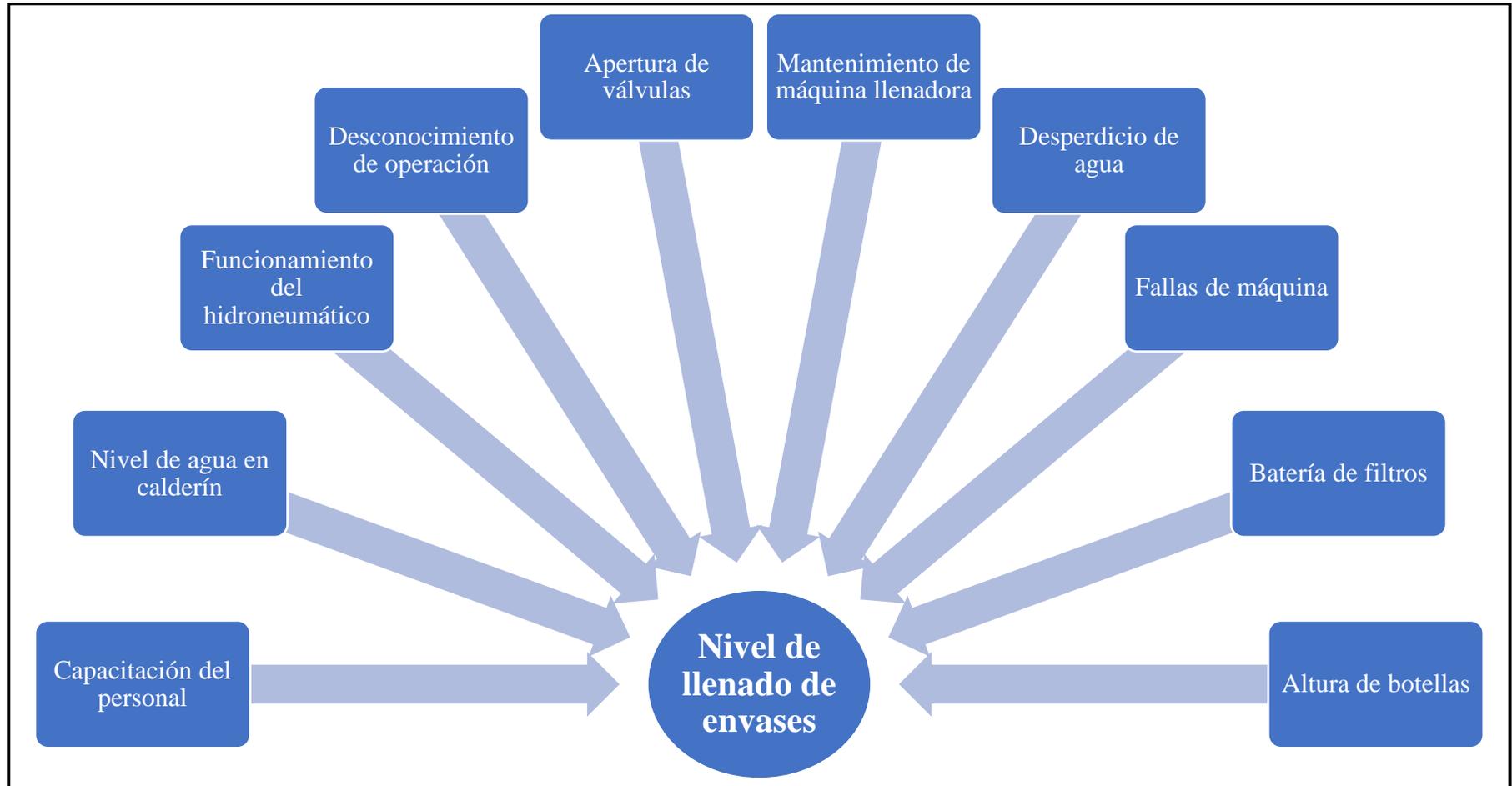


Figura 23: Lluvia de ideas.

4.3.3.2. Diagrama de Ishikawa

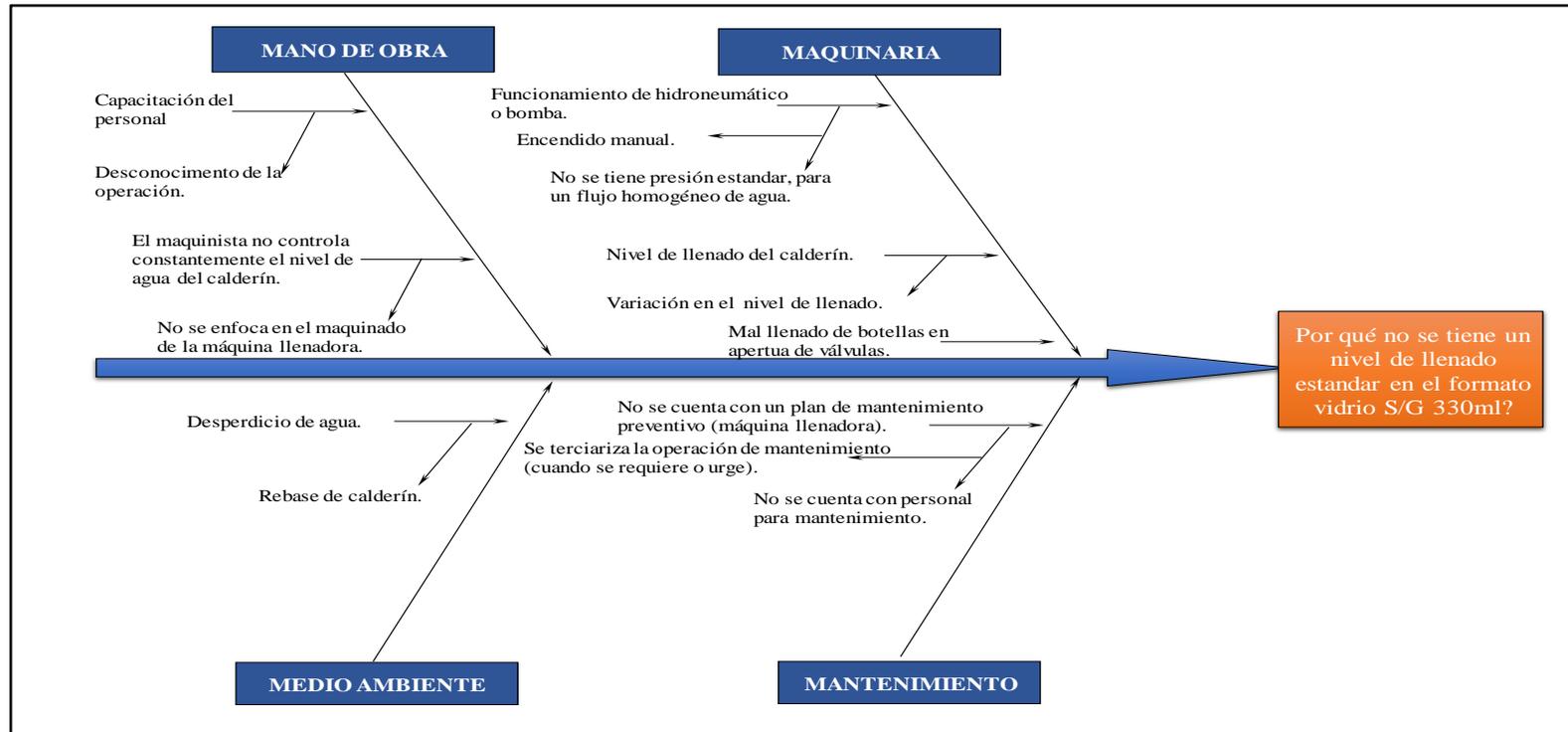


Figura 24: Diagrama de Ishikawa.

En el diagrama causa-efecto se desarrollaron 4 puntos clave para el análisis como son la mano de obra, la maquinaria, el medio ambiente y el mantenimiento. Donde se pudo identificar los problemas y efectos como son: 1) La elevada fluctuación de presión de agua de abastecimiento por efecto de no contar con un sistema automático de encendido y apagado del hidroneumático. 2) La variación del nivel de agua en el calderín por efecto de no contar con presión constante de agua y un control de volumen estándar de agua en el mismo. 3) La apertura de válvulas por efecto de no contar con una calibración adecuada para el llenado de envases.



4.3.3.3. AMEF

Tabla 26: Análisis de modo y efecto de la falla (AMEF).

| | |
|-----------------------------|---|
| Nombre del proyecto: | Estandarización del nivel de llenado de envases formato 330ml |
|-----------------------------|---|

| | |
|-----------------------|---|
| Elaborado por: | José Luis Aréstegui y Daniela Lizbeth Jimenez |
| Revisado por: | Ing. Ramiro Farfán Kilian (Director Técnico) |

| Pasos Clave del Proceso | Modos de Falla Potenciales | Efectos de Fallas Potenciales | SEV | Causas Potenciales | OCU | Controles de Ocurrencia | DET | NPR | Acciones Recomendadas | Responsable | Acciones Implementadas | SEV | OCU | DET | NPR |
|-------------------------------|--|--|---|--|---|---|--|---------------------------------|--|--|--|-----|-----|-----|-----|
| ¿Cuál es el paso del proceso? | ¿De qué maneras puede fallar dicho paso del proceso? | ¿Cuál es el impacto de las variables de los pasos clave cuando hay un fallo (cliente o requerimientos internos)? | ¿Qué tan severo es el efecto para el cliente? | ¿Qué causa que el paso clave falle? | ¿Qué tan seguido ocurre la causa o Modo de Fallo? | ¿Cuáles son los controles existentes y procedimientos preventivos de Causa o Modo de Falla? | ¿Qué también pueden detectar la Causa o Modo de Falla? | ¿Número prioritario de riesgos? | ¿Cuáles son las acciones para reducir la Ocurrencia de la Causa o mejorar la Detección? | ¿Quién es responsable de las acciones recomendadas? | Anotar las acciones implementadas. Incluye fecha de término. | | | | |
| Operación pre-ensado | Hidroneumático o bomba | Operación manual | 6 | No se cuenta con sistema automático de encendido y apagado de hidroneumático o bomba | 10 | No hay | 7 | 420 | Instalar sistema automático de prendido y apagado de Hidroneumático | Tesistas, supervisores de manufactura y operarios de línea | 13/01/2019 al 14/01/2019 | 2 | 5 | 1 | 10 |
| Operación pre-ensado | Nivel de llenado en el calderín | Variación y mal llenado | 8 | No se tienen un nivel de volumen de agua estándar en el calderín | 10 | No hay | 8 | 640 | Definir y estandarizar mediante pruebas el nivel de volumen de agua óptimo para envasado | Tesistas, supervisores de manufactura y operarios de línea | 08/01/2019 al 12/01/2019 | 3 | 5 | 1 | 15 |



| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|---------------------------------|--|---|--|----|--------|---|-----|--|--|--------------------------|---|---|---|----|
| Operación pre- envasado | Control de volumen en calderín | Mal maquinado y descuido en la operación | 8 | No se tienen un sistema de control de volumen de agua en el calderín | 10 | No hay | 8 | 640 | Instalar sistema de control de volumen de agua en el calderín | Tesistas y jefatura de Manufactura | 13/01/2019 al 14/01/2019 | 1 | 5 | 1 | 5 |
| Maquinado | Capacitación del personal | Mala operación de envasado | 6 | No se cuenta con capacitación al personal | 9 | Visual | 6 | 324 | Elaborar plan de capacitación anual | Tesistas, supervisores de manufactura y operarios de línea | 21/01/2019 | 5 | 4 | 3 | 60 |
| Maquinado | Apertura de válvulas de llenado | Variación en la dispensación de volumen | 7 | No se tiene calibración de válvulas para la dispensación de agua | 10 | No hay | 8 | 560 | Revisar detalladamente las válvulas de llenado y calibrar las mismas | Tesistas, supervisores de manufactura y operarios de línea | 13/01/2019 al 14/01/2019 | 4 | 5 | 4 | 80 |
| Maquinado | Desperdicio de agua | Rebase de agua del calderín | 4 | No se tienen un sistema de control de volumen de agua en el calderín | 10 | Visual | 8 | 320 | Instalar sistema de control de volumen de agua en el calderín | Tesistas, supervisores de manufactura y operarios de línea | 13/01/2019 al 14/01/2019 | 1 | 5 | 1 | 5 |
| Operación post- envasada | Plan de mantenimiento | Tercerización de la operación | 7 | No se realiza el seguimiento oportuno del plan de mantenimiento | 5 | Si hay | 1 | 35 | Charlas de Concientización a los involucrados | Supervisores de manufactura | 15/01/2019 al 19/01/2019 | 5 | 4 | 3 | 60 |

**4.3.4. Implementación de mejoras****4.3.4.1. Plan de implementación****Tabla 27: Plan de implementación.**

| N° | Actividades Y Tareas A Realizar | Responsable | Fecha De Entrega | Apoyo Requerido | Otros Recursos Adicionales Necesarios | Nivel De Cumplimiento |
|----|---|------------------------|------------------|---|---|-----------------------|
| 1 | <ul style="list-style-type: none"> - Actividad a realizar: Definir y estandarizar el volumen óptimo en el calderín para envasado. - Tarea a realizar: Pruebas de envasado con diversos volúmenes en calderín e instalación de visor de volumen de agua. | - Líderes de proyecto. | 12/01/2019 | - Miembros de equipo (personal operativo). | | 100% |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> - Actividad a realizar: Instalación de sistema de control de ingreso de agua para la mantención de un volumen constante en el calderín. - Tarea a realizar: Fabricación de boya de acero inoxidable empernada en el calderín. | - Líderes de proyecto. | 14/01/2019 | <ul style="list-style-type: none"> - Técnico mecánico. - Servicio de tornería. | <ul style="list-style-type: none"> - Acero Inoxidable 304. - Taladro. - Tuercas. | 100% |
| 3 | <ul style="list-style-type: none"> - Actividad a realizar: Instalación de sistema automático de prendido y apagado de hidroneumático para mantener presión y nivel de agua constante. - Tarea a realizar: Instalación de sensor de nivel, interconectado con boya e hidroneumático. | - Líderes de proyecto. | 14/01/2019 | <ul style="list-style-type: none"> - Técnico mecánico. - Técnico de programación. | <ul style="list-style-type: none"> - Sensor de nivel. - Cables para sensor. - Acero Inoxidable 304 (soporte). - Equipo de soldadura. - Pernos. - Tuercas. | 100% |



| | | | | | | |
|---|---|------------------------|------------|---------------------|---|------|
| 4 | <ul style="list-style-type: none">- Actividad a realizar: Instalación de sistema de regulación de volumen de agua expendido por válvulas de llenado.- Tarea a realizar: Acople de llaves de paso de acero inoxidable a la salida del calderín para la regulación de volumen de agua. | - Líderes de proyecto. | 14/01/2019 | - Técnico mecánico. | <ul style="list-style-type: none">- Llaves de paso de acero inoxidable 304.- Cinta teflón. | 100% |
| 5 | <ul style="list-style-type: none">- Actividad a realizar: Elaboración del plan de mantenimiento preventivo.- Tarea a realizar: Diagnostico de máquinas, equipos y herramientas. | - Líderes de proyecto. | 22/01/2019 | - Técnico mecánico. | | 100% |

4.3.4.2. El cambio sucede

Tabla 28: *Promedios de niveles de llenado (El cambio sucede).*

| Promedio (X) de nivel de llenado – Antes de la mejora | Promedio (X) de nivel de llenado – Después de la mejora | Valor Central |
|---|---|---------------|
| 338.9 | 329.6 | 330 |
| 347.3 | 330.7 | 330 |
| 330.4 | 329.7 | 330 |
| 324.1 | 328.9 | 330 |
| 342.3 | 330.6 | 330 |
| 337.7 | 330.6 | 330 |
| 340.8 | 330.4 | 330 |
| 332.4 | 328.7 | 330 |
| 320.2 | 329.6 | 330 |
| 347.7 | 330.4 | 330 |
| 333.8 | 329.5 | 330 |
| 336 | 330.1 | 330 |
| 323.7 | 329.9 | 330 |
| 334.3 | 329.5 | 330 |
| 345.8 | 330.4 | 330 |
| 327.2 | 331 | 330 |
| 305.1 | 330.4 | 330 |
| 340.6 | 329.3 | 330 |
| 322.2 | 330.4 | 330 |
| 342.5 | 331.7 | 330 |

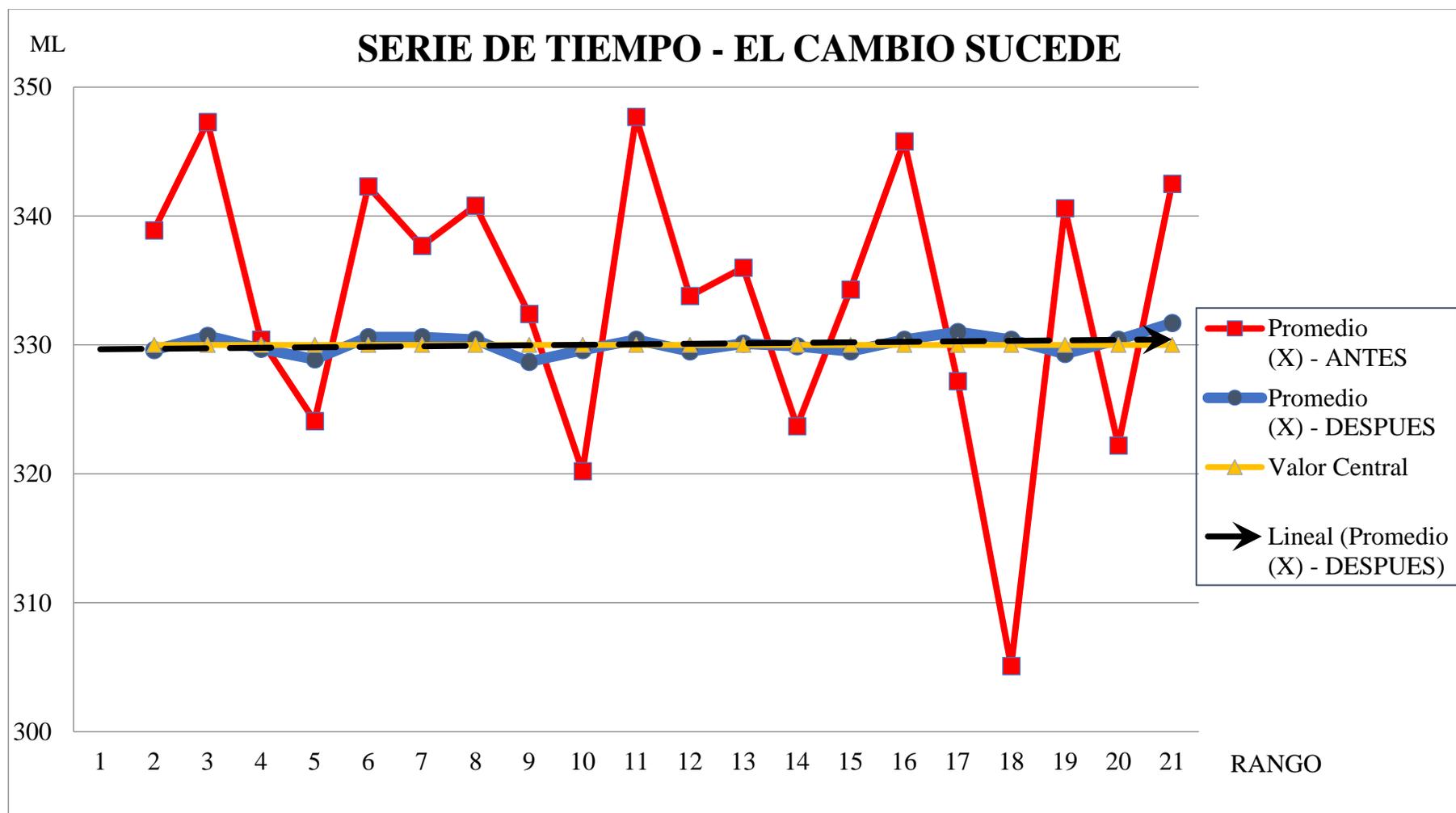


Figura 25: Serie de tiempo – El cambio sucede (Antes y después de las mejoras).

4.3.5. Controlar

Tabla 29: Tabla de datos muestreados después de la implementación de mejoras.

| Muestra (N° De Días) | N° De Observaciones | | | | | | | | | | Promedio (X) | Rango (R) | D. Estándar (S) |
|----------------------------|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------|--------------|-----------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | | |
| DIA 1 | 328 | 333 | 328 | 327 | 330 | 332 | 327 | 330 | 331 | 330 | 329.6 | 6 | 2.07 |
| DIA 2 | 331 | 330 | 332 | 331 | 331 | 333 | 327 | 333 | 327 | 332 | 330.7 | 6 | 2.16 |
| DIA 3 | 328 | 331 | 331 | 328 | 330 | 332 | 332 | 328 | 330 | 327 | 329.7 | 5 | 1.83 |
| DIA 4 | 328 | 328 | 328 | 329 | 332 | 328 | 328 | 330 | 327 | 331 | 328.9 | 5 | 1.60 |
| DIA 5 | 330 | 332 | 327 | 329 | 330 | 330 | 333 | 333 | 331 | 331 | 330.6 | 6 | 1.84 |
| DIA 6 | 329 | 331 | 330 | 333 | 333 | 331 | 332 | 327 | 331 | 329 | 330.6 | 6 | 1.90 |
| DIA 7 | 331 | 330 | 330 | 330 | 333 | 328 | 332 | 330 | 328 | 332 | 330.4 | 5 | 1.65 |
| DIA 8 | 328 | 328 | 331 | 329 | 318 | 330 | 332 | 328 | 332 | 331 | 328.7 | 14 | 4.08 |
| DIA 9 | 327 | 329 | 330 | 328 | 331 | 329 | 333 | 327 | 330 | 332 | 329.6 | 6 | 2.01 |
| DIA 10 | 333 | 329 | 328 | 332 | 330 | 327 | 330 | 333 | 332 | 330 | 330.4 | 6 | 2.07 |
| DIA 11 | 331 | 332 | 329 | 329 | 331 | 330 | 328 | 327 | 328 | 330 | 329.5 | 5 | 1.58 |
| DIA 12 | 330 | 330 | 333 | 331 | 330 | 327 | 333 | 331 | 327 | 329 | 330.1 | 6 | 2.08 |
| DIA 13 | 327 | 329 | 328 | 327 | 333 | 333 | 330 | 331 | 330 | 331 | 329.9 | 6 | 2.18 |
| DIA 14 | 327 | 328 | 330 | 327 | 331 | 332 | 329 | 332 | 330 | 329 | 329.5 | 5 | 1.84 |
| DIA 15 | 328 | 327 | 333 | 327 | 333 | 332 | 330 | 331 | 333 | 330 | 330.4 | 6 | 2.41 |
| DIA 16 | 332 | 331 | 331 | 327 | 332 | 331 | 331 | 339 | 328 | 328 | 331 | 12 | 3.33 |
| DIA 17 | 331 | 333 | 328 | 333 | 329 | 327 | 332 | 330 | 328 | 333 | 330.4 | 6 | 2.32 |
| DIA 18 | 330 | 332 | 327 | 327 | 327 | 328 | 330 | 331 | 331 | 330 | 329.3 | 5 | 1.89 |
| DIA 19 | 332 | 331 | 330 | 332 | 333 | 328 | 333 | 329 | 327 | 329 | 330.4 | 6 | 2.12 |
| DIA 20 | 327 | 331 | 352 | 331 | 330 | 328 | 328 | 331 | 327 | 332 | 331.7 | 25 | 7.36 |
| SUMATORIA | | | | | | | | | | | 6601.4 | 147 | 48.32 |
| MEDIA DE X, R y S | | | | | | | | | | | 330.07 | 7.35 | 2.42 |



En esta fase de control se muestra la segunda fase de las herramientas de medición para poder comparar y mostrar los datos obtenidos después de la implementación de mejoras.

Para llevar a cabo esta fase se tomó de igual manera 200 datos los cuales fueron obtenidos por medio del muestreo aleatorio durante las jornadas productivas.

En las cartas de control ya se puede apreciar un control del proceso de envasado, la carta X nos muestra 20 puntos de 20 observaciones dentro de los límites permisibles de especificación, la carta R nos muestra 1 punto de 20 observaciones fuera de los límites permisibles de especificación “cabe resaltar que según teoría, el proceso se encuentra bajo control cuando se presenta como máximo un punto fuera de los límites permisibles de especificación”, lo que significa que nuestro proceso de acuerdo a la carta R se encuentra bajo control; y en la carta S tenemos 20 puntos de 20 observaciones dentro de los límites permisibles de especificación. Por ende, las medias, los rangos y las desviaciones estándar están dentro de norma.

En la medición respecto a la capacidad de proceso de la segunda fase se obtuvo un Cp de 0.7 y un Cpk de 0.69, en el cual se puede apreciar que tenemos un proceso más capaz y centrado con respecto a nuestros Cp y Cpk anteriores obtenidos en la fase medir antes de la implementación de mejoras.

4.3.5.1. Graficas de control segunda fase

A. Carta de control X

Tabla 30: Cálculos previos – Carta X (Segunda fase).

| DIAS | ML | LC | LSP | LIP |
|------|--------|---------|---------|---------|
| 1 | 329.60 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 2 | 330.70 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 3 | 329.70 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 4 | 328.90 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 5 | 330.60 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 6 | 330.60 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 7 | 330.40 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 8 | 328.70 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 9 | 329.60 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 10 | 330.40 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 11 | 329.50 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 12 | 330.10 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 13 | 329.90 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 14 | 329.50 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 15 | 330.40 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 16 | 331.00 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 17 | 330.40 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 18 | 329.30 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 19 | 330.40 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |
| 20 | 331.70 | 330.000 | 335.000 | 325.000 |

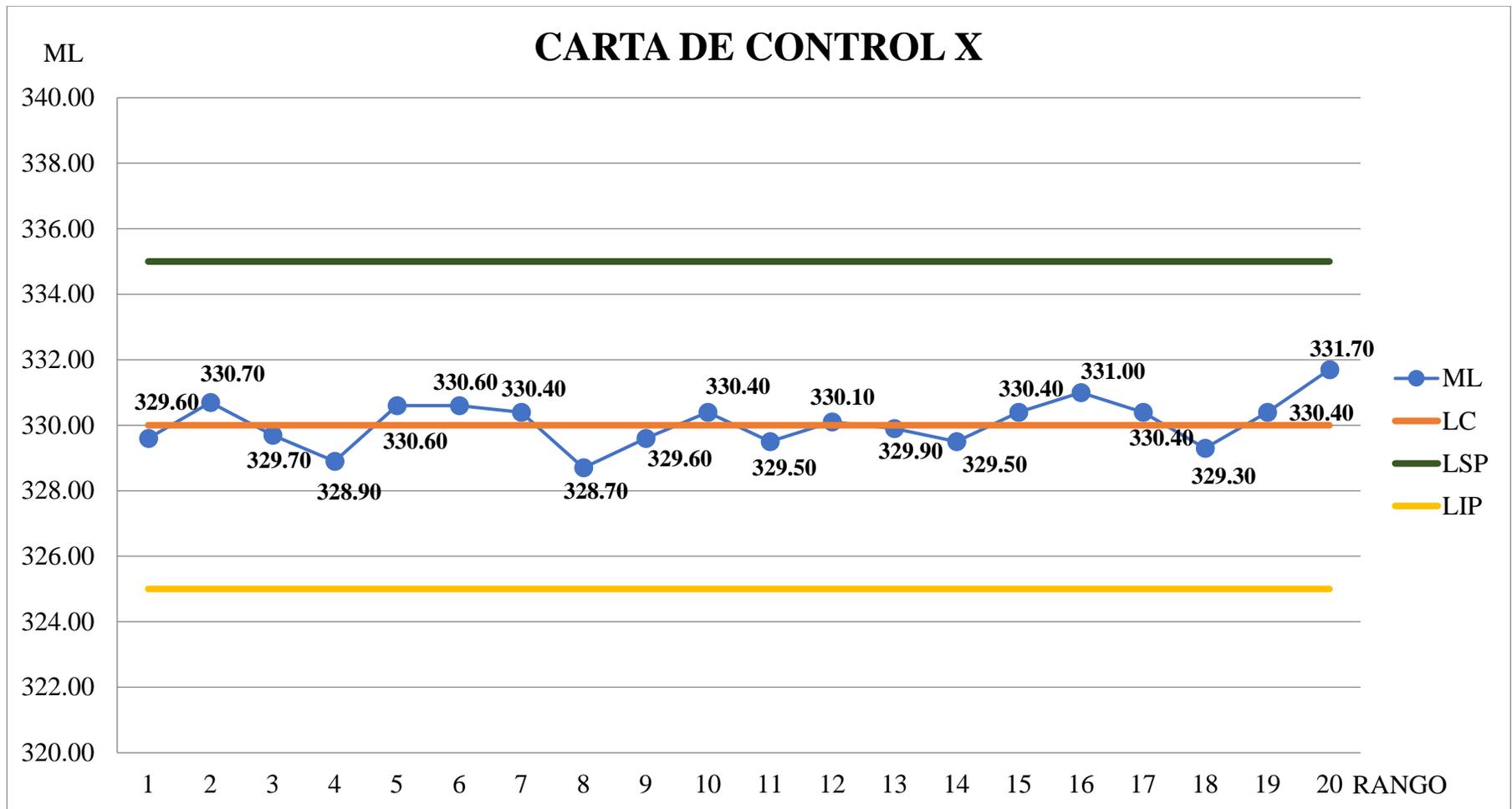


Figura 26: Carta de control X (Segunda fase).

**B. Carta de control R****Tabla 31: Cálculos previos – Carta R (Segunda fase).**

| DIAS | ML | LC | LSP | LIP |
|------|-------|--------|--------|-------|
| 1 | 6.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 2 | 6.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 3 | 5.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 4 | 5.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 5 | 6.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 6 | 6.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 7 | 5.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 8 | 14.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 9 | 6.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 10 | 6.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 11 | 5.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 12 | 6.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 13 | 6.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 14 | 5.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 15 | 6.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 16 | 12.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 17 | 6.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 18 | 5.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 19 | 6.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |
| 20 | 25.00 | 10.000 | 17.770 | 2.232 |

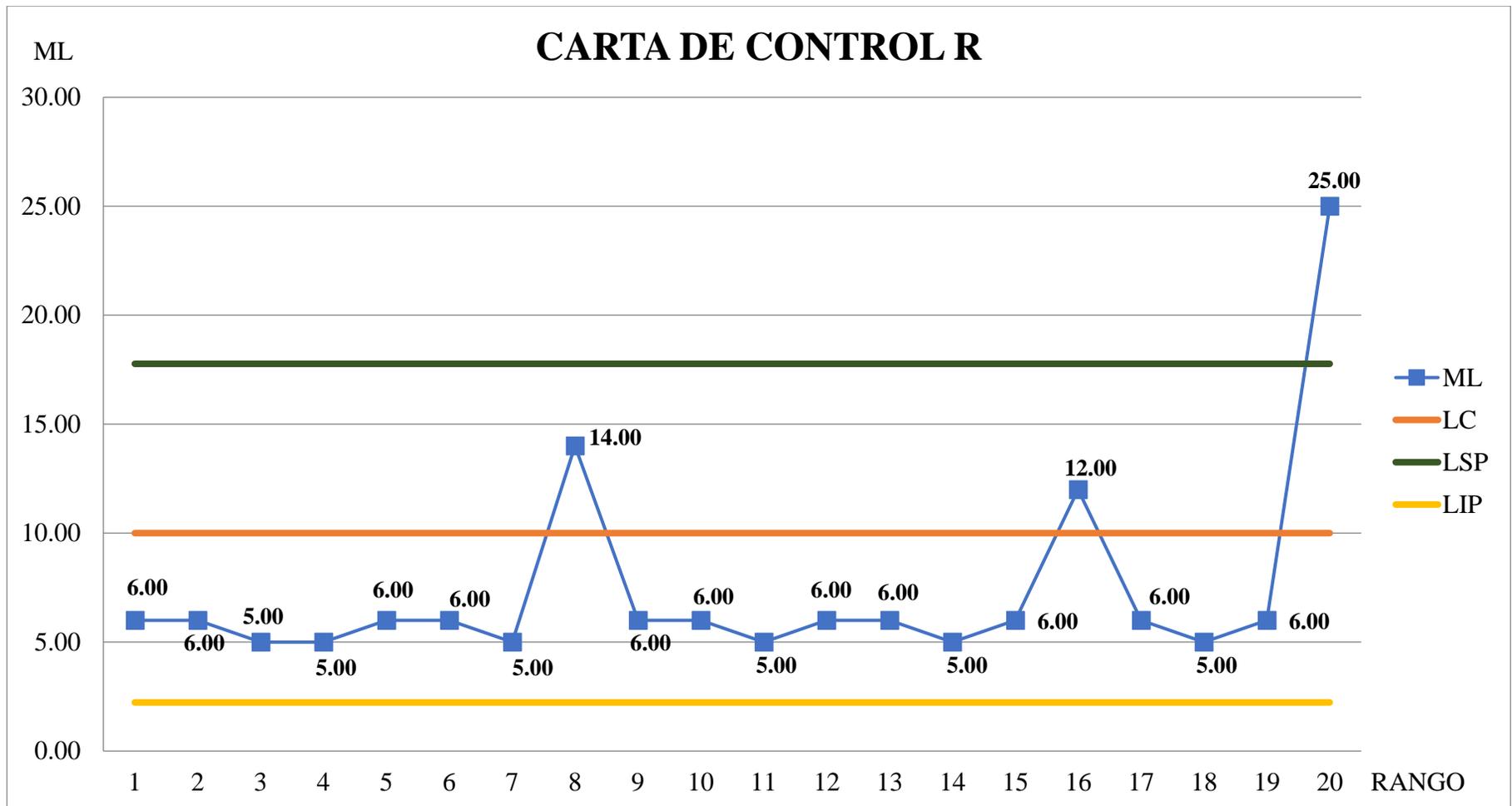


Figura 27: Carta de control R (Segunda fase).

**C. Carta de control S****Tabla 32: Cálculos previos – Carta S (Segunda fase).**

| DIAS | ML | LC | LSP | LIP |
|-------------|-----------|-----------|------------|------------|
| 1 | 2.07 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 2 | 2.16 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 3 | 1.83 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 4 | 1.60 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 5 | 1.84 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 6 | 1.90 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 7 | 1.65 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 8 | 4.08 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 9 | 2.01 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 10 | 2.07 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 11 | 1.58 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 12 | 2.08 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 13 | 2.18 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 14 | 1.84 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 15 | 2.41 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 16 | 3.33 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 17 | 2.32 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 18 | 1.89 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 19 | 2.12 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |
| 20 | 7.36 | 5.000 | 8.579 | 1.422 |

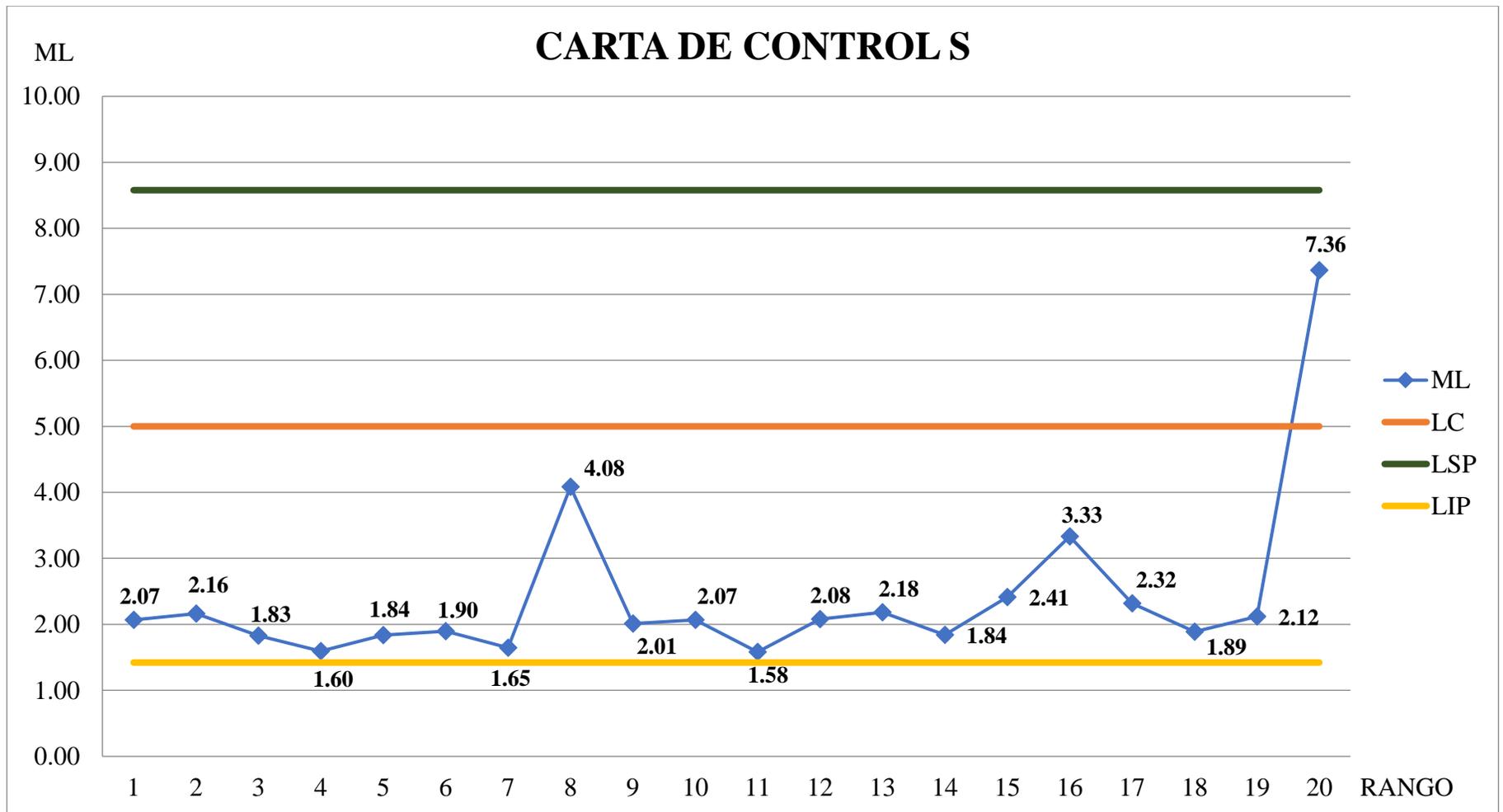


Figura 28: Carta de control S (Segunda fase).

4.3.5.2. Capacidad de proceso segunda fase

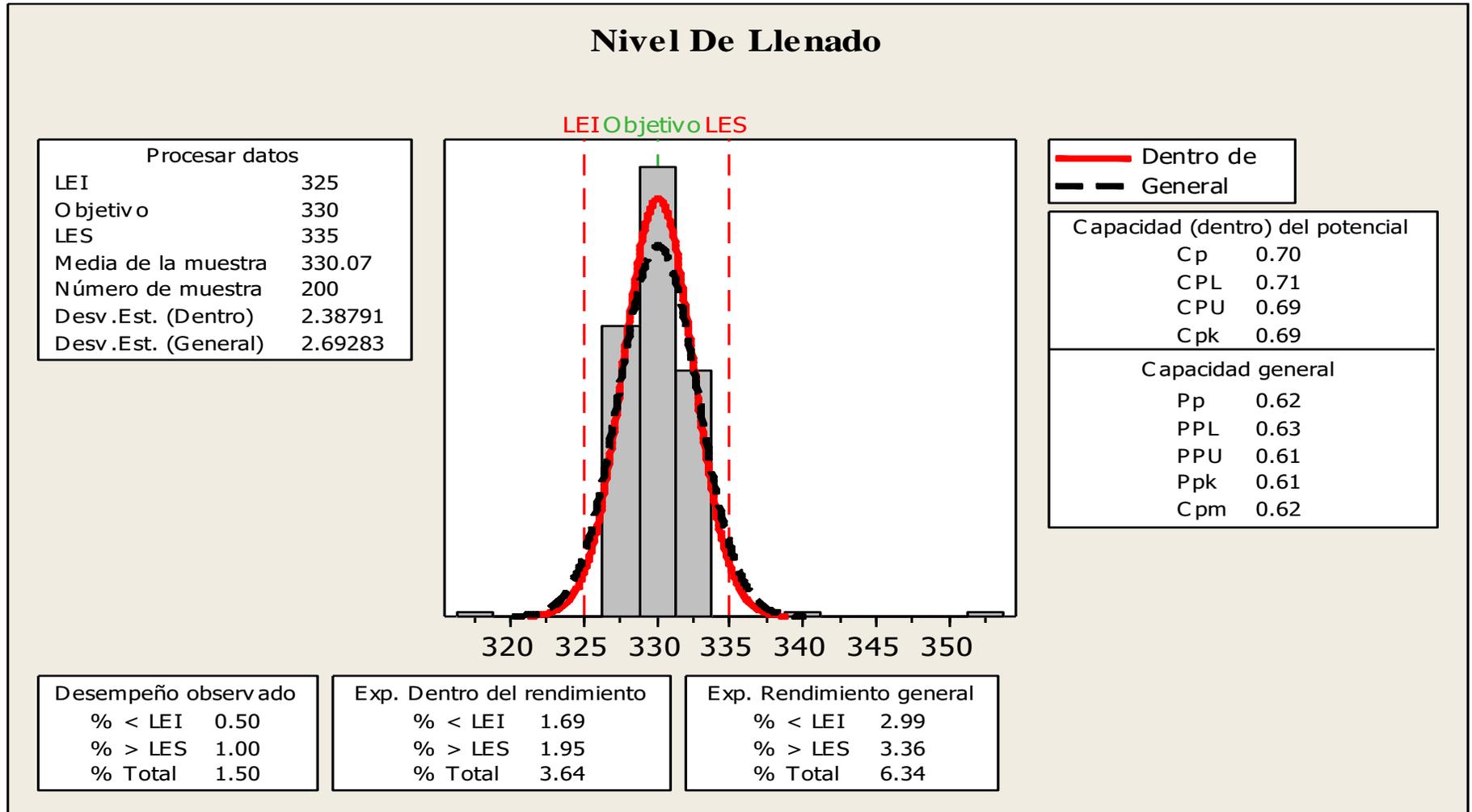


Figura 29: Capacidad de proceso (Segunda fase).

4.3.5.3. Acciones de aseguramiento

A. Procedimiento de operación estándar (POE)

Tabla 33: *Procedimiento de operación estándar (POE).*

| PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN ESTÁNDAR PARA EL FORMATO VIDRIO 330ML SIN GAS - (POE) | | | |
|--|---|---|---|
| Elaborado por: | Líderes de proyecto (José Aréstegui y Daniela Jimenez) | Área | Manufactura |
| Revisado por: | Ing. Ramiro Farfán Kilian (Director Técnico) | Fecha | 24/01/2019 |
| Aprobado por: | Ing. Ramiro Farfán Kilian (Director Técnico) | Código | 000-1 |
|  |  |  |  |
| 1) Encendido de hidroneumático, lámpara UV y Ozonizador (O3). 2) Preparar agua clorada de acuerdo a indicación del área de calidad, para sanitización y desinfección de línea de envasado (Superficies). 3) Preparar agua clorada de acuerdo a indicación del área de calidad, para sanitización y desinfección de línea de envasado (Maquinas, equipos y herramientas). | 4) Encendido de maquina llenadora. 5) Purga de calderín y válvulas con agua ozonizada. 6) Llenado de lavadoras y recipientes con agua clorada de acuerdo a indicación del área de calidad, para desinfección de materiales de envasado. 7) Llenado de calderín al volumen optimo (80 litros). 8) Regulación de válvulas de llenado de acuerdo a marca establecida (Poka | 10) Arranque de operaciones de envasado. 11) Llenado de envases dentro de los parámetros establecidos. 12) Monitoreo y seguimiento de la operación de llenado, durante toda la jornada productiva garantizando un correcto llenado. 13) Revisar constantemente los elementos que intervienen en la operación para evitar posible ocurrencia de fallas. | 15) Recepción de botellas llenadas y enjabado. 16) Apilamiento y almacenaje. |

| | | | | |
|--|--|----------------------------------|------|--|
| | Yoke para el formato vidrio). 9) Revisar que todo lo estipulado hasta este punto estén correctas. | 14) Taponado codificado envases. | y de | |
|--|--|----------------------------------|------|--|

B. Poka Yoke

a) Calderín

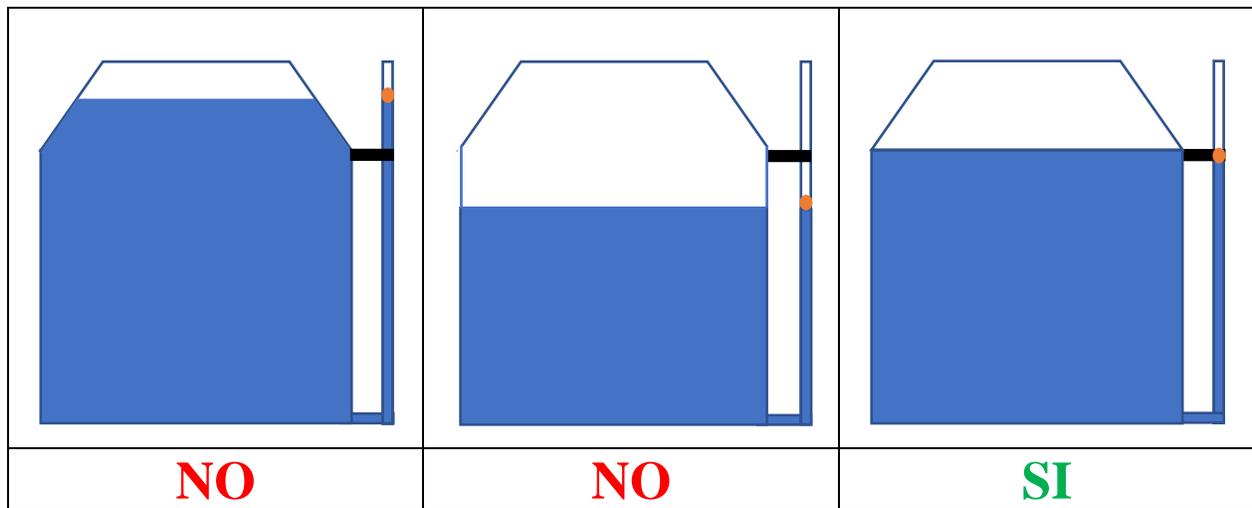


Figura 30: Poka Yoke – Calderín.

b) Válvulas

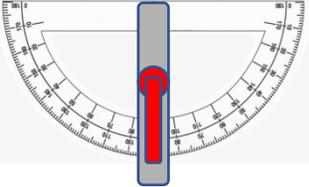
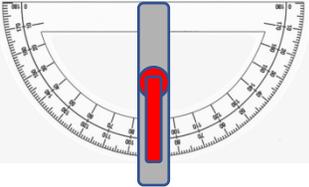
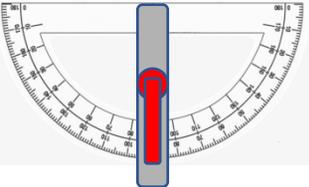
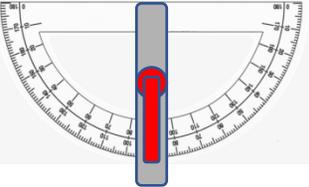
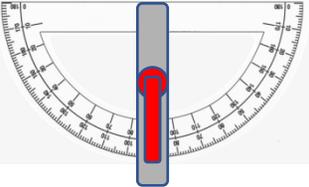
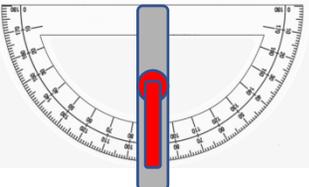
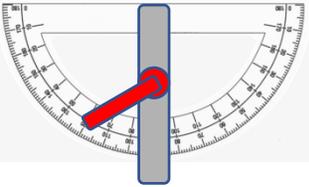
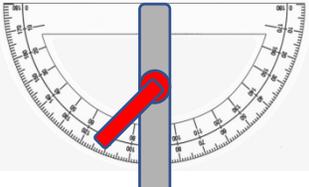
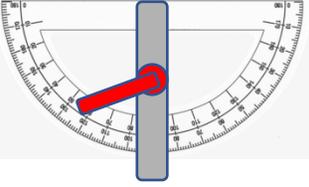
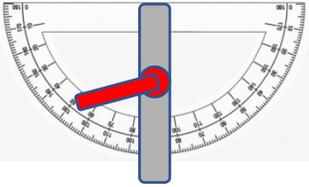
| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| Válvula N° 1 (90°) | Válvula N° 2 (90°) | Válvula N° 3 (90°) | Válvula N° 4 (90°) | Válvula N° 5 (90°) |
|  |  |  |  |  |
| SI | NO | NO | NO | NO |
| Válvula N° 1 (90°) | Válvula N° 2 (120°) | Válvula N° 3 (110°) | Válvula N° 4 (125°) | Válvula N° 5 (130°) |
|  |  |  |  |  |
| SI | SI | SI | SI | SI |

Figura 31: Poka Yoke – Válvulas.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1.1. Resultados respecto al objetivo general y objetivos específicos

De acuerdo a los resultados obtenidos del arduo trabajo de investigación, se puede apreciar que la aplicación de la metodología DMAIC es altamente efectiva, por lograr atacar a los problemas de raíz en base a cinco fases (Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar); que se fueron desarrollando una a una de manera consecutiva y concreta.

La realización correcta de cada fase de la metodología DMAIC nos da gran visibilidad para la realización de la siguiente, hasta poder llegar a implementar las mejoras y como punto más importante controlarlas, para hacer que las mejoras perduren a través del tiempo evitando productos no conformes o fuera de especificación debido a causas asignables.

Asimismo, corroboramos que la aplicación de las acciones de aseguramiento, en este caso (POE y Poka Yoke), son de gran utilidad e importancia por facilitar el trabajo durante las operaciones de envasado. Dando soporte, apoyo y control ante posibles fallas que puedan ocurrir dentro de las operaciones. De esta manera ayuda a tener las operaciones bajo control inmediato.

Con mucho orgullo mencionamos que la aplicación de la metodología DMAIC en la empresa Cervecerías Cusco S.A.C. fue todo un éxito, logrando obtener resultados altamente productivos como mostramos a continuación:

Tabla 34: Resultados (Antes - Después).

| ÍTEM | ANTES | DESPUÉS |
|-------------------------------------|-------|---------|
| Nº De Muestras | 200 | 200 |
| Nº De Muestras Dentro De Parámetros | 11 | 197 |
| Nº De Defectos | 189 | 3 |
| Déficit | 94.5% | 1.5% |
| Eficiencia | 5.5% | 98.5% |

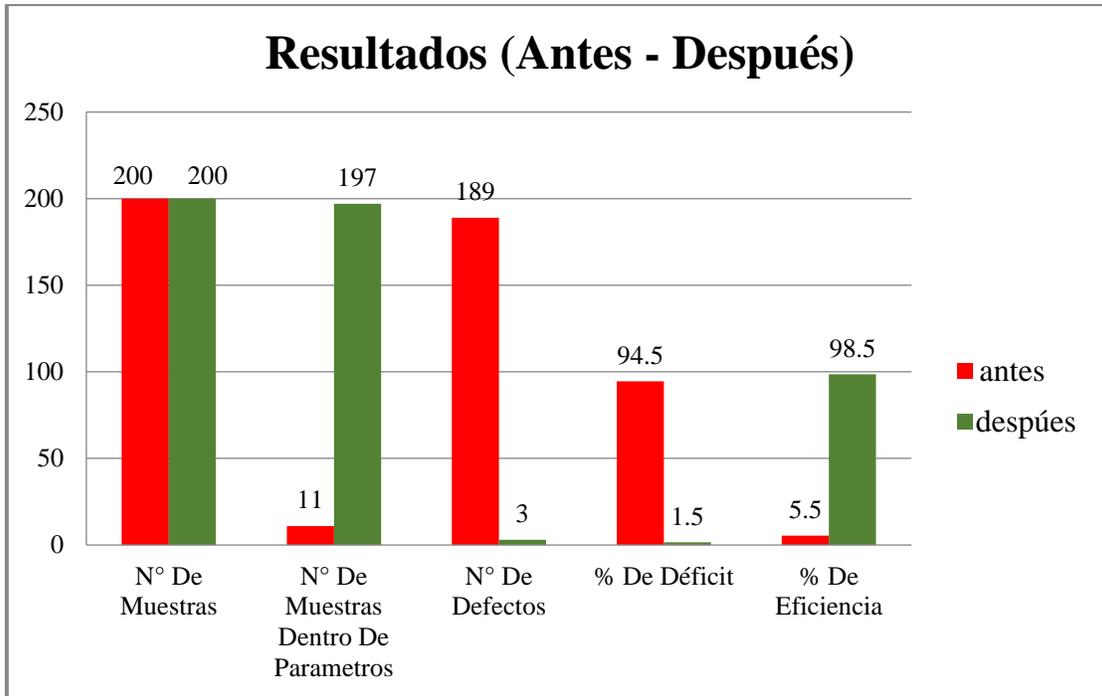


Figura 32: Resultados (Antes - Después).

Tabla 35: Resultados en una hora de producción.

| EN UNA HORA DE PRODUCCIÓN | ANTES | DESPUÉS | MEJORA EN (UNIDADES-PORCENTAJE) |
|-------------------------------------|-------|---------|---------------------------------|
| Unidades producidas | 720 | 720 | 0.00 |
| Merma De Tapas (Unidades) | 680 | 10 | 670.00 |
| Merma De Tapas (Porcentaje) | 94.4 | 1.4 | 98.53 |
| Déficit (Porcentaje) | 94.4 | 1.4 | 98.53 |
| Eficiencia (Porcentaje) | 5.6 | 98.6 | 1675.00 |
| N° De Botellas Dentro De Parámetros | 40 | 710 | 670.00 |



Finalmente realizamos una simulación de operaciones de envasado para poder visualizar el impacto de los problemas o causas asignables dentro del proceso, frente a lo real que se venía viviendo día a día en la empresa Cervecerías Cusco S.A.C. y la mejora sustancial después de la implementación de mejoras y control de las mismas.

Tabla 36: Simulación de horas hombre en operaciones de envasado.

| SIMULACIÓN DE HORAS HOMBRE QUE IMPLICA ENVASAR 720 BOTELLAS DENTRO DE PARÁMETROS | | | |
|---|--------------|----------------|----------------------|
| ÍTEMS | ANTES | DESPUÉS | MEJORA EN (%) |
| Producción continua | 18.00 | 1.01 | 94.37 |

Tabla 37: Horas hombre reales de trabajo.

| HORAS HOMBRE REALES DE TRABAJO POR CAUSA DE REPROCESOS | | | |
|---|--------------|----------------|----------------------|
| ÍTEMS | ANTES | DESPUÉS | MEJORA EN (%) |
| Producción continua | 3.25 | 1.00 | 69.23 |



CONCLUSIONES

1. El DMAIC, permitió realizar los cinco pasos de manera objetiva, logrando estandarizar el nivel de llenado del formato vidrio 330ml sin gas en la empresa Cervecerías Cusco S.A.C., reduciendo el número de productos fuera de especificación de 680 a 10 unds. con una eficiencia de 98.6%.
2. En la primera fase se logró describir y caracterizar la situación actual de la empresa Cervecerías Cusco S.A.C., de acuerdo a la definición de los problemas, se pudo encontrar puntos críticos.

Primer diagrama de Pareto, representa el 45 y 20% respectivamente de las quejas de los clientes por un llenado superior o inferior a los límites permisibles establecidos por la empresa, el segundo Pareto de fallas técnicas, representa el 88.5% por lo cual se generan los problemas del mal nivel de llenado.

3. En la segunda fase, se realizó la medición de cada problema definido en la fase previa, de esta manera tener numéricamente el estado actual de las operaciones y cuanto influye cada uno.

Se encontró dos muestras extremas de 275 y 360ml, en donde el rango mayor es de 85ml cuando lo permitido es de 10ml como rango máximo.

En la carta X se obtuvo 15 puntos de 20 observaciones fuera de los límites permisibles de especificación, en la carta R 20 puntos de 20 observaciones se encuentran fuera de los límites permisibles de especificación y en la carta S se presenta el mismo caso teniendo 20 puntos de 20 observaciones fuera de los límites permisibles de especificación, por ende, se tiene una elevada variación tanto en las medias como en los rangos y en la desviación estándar.

En la medición respecto a la capacidad de proceso se obtuvo un C_p de 0.08 y un C_{pk} de 0.02, el cual nos indica que el proceso no es adecuado para el trabajo y que requiere de modificaciones.

4. En la tercera fase, se analizó todas las dimensiones que afectan al proceso, realizando la lluvia de ideas e identificación de las soluciones ante cada dimensión que influye en las operaciones.



En el diagrama causa-efecto se identificó lo siguiente: 1) La elevada fluctuación de presión de agua de abastecimiento por efecto de no contar con un sistema automático de encendido y apagado del hidroneumático. 2) La variación del nivel de agua en el calderín por efecto de no contar con presión constante de agua y un control de volumen estándar de agua en el mismo. 3) La apertura de válvulas por efecto de no contar con una calibración adecuada para el llenado.

En el análisis de modo y efecto de fallas (AMEF), se plantea las soluciones o acciones correctivas frente a los problemas encontrados. Como son: 1) La instalación de un sistema automático de prendido y apagado del hidroneumático. 2) La definición y estandarización mediante pruebas del nivel óptimo de volumen de agua en el calderín. 3) Instalación de sistema de control de volumen de agua en el calderín. 4) Calibración de válvulas de llenado.

5. En la cuarta fase, se llevó a cabo el plan de implementación, el cual tiene como fin mostrar de forma detallada las actividades a realizar para la corrección de los problemas y lograr la estandarización del nivel de llenado del formato vidrio 330ml sin gas.

La implementación de mejoras se realizó con un 100% de cumplimiento, dentro de las fechas indicadas, mostrando mejoras considerables visibles en la “*Figura 33: Serie de tiempo – El cambio sucede (Antes y después de las mejoras)*”.

6. Finalmente, está la fase controlar que viene enlazada con acciones de aseguramiento para controlar las mejoras evitando posibles fallas por causas asignables. Cabe resaltar que el correcto uso de las acciones de aseguramiento garantizará tener un proceso bajo control.



RECOMENDACIONES

1. Mediante la metodología DMAIC se puede llegar a obtener resultados altamente favorables, por lo cual se recomienda el uso constante para llevar a cabo el desarrollo de proyectos de mejora o mejora de procesos dentro de la industria manufacturera.
2. Se recomienda la formación de un equipo de mejora continua, el cual debería estar conformado por los siguientes: líder de equipo de mejora (black belt o green belt en six sigma), asistente de líder de equipo de mejora (Ingeniero Industrial, con certificación yellow belt en six sigma, deseable), supervisores de producción (Ingeniero Industrial o Ingeniero Químico), y operarios o colaboradores de línea, en donde se pueda llevar a cabo reuniones y discusiones sobre las operaciones cotidianas con la finalidad de realizar una revisión periódica de las mismas para poder identificar posibles oportunidades de mejora, de esta manera trabajar en ello y hacer más eficientes las operaciones propiamente dichas de la compañía.
3. Realizar seguimiento e inspección constante de las acciones de aseguramiento para garantizar el nivel óptimo de llenado del formato vidrio 330ml sin gas.
4. Implementar la elaboración del plan anual de capacitaciones dirigidas al personal operativo y de supervisión del área de manufactura.
5. Se requiere la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo de máquinas y equipos de la empresa, de esta manera lograr estar un paso delante ante posibles fallas técnicas y sucesos que generen desperfectos en las operaciones de envasado.
6. Se recomienda en un futuro la adquisición de una maquina llenadora con sistema isobárico de llenado.

**BIBLIOGRAFÍA**

Aceleración Controlada De La Productividad. (01 de Marzo de 2016). Obtenido de Aceleración Controlada De La Productividad: <https://www.caletec.com/otros/sipoc-mapa-de-proceso-a-alto-nivel/>

Alberto Villaseñor Contreras, E. G. (2007). *Conceptos y reglas de Lean Manufacturing*. México: LIMUSA NORIEGA EDITORES.

Ballesteros Doncel, E. (2015). *Estadística Descriptiva Univariante Mediante El Gráfico De Caja Y Bigotes*. Obtenido de Estadística Descriptiva Univariante Mediante El Gráfico De Caja Y Bigotes: <https://eprints.ucm.es/35985/19/EL%20%20GR%C3%81FICO%20%20DE%20%20CAJA.pdf>

Conexión ESAN. (06 de Octubre de 2016). Obtenido de Conexión ESAN: <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2016/10/que-es-el-mapa-de-procesos-de-la-organizacion/>

CONSULTORES, C. I. (8 de Julio de 2012). *Overblog*. Obtenido de Overblog: <http://calidad.overblog.com/8-principios-de-gestion-de-la-calidad>

EAE Business School - Mapa de procesos: Tipos, definición y desarrollo. (22 de Diciembre de 2017). Obtenido de EAE Business School - Mapa de procesos: Tipos, definición y desarrollo: <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/tipos-definicion-y-desarrollo-de-un-mapa-de-procesos/>

Elsie Bonilla, B. D. (2010). *Mejora continua de los procesos: Herramientas y técnicas*. Universidad De Lima Fondo Editorial.

Escalante Vasquez, E. (2003). *Seis Sigma Metodología y Técnicas*. España: LIMUSA.

Escalante Vásquez, E. (2005). *Seis - Sigma. metodología y tecnicas*. Limusa.

Figuerola, N. (Marzo de 2014). *Mejora de Procesos*. Obtenido de Artículos PM: <https://articulospm.files.wordpress.com/2014/03/mejora-de-procesos.pdf>

García Melgarejo, J. (s.f.). PROGRAMA YELLOW BELT SIX SIGMA . *Las Cinco Fases Del Modelo "DMAIC"*. Lima, Lima, Perú: Instituto Para La Calidad Pontificia Universidad Católica Del Perú .

García Ramírez, J. A. (15 de Abril de 2013). *Master Executive en Administración y Dirección de empresas - EL PROJECT CHARTER*. Obtenido de Master Executive en Administración y Dirección de empresas - EL PROJECT CHARTER: <https://www.eoi.es/blogs/madeon/2013/04/15/el-project-charter/>



Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill.

Huerta Mendoza, R. (2010). *EL ANALISIS DE CRITICIDAD, UNA METODOLOGIA PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD OPERACIONAL*. Venezuela.

innovando.net. (07 de Septiembre de 2012). Obtenido de innovando.net: <http://innovando.net/como-identificamos-a-nuestro-cliente-y-sus-parametros-de-calidad-criticos-ctq/>

Instituto Uruguayo De Normas Tecnicas. (2009). *Herramientas Para La Mejora De La Calidad*. Montevideo Uruguay: UNIT (Instituto uruguayo de Normas Técnicas).

James R. Evans, W. M. (2008). *Administración y control de la calidad*. México D.F.: Cengage Learning.

Kume, H. (1985). *HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS BÁSICAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD*. Tokyo Japón : GROPO EDITORIAL norma.

Kume, H. (1993). *Herramientas Estadísticas Básicas Para El Mejoramiento De La Calidad*. Colombia: Grupo Editorial Norma.

Lara Porras, A. M. (2000). *Diseño estadístico de experimentos, análisis de la varianza y temas relacionados*. España: Granada: Proyecto sur.

Lefcovich, M. (2000). *TPM - Mantenimiento Productivo Total Un paso más hacia la excelencia empresaria*. Córdoba, Argentina: El Cid Editor.

López, B. S. (2016). *INGENIERIA INDUSTRIAL ONLINE.COM*. Obtenido de INGENIERIA INDUSTRIAL ONLINE.COM: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gestion-y-control-de-calidad/leccion-de-un-punto-lup-opl/>

Martins, R. (25 de Mayo de 2018). *Blog De La Calidad* . Obtenido de Blog De La Calidad : <https://blogdelacalidad.com/procedimiento-operativo-estandar-poe/>

Navarro, F. (2016). La Gestión de la Calidad Total (TQM). *Revista digital INESEM*, 1-2.

Padilla, L. (2010). Lean Manufacturing Manufactura Esbelta/ágil. *Facultad de Ingeniería - Revista Ingeniería Primero*, 64-69.

Palladino, A. (2011). *GRÁFICO DE CAJA*. Obtenido de GRÁFICO DE CAJA: <https://med.unne.edu.ar/sitio/multimedia/imagenes/ckfinder/files/files/aps/GR%C3%81FICO%20DE%20CAJA.pdf>



Quin, G. (2014). Estadística I. *Estadística I*. Cusco, Cusco, Perú.

Reyes Aguilar, P. (2002). Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones. *Contaduría y Administración*, 64-65.

Roberto José Herrera Acosta, T. J. (2011). *Seis Sigma: Métodos Estadísticos y Sus Aplicaciones*. EUMED.

Rodríguez Medina, G., Balestrini Atencio, S., Balestrini Atencio, S., Maleán Romero, R., & Rodríguez Castro, B. (2002). Análisis estratégico del proceso productivo en el sector industrial. *Revista de Ciencias Sociales*, 137-138.

Sacristán, F. R. (2001). *Mantenimiento Total de la Producción (TPM): Proceso de Implementación y Desarrollo*. Madrid, España: FUNDACIÓN CONFEMETAL.

TOLEDO VEGA, L. C. (15 de Marzo de 2015). *RI UAEMex*. Obtenido de RI UAEMex: <http://ri.uaemex.mx/oca/bitstream/20.500.11799/32339/1/secme-11680.pdf>

Universo Formulas - Rango Intercuartílico. (21 de Febrero de 2018). Obtenido de Universo Formulas - Rango Intercuartílico: <https://www.universoformulas.com/estadistica/descriptiva/rango-intercuartilico/>



ANEXOS

Anexo 1: Factores para el cálculo de las líneas centrales y límites de control por variables

| n | A | A ₂ | A ₃ | c ₄ | 1/C ₄ | B ₃ | B ₄ | B ₅ | B ₆ | d ₂ | 1/d ₂ | d ₃ | D ₁ | D ₂ | D ₃ | D ₄ |
|----|--------|----------------|----------------|----------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 2 | 2.1210 | 1.8806 | 2.6586 | 0.7979 | 1.2533 | 0 | 3.2664 | 0 | 2.6063 | 1.1280 | 0.8865 | 0.8530 | 0 | 3.6870 | 0 | 3.269 |
| 3 | 1.7320 | 1.0231 | 1.9545 | 0.8862 | 1.1284 | 0 | 2.5684 | 0 | 2.2761 | 1.6930 | 0.5907 | 0.8880 | 0 | 4.3570 | 0 | 2.574 |
| 4 | 1.5000 | 0.7285 | 1.6281 | 0.9213 | 1.0854 | 0 | 2.2662 | 0 | 2.0879 | 2.0590 | 0.4857 | 0.8880 | 0 | 4.6990 | 0 | 2.282 |
| 5 | 1.3420 | 0.5768 | 1.4273 | 0.9400 | 1.0638 | 0 | 2.0889 | 0 | 1.9635 | 2.3260 | 0.4299 | 0.8640 | 0 | 4.9180 | 0 | 2.114 |
| 6 | 1.2250 | 0.4833 | 1.2872 | 0.9515 | 1.0510 | 0.0300 | 1.9700 | 0.0286 | 1.8744 | 2.5340 | 0.3946 | 0.8480 | 0 | 5.0780 | 0 | 2.004 |
| 7 | 1.1340 | 0.4193 | 1.1819 | 0.9594 | 1.0423 | 0.1180 | 1.8820 | 0.1133 | 1.8055 | 2.7040 | 0.3698 | 0.8330 | 0.2050 | 5.2030 | 0.0758 | 1.924 |
| 8 | 1.0610 | 0.3726 | 1.0991 | 0.9650 | 1.0363 | 0.1847 | 1.8153 | 0.1783 | 1.7517 | 2.8470 | 0.3512 | 0.8200 | 0.3870 | 5.3070 | 0.1359 | 1.864 |
| 9 | 1.000 | 0.3367 | 1.0317 | 0.9693 | 1.0317 | 0.2390 | 1.7610 | 0.2317 | 1.7069 | 2.9700 | 0.3367 | 0.8080 | 0.5460 | 5.3940 | 0.1838 | 1.816 |
| 10 | 0.9490 | 0.3082 | 0.9753 | 0.9727 | 1.0281 | 0.2843 | 1.7157 | 0.2765 | 1.6689 | 3.0780 | 0.3249 | 0.7970 | 0.6870 | 5.4690 | 0.2232 | 1.777 |
| 11 | 0.9050 | 0.2851 | 0.9273 | 0.9754 | 1.0252 | 0.3220 | 1.6780 | 0.3141 | 1.6367 | 3.1730 | 0.3152 | 0.7870 | 0.8120 | 5.5340 | 0.2559 | 1.744 |
| 12 | 0.8660 | 0.2658 | 0.8859 | 0.9776 | 1.0229 | 0.3541 | 1.6459 | 0.3462 | 1.6090 | 3.2580 | 0.3069 | 0.7780 | 0.9240 | 5.5920 | 0.2836 | 1.716 |
| 13 | 0.8320 | 0.2494 | 0.8496 | 0.9794 | 1.0210 | 0.3815 | 1.6185 | 0.3736 | 1.5852 | 3.3360 | 0.2998 | 0.7700 | 1.0260 | 5.6460 | 0.3076 | 1.692 |
| 14 | 0.8020 | 0.2353 | 0.8173 | 0.9810 | 1.0194 | 0.4067 | 1.5933 | 0.3990 | 1.5630 | 3.4070 | 0.2935 | 0.7630 | 1.1180 | 5.6960 | 0.3281 | 1.672 |
| 15 | 8.7750 | 0.2231 | 0.7886 | 0.9823 | 1.0180 | 0.4279 | 1.5721 | 0.4204 | 1.5442 | 3.4720 | 0.2880 | 0.7560 | 1.2040 | 5.7400 | 0.3468 | 1.653 |

Fuente: (García Melgarejo)

Anexo 2: Tabla de calificación para el factor de “SEVERIDAD”

SEVERIDAD: Posible impacto de falla

Criterio: una falla puede ser

| | | |
|-------|----|---|
| Malo | 10 | Lesionar a un cliente o empleado |
| | 9 | Ser ilícita |
| | 8 | Hacer el producto a servicio inadecuado para el uso |
| | 7 | Causar demasiada insatisfacción al cliente |
| | 6 | Resultar en una operación defectuosa parcial |
| | 5 | Causar una pérdida de funcionamiento que resulte en queja |
| | 4 | Causar una pérdida menos del funcionamiento |
| | 3 | Causar una molestia menor que puede superarse sin pérdida |
| | 2 | Pasar inadvertida, efecto menor en el funcionamiento |
| Bueno | 1 | Pasar inadvertida y no afectar el funcionamiento |

Fuente: (García Melgarejo)

Anexo 3: Tabla de calificación para el factor de “OCURRENCIA”

OCURRENCIA: Con cuanta frecuencia puede ocurrir la causa

| | Calificación | Tiempo p | Probabilidad |
|-------|--------------|-------------------------|---------------------|
| Malo | 10 | Más de una vez al día | > 30% |
| | 9 | Una vez cada 3-4 días | < 30% |
| | 8 | Una vez a la semana | < 5% |
| | 7 | Una vez al mes | < 1% |
| | 6 | Una vez cada 3 meses | < 0.03% |
| | 5 | Una vez cada 6 meses | < de 1 por 10,000 |
| | 4 | Una vez al año | < de 6 por 100,000 |
| | 3 | Una vez cada 1-3 años | < de 6 por millón |
| | 2 | Una vez cada 3-6 años | < 3 por 10 millones |
| Bueno | 1 | Una vez cada 6-100 años | < 2 por billón |

Fuente: (García Melgarejo)

**Anexo 4: Tabla de calificación para el factor de “DETECTABILIDAD”**

DETECTABILIDAD: Que probabilidad tenemos de saber si la causa a ocurrido.

| | Calificación: | Definición |
|-------|---------------|--|
| Malo | 10 | El defecto causado por la falla no es detectable |
| | 9 | Se verifica que las unidades ocasionadas no tengan defectos |
| | 8 | Las unidades son muestreadas e inspeccionadas sistemáticamente |
| | 7 | Todas las unidades son inspeccionadas manualmente |
| | 6 | Inspección manual con modificaciones de prueba de errores |
| | 5 | El proceso es monitoreado vía CEP e inspecciones |
| | 4 | Se usa CEP con una reacción inmediata fuera de control |
| | 3 | CEP igual al anterior con 100% de inspección |
| | 2 | Todas las unidades son inspeccionadas automáticamente |
| Bueno | 1 | El defecto es obvio y puede evitarse que afecte al cliente |



Anexo 5: Matriz de consistencia

TITULO: Estandarización del nivel de llenado formato vidrio 330 ml sin gas en la empresa Cervecerías Cusco S.A.C. 2019

| PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLES | INDICADORES | METODOLOGÍA |
|---|---|---|---|---|--|
| Problema General: ¿De qué manera se estandarizaría el nivel de llenado del formato vidrio 330 ml sin gas mediante la metodología DMAIC en la empresa cerveceras cusco S.A.C., 2019? | Objetivo General: Estandarizar el nivel de llenado del formato vidrio 330 ml sin gas mediante la metodología DMAIC en la empresa cerveceras cusco S.A.C., 2019. | Hipótesis General: Mediante la aplicación de la metodología DMAIC se estandariza el nivel de llenado del formato vidrio 330 ml sin gas en la empresa cerveceras cusco S.A.C., 2019. | Variable 1: Nivel de llenado del formato vidrio 330 ml sin gas. | Para la Variable 1: Nivel óptimo de 325 – 335 ml. | Tipo de la Investigación: Aplicativo Nivel de la investigación: Explicativo: Pretenden establecer las causas de los sucesos o fenómenos que se estudian. Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. (Sampieri, 2014). Método de la Investigación: Cuantitativa |
| Problemas Específicos: | Objetivos Específicos: | Hipótesis Específicas: | Variable 2: | Para la variable 2: | |
| P1.- ¿De qué manera la aplicación de la metodología DMAIC, podrá describir la situación actual del área de manufactura? | O1.- Describir la situación actual del área de manufactura. | H1.- Mediante la aplicación de la metodología DMAIC se puede describir la situación actual del área de manufactura. | Metodología DMAIC | X1.- _____ | |
| P2.- ¿De qué manera la aplicación de la metodología DMAIC, podrá medir el funcionamiento actual en el nivel de llenado formato vidrio 330 ml sin gas? | O2.- Medir el funcionamiento actual en el nivel de llenado formato vidrio 330 ml sin gas. | H2.- Mediante la aplicación de la metodología DMAIC se puede medir el funcionamiento actual en el nivel de llenado formato vidrio 330 ml. | Metodología DMAIC | X2.- Capacidad real del proceso (Cpk) | |



| | | | | | |
|--|---|---|-------------------|---------------------------------------|--|
| P3.- ¿De qué manera la aplicación de la metodología DMAIC, podrá analizar la relación de la situación actual con el nivel de llenado formato vidrio 330 ml sin gas? | O3.- Analizar la relación de la situación actual con el nivel de llenado formato vidrio 330 ml sin gas. | H3.- Mediante la aplicación de la metodología DMAIC se puede analizar la relación de la situación actual con el nivel de llenado formato vidrio 330 ml. | Metodología DMAIC | X3.- Valor P (hipótesis) | |
| P4.- ¿De qué manera la aplicación de la metodología DMAIC, podrá implementar acciones de mejora para la estandarización del nivel de llenado formato vidrio 330 ml sin gas? | O4.- Implementar acciones de mejora para la estandarización del nivel de llenado formato vidrio 330 ml sin gas. | H4.- Mediante la aplicación de la metodología DMAIC se puede implementar acciones de mejora para la estandarización del nivel de llenado formato vidrio 330 ml. | Metodología DMAIC | X4.- _____ | |
| P5.- ¿De qué manera la aplicación de la metodología DMAIC, podrá controlar las mejoras para el nivel de llenado formato vidrio 330 ml sin gas? | O5.- Controlar las mejoras para el nivel de llenado formato vidrio 330 ml sin gas. | H5.- Mediante la aplicación de la metodología DMAIC se puede controlar las mejoras para el nivel de llenado formato vidrio 330 ml. | Metodología DMAIC | X5.- Capacidad real del proceso (Cpk) | |