



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS  
SIGMA PARA LA REDUCCIÓN DE GARANTÍAS EN UNA EMPRESA COMERCIALIZADORA  
DE BATERÍAS DE PLOMO ÁCIDO DE USO AUTOMOTRIZ**

**Jorge Armando Pérez Morán**

Asesorado por la Msc. Inga. Mariela Rivera Cárcamo

Guatemala, enero de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA PARA LA REDUCCIÓN DE GARANTÍAS EN UNA EMPRESA COMERCIALIZADORA DE BATERÍAS DE PLOMO ÁCIDO DE USO AUTOMOTRIZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JORGE ARMANDO PÉREZ MORÁN**

ASESORADO POR LA MSC. INGA. MARIELA RIVERA CÁRCAMO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, ENERO DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

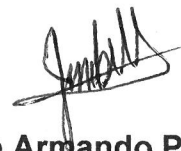
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADORA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas
EXAMINADOR	Ing. Víctor Hugo García Roque
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA PARA LA REDUCCIÓN DE GARANTÍAS EN UNA EMPRESA COMERCIALIZADORA DE BATERÍAS DE PLOMO ÁCIDO DE USO AUTOMOTRIZ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 19 de febrero de 2019.



**Jorge Armando Pérez Morán**

Ref. AGS-MGIPP-014-2019

Guatemala, 16 de mayo de 2019.

Director:

Cesar Ernesto Urquizú Rodas  
Escuela de **Ingeniería Mecánica Industrial**  
Su despacho. -

Distinguido Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Jorge Armando Pérez Morán** carné número **200113080**, quien optó la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la **Maestría en Artes en Gestión Industrial**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

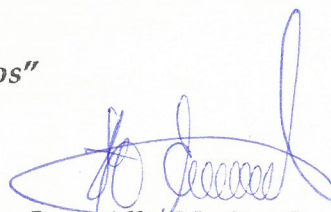
Sin otro particular, atentamente,

**Manela Ivonne Rivera Cárcamo**  
Ingeniera Industrial  
Colegiada 8895

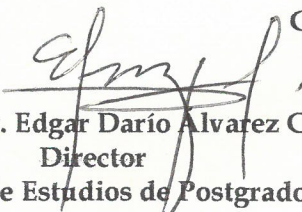


**Maestra. Inga. Mariela Ivonne Rivera C.**  
Asesor(a)

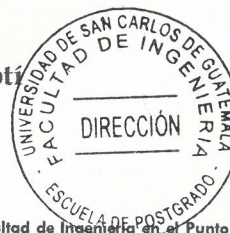
*"Id y Enseñad a Todos"*



**Doctora Inga. Alba Maritza Guerrero S.**  
Coordinadora de Área  
Gestión de Servicios



**Maestro Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí**  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería



Cc: archivo/LZ.L.A.

**RESOLUCIÓN DE JUNTA DIRECTIVA:** Proceso de Graduación aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.DIR.EMI.012.020

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación en la modalidad Estudios de Postgrado titulado **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA PARA LA REDUCCIÓN DE GARANTÍAS EN UNA EMPRESA COMERCIALIZADORA DE BATERÍAS PLOMO ÁCIDO DE USO AUTOMOTRIZ**, presentado por el estudiante universitario **Jorge Armando Pérez Morán**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

**Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas**  
**DIRECTOR**  
**Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial**



Guatemala, enero de 2020.

/mgp

Universidad de San Carlos  
De Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG.028.2020

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA PARA LA REDUCCIÓN DE GARANTÍAS EN UNA EMPRESA COMERCIALIZADORA DE BATERÍAS PLOMO ÁCIDO DE USO AUTOMOTRIZ**, presentado por el estudiante universitario: **Jorge Armando Pérez Morán**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada  
Decana



Guatemala, enero de 2020

AACE/asga

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por su guía, sabiduría y haberme permitido realizar una más de mis metas.
- Mis padres** Jorge Mario Pérez y Concepción Morán, por haberme traído al mundo, por haberme guiado a través de él, apoyarme incondicionalmente, mi eterno agradecimiento por su apoyo para hacer realidad este sueño.
- Mis hermanos** Williams Gerardo Pérez Morán y Mario Enrique Pérez Morán, por su apoyo y compañía durante mi vida.
- Mis abuelos** Teodoro Morán Flores (q. d. e. p.), Macaria Aldana García y Leonor López, por sus sabias enseñanzas y consejos durante toda mi vida.
- Familia y amigos** En especial a Sergio Alfaro Chávez, por su apoyo y amistad.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser la <i>alma mater</i> que me permitió nutrirme de conocimientos.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por proporcionarme los conocimientos que me han permitido realizar este trabajo de graduación.
<b>LCM</b>	Por haberme brindado la información necesaria para realizar este diseño de investigación.
<b>Mis amigos</b>	Por haberme acompañado durante la carrera.
<b>Mi asesor</b>	Msc. Inga. Mariela Rivera Cárcamo, por haberme guiado durante el trabajo de graduación.
<b>Familia y amigos en general</b>	

## INDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
3.1 Descripción del problema .....	11
3.2 Formulación del problema .....	12
3.3 Delimitación del problema .....	12
4. JUSTIFICACIÓN .....	15
5. OBJETIVOS.....	17
5.1 Objetivo general .....	17
5.2 Objetivos específicos .....	17
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN .....	19
7. MARCO TEÓRICO.....	21
7.1 Modelos de calidad .....	21

7.2	ISO 9000 .....	25
7.3	Metodología Seis Sigma.....	26
7.3.1	Seis Sigma y su base estadística .....	29
7.3.2	Selección de proyectos para Seis Sigma.....	29
7.3.3	Estructura de la metodología Seis Sigma .....	30
7.3.4	Ejemplo de aplicación de la metodología Seis Sigma .....	41
7.4	Baterías de plomo ácido.....	42
7.4.1	Componentes de una batería de plomo ácido .....	43
7.4.2	Almacenamiento de baterías .....	45
7.4.3	Recomendaciones y procedimientos en almacén ...	46
7.4.4	Procedimientos de mantenimiento para las baterías ácido plomo .....	47
7.4.5	Métodos de carga de baterías de ácido plomo .....	48
7.4.6	Algoritmo de carga .....	51
7.4.7	Causas que provocan que las baterías de plomo ácido fallen .....	51
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	53
9.	METODOLOGÍA.....	55
9.1	Tipo de estudio .....	55
9.2	Diseño de la investigación.....	55
9.3	Variables e indicadores .....	56
9.4	Población y muestra.....	56
9.5	Fases de metodología a aplicar .....	57
9.5.1	Fase 1. Definir el problema.....	58
9.5.2	Fase 2. Medir .....	59
9.5.3	Fase 3. Analizar .....	62

9.5.4	Fase 4. Mejorar.....	62
9.5.5	Fase 5. Controlar .....	63
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN .....	65
10.1	Análisis de la información.....	65
11.	CRONOGRAMA.....	67
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....	69
13.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	71



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Esquema de solución.....	20
2. Muestreo simple.....	37
3. Componentes de una batería.....	45
4. Cronograma.....	67

### TABLAS

I. Comparación del esquema estructural del EFQM y del Iberoamericano.....	23
II. Comparación de los principios de los modelos de calidad total.....	24
III. Planeación de actividades.....	32
IV. Mediciones de las diferentes actividades de la organización.....	33
V. Medida del nivel Seis Sigma.....	34
VI. Criterios para determinar el valor del nivel Seis Sigma.....	35
VII. Herramientas Seis Sigma.....	40
VIII. Tiempo de recarga con corriente constante.....	40
IX. Tiempo de recarga con voltaje constante.....	41
X. Miembros del equipo Seis Sigma.....	58
XI. Formato de inspección de baterías de plomo ácido.....	51
XII. Recursos humanos.....	69
XIII. Recursos materiales.....	70



## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
<b>A</b>	Amperio
<b>AH</b>	Amperios hora
<b>CA</b>	Cranking Amps (capacidad de arranque)
<b>\$</b>	Dólar estadounidense
<b>&amp;</b>	<i>Et al</i> (y otros)
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>NC</b>	Número de no conformidades
<b>%</b>	Porcentaje
<b>Q</b>	Quetzales
<b><math>\sigma</math></b>	Sigma
<b>V</b>	Voltio





## GLOSARIO

<b>AMEF</b>	Análisis del modo y efecto de fallas.
<b>Amperio</b>	Es la unidad de intensidad de corriente eléctrica.
<b>Batería de plomo ácido</b>	Tipo de batería húmeda que puede proporcionar 6V, 8V y 12V generalmente. Utilizada para el arranque de vehículos.
<b>CCA</b>	Cold Cranking Amps (capacidad de arranque en frío).
<b>CPC</b>	Problemas críticos para la calidad.
<b>DMADV</b>	Definir, medir, analizar, diseñar y verificar.
<b>DMAIC</b>	Acrónimo de los pasos de la metodología: definir, medir, analizar, mejorar y controlar. (En inglés: <i>define, measure, analyze, improve and control</i> ).
<b>DMAMC</b>	Definir, medir, analizar, mejorar y controlar.
<b>DPMO</b>	Defectos por millón de oportunidades.
<b>DPU</b>	Defectos por unidad.

<b>EFQM</b>	European Foundation Quality Management (Fundación Europea para la Gestión de la Calidad).
<b>Energía eléctrica</b>	Es la forma de energía resultante de una diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos puestos en contacto por un conductor eléctrico.
<b>Energía química</b>	Es el potencial de una sustancia para sufrir una transformación a través de una reacción química para transformar otras sustancias químicas.
<b>FIFO</b>	First In First Out (primero en entrar, primero en salir).
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization (Organización Internacional de Normalización).
<b>ISO 9000</b>	Conjunto de normas de calidad y gestión de calidad, establecidas por la Organización Internacional de Normalización (ISO).
<b>Seis Sigma</b>	Metodología de mejora de procesos basada en la reducción de la variabilidad de los mismos. Tiene como meta reducir los defectos a 3.4 defectos por millón de eventos u oportunidades.
<b>Sigma</b>	Es la desviación estándar de una población o muestra.
<b>SKU</b>	<i>Stock keeping unit</i> (número de referencia o artículo).

<b>TDF</b>	Total de defectos factibles
<b>TDU</b>	Defectos totales por unidad.
<b>TPM</b>	Mantenimiento productivo total.
<b>Voltio</b>	Es la unidad derivada del sistema internacional para el potencial eléctrico y la tensión eléctrica.



## RESUMEN

La metodología Seis Sigma se utiliza para reducir o eliminar defectos y fallas en los procesos y como resultado disminuir los costos de calidad. Esta metodología se aplica mediante el proceso DMAIC que se compone de cinco fases: definir, medir, analizar, implementar y controlar. El objetivo de la metodología es lograr 3.4 defectos o errores por cada millón de oportunidades.

Los beneficios de la aplicación de la metodología Seis Sigma son: participación de los empleados mediante el aporte de sus ideas y conocimientos para la mejora de los procesos, reducción de los costos de calidad y aumento de la satisfacción de los clientes.

El presente diseño de investigación tiene como objetivo generar el plan de trabajo para el desarrollo de propuestas de mejora en el proceso de comercialización de baterías de ácido plomo de uso automotriz y como resultado reducir los costos de garantías en una empresa comercializadora de baterías de ácido plomo de uso automotriz mediante la aplicación de la metodología Seis Sigma, por lo que se desarrollarán las cinco fases de la metodología DMAIC, las herramientas a utilizar y los resultados esperados al finalizar cada una de las fases. Para el desarrollo del diseño de investigación se ha desarrollado un marco teórico, metodología a utilizar y técnicas de análisis de información a utilizar. También se ha establecido un cronograma de actividades que permitirá realizar el seguimiento del cumplimiento de las actividades programadas durante el desarrollo de cada fase.



# 1. INTRODUCCIÓN

Las baterías de plomo ácido son utilizadas para producir y almacenar energía necesaria para hacer funcionar diversos sistemas eléctricos. El sistema eléctrico de un vehículo automotriz precisamente es alimentado por una batería de plomo ácido que produce 12 voltios y una cantidad de amperios que varía de acuerdo a la especificación utilizada. La batería de plomo ácido tiene una función vital en un vehículo automotriz, ya que por medio de esta se genera la energía necesaria para arrancar el motor y además funciona como un dispositivo de almacenamiento y regulación de energía mientras el motor está encendido, por esa razón debe funcionar en óptimas condiciones desde el momento en que se coloca, por lo que el proveedor de baterías debe asegurarse de brindar un producto listo para funcionar y que cumpla con las especificaciones mínimas en lo que respecta a voltaje y amperaje.

El presente trabajo se desarrollará en una empresa comercializadora de baterías de plomo ácido de uso automotriz. El objetivo principal es aplicar la metodología Seis Sigma para reducir los costos asociados a las garantías recibidas y proponer un sistema de gestión que asegure la calidad del producto que se comercializa. El sistema de gestión de calidad estará compuesto por procedimientos, formatos de registro y matriz de indicadores.

Con el sistema de gestión de calidad se busca asegurar que las baterías que salen del almacén estén al 100% de carga y en condiciones adecuadas para funcionar correctamente cuando se instalen en un vehículo automotriz.



La aplicación de la metodología Seis Sigma se realizará mediante cinco capítulos. En el capítulo 1 se desarrollará el marco teórico, en el cual se presentará la investigación bibliográfica sobre modelos de calidad, la metodología Seis Sigma y baterías de plomo ácido.

En el capítulo 2 se realizará el desarrollo de la investigación utilizando la metodología Seis Sigma mediante la aplicación de las cinco fases que la conforman: definir, medir, analizar, implementar o mejorar y controlar. En el capítulo 3 se presentarán los resultados obtenidos en el desarrollo de la aplicación de la metodología Seis Sigma. En el capítulo 4 se realizará la discusión de los resultados obtenidos mediante el diseño de investigación, y en el capítulo 5 se propondrá un sistema de gestión de calidad que tendrá como objetivo asegurar que las baterías que se comercializan estén en condiciones adecuadas de funcionamiento.

## 2. ANTECEDENTES

Las baterías de plomo ácido de uso automotriz se utilizan para alimentar el sistema eléctrico de los automóviles. En Guatemala el tiempo promedio de vida de una batería de plomo ácido es de 2 a 5 años para vehículos de uso particular y de 1 a 3 años para vehículos de uso comercial, dependiendo de la calidad y el cuidado que se les brinde. El tamaño de mercado sobrepasa la cantidad de 500,000 unidades al año. En la empresa Baterías y Más, S.A., el 10% de las ventas de baterías de plomo ácido regresa por reclamo de garantía presentando como resultado disminución en el margen de ganancia de este producto. Algunas de las causas que provocan que una batería falle son: capacidad de la baterías debajo de la cantidad mínima (12.50 Voltios), bornes húmedos que generan sarro obstruyendo el paso de la corriente, incorrecta aplicación en los vehículos e inadecuada instalación en el vehículo. Se hace necesario realizar un estudio de investigación que permita medir las causas relacionadas con la cantidad de garantías actuales y tomar las medidas para la reducción de las mismas.

Según Hansen (1987), los primeros datos disponibles sobre control de calidad se remontan al año 1924, cuando se realizaron los primeros gráficos estadísticos de control de calidad a un producto manufacturado.

Enrick, Lester & Mottley, Jr. (1989) mencionan que “el término control de calidad se refiere a un sistema por medio del cual se pretende que los productos fabricados sean conformes con los parámetros específicos que definen la calidad del producto o servicio” (p.3). Además indican que el contar

con un programa de control de calidad tiene como resultado reducción en los costos y aumento de la productividad.

Según la Asociación Mexicana de Trabajo en Equipo (2015), algunas técnicas básicas para el control de calidad son las siguientes: estratificación, diagrama de Pareto, hoja de verificación, histograma, diagrama de causa y efecto, gráficos de control y gráficos de dispersión.

Se consultó la tesis de Tovar (2014). En esta tesis se aplicó la metodología Six Sigma para reducir las devoluciones en comercialización de autopartes no originales. Se menciona que el problema surgió del incremento en las devoluciones de sus clientes por fallas y defectos de fabricación en los productos comercializados, así como el aumento de los costos por atención de reclamos de garantía y disminución del margen de los productos y utilidades de la empresa. Para solucionar este problema se utilizaron las técnicas y herramientas estadísticas que conforman cada fase de la metodología DMAIC. A continuación se detallan las herramientas utilizadas en cada fase de la metodología Six Sigma aplicada en esta tesis:

- Fase Definir. Diagrama de flujo para identificar las actividades que daban origen a las devoluciones. Análisis SIPOC, se realizó con el objetivo de definir los requerimientos del cliente y del proveedor. Carta de proyecto que se utilizó para definir el alcance, meta (disminuir las devoluciones en un 40%, alcanzar un nivel sigma de 4 y un ahorro de \$513,602.00), los participantes del proyecto, actividades y fechas de cumplimiento.
- Fase Medir. Matriz de selección para determinar las características de calidad. Se realizó un cuadro de frecuencias para evaluar el motivo de las devoluciones. Se elaboró un cuadro para evaluar el motivo de

devoluciones y su costo. Se hizo un cuadro de evaluación del estado en que se encuentran las piezas devueltas, ya que la empresa no contaba con datos de un período de tiempo, se procedió a elaborar un modelo de pronósticos (técnica aplicada: Suavización Multiplicativa de Winters) para estimar los datos por medio del software estadístico Minitab. Se procedió a medir la variación del proceso utilizando la prueba de Anderson Darling, por medio del software estadístico Minitab, para probar la normalidad de los datos y el resultado fue que los datos no mostraban normalidad, ya que P fue menor a 0.05, por lo que se probaron otros métodos y con el método Johnson se obtuvo el mejor valor P igual a 0.9859. Después se procedió a la construcción de gráficos de control concluyendo que el proceso se encontraba bajo control estadístico. Con los datos recolectados se estableció el nivel sigma del proceso, el cual dio como resultado 3.80.

- Fase Analizar. Se determinó las causas raíz por medio de diagrama causa-efecto (se encontraron 22 causas raíz), diagrama de afinidad (se obtuvieron 6 categorías) y diagrama de relaciones (se realizó a partir del diagrama de afinidad y como resultado se obtuvieron 3 principales causa raíz). Se validó las causas raíz por medio de una matriz de selección. La principal causa raíz encontrada fue: devoluciones de productos no solicitados por el cliente de la línea EAGLE.
- Fase Mejorar. Se utilizó la herramienta AMEF para generar ideas de mejora. Se procedió a realizar la evaluación y selección de las alternativas de solución y como resultado se obtuvo un sistema de gestión para garantías y devoluciones, bajo los principios de la norma ISO: 9000, la cual contiene procedimientos, formatos de registro y matriz de indicadores.

- Fase Control. Se creó un módulo garantías y devoluciones en el programa MRP utilizado por la empresa donde se realizó el proyecto. Se realizó una tabla de control que contiene una escala de medición propuesta dividida en tres grupos: severidad, ocurrencia y detección.
- Cierre del proyecto y resultados. Se redujo en un 35% la cantidad de piezas devueltas en el período de enero a marzo de 2013. La meta era de 40%. El nivel Sigma pasó de 3.80 a 3.96. La meta era alcanzar un nivel Sigma de 4. Se obtuvo una disminución de costos de calidad \$695,384.00, por lo que se concluyó que la metodología Seix Sigma se puede aplicar a empresas de servicios dedicadas a la comercialización de productos aunque las condiciones de operación sean distintas a una empresa de manufactura.

Se revisó la tesis de Benítez, Buendía, Mendoza, Morales & Romero (2010). En la misma se aplicó la metodología Seis Sigma para reducir reclamos de garantía en una empresa dedicada a la comercialización de instrumentos de medición de parámetros químicos. A continuación se mencionan las acciones y herramientas aplicadas en cada fase de la metodología:

Fase 1. Definir. Se procedió a la definición y descripción del proceso por medio de realizar una descripción de todas las actividades del proceso de comercialización, el proceso de reclamos de garantía y realizar un diagrama de flujo de cada proceso.

Fase 2. Medir. Se realizó la medición del proceso. Las variables medidas fueron: las ventas por zonas y subzonas y los costos por reclamo de garantías en un período de dos años (2008 y 2009). El nivel de Sigma del proceso (4.58).

Fase 3. Analizar. Se analizó el proceso. Se realizó un análisis de los reclamos de garantía recibidos en el período 2008-2009, obteniendo un resumen de fallas encontradas en los equipos presentados y a partir de ese resumen se construyó un diagrama de Pareto para establecer las fallas más frecuentes. Como siguiente paso se procedió a realizar un diagrama causa-efecto de las fallas más frecuentes, obteniendo como resultado: empaque no protegía al producto durante el transporte, deficiencias en el transporte, falta de conocimiento en el uso por parte del cliente final y el nivel de asesoramiento técnico del vendedor al consumidor final.

Fase 4. Mejorar. En esta fase se utilizó la herramienta de análisis de modo y efecto de fallas potenciales, obteniendo como resultado las acciones sugeridas a continuación: implementar un plan de mejora con el transportista, desarrollar un programa de atención a clientes, realizar reingeniería al embalaje, estandarización de la orden de compra, desarrollar un programa de capacitación y actualización de tecnología al personal interno y externo, programa de capacitación a vendedores y distribuidores, capacitación al cliente final, nueva política de garantía y encuestas de satisfacción al cliente.

Fase 5. Control. Se elaboró un plan de control para las acciones propuestas, el cual contiene fechas de inicio de acciones, responsables de las actividades, fechas límite, requerimientos para alcanzar el objetivo y porcentajes de avance.

Se revisó la tesis de Castillo & Navarro (2008), en la cual se indica que el trabajo se desarrolló con el objetivo de reducir el consumo de zinc aplicando la metodología Lean Six Sigma y sus respectivas fases de definición, medición, análisis y mejora. También se menciona que en la fase de definición se utilizó una matriz de enfrentamiento para encontrar el problema principal que era el alto consumo de zinc. En la fase de medición se utilizaron las herramientas de

mapa de flujo de valor, la prueba R&R, gráficos de control y el análisis de capacidad del proceso. En la fase analizar se utilizó la herramienta de análisis de varianza, durante esta fase se estableció las dos causas raíz más significativas del problema. Durante la fase de mejora se plantearon las mejoras al proceso utilizando herramientas de Lean Manufacturing (5 S's y TPM) y herramientas de Seis Sigma (diseño factorial). La aplicación de la metodología Lean Six Sigma implicó una inversión de \$43,166.00 y obtuvo un ahorro anual de \$80,454.00.

Las referencias consultadas en los antecedentes son de utilidad para conocer la importancia, herramientas y beneficios de la aplicación del control de calidad con el paso del tiempo. Los trabajos de tesis presentados como antecedentes sirven de guía en el desarrollo del presente diseño de investigación para la correcta aplicación de la metodología a utilizar.

Con respecto a las baterías de ácido plomo, Marroquín (2011) menciona que son dispositivos electroquímicos con capacidad de almacenar corriente continua en forma de energía química. Para comprender su funcionamiento debe analizarse desde tres puntos de vista. El primero es el químico, que abarca el análisis de la naturaleza y propiedades de los materiales utilizados en su fabricación y las reacciones que ocurren durante la carga y la descarga. El segundo es el aspecto físico, que analiza las entradas y salidas eléctricas, factores que afectan la capacidad y la teoría de la transformación de energía química en energía eléctrica y viceversa. El tercero analiza las especificaciones eléctricas de las baterías.

Para el desarrollo de la investigación se aplicará la recomendación de este autor en la toma de muestras midiendo factores químicos, físicos y especificaciones eléctricas. La *Guía para prueba de baterías* (s.f.) menciona los tipos de fallas en las baterías de ácido plomo:

Corrosión de la rejilla positiva, sedimento incrustado, corrosión del conductor superior, sulfatación de la placa, cortos duros (pedazos de pasta). La principal causa es la descarga de la batería. Por lo que las fallas de las baterías están directamente relacionadas con la cantidad de descargas que sufran. (p. 7)

Esta información será de utilidad en el desarrollo de la investigación durante la etapa de medición en el diseño y ejecución del plan de muestreo.





### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **3.1 Descripción del problema**

En el mercado de acumuladores de Guatemala se ofrece a los consumidores finales una cobertura de garantía por fallas de fábrica, un tiempo de 3 a 60 meses a partir de la fecha de venta. Los fabricantes de baterías ofrecen a los distribuidores en promedio un 2% de cobertura de garantías fijo con base en la cantidad comprada por factura, por lo que los distribuidores deben absorber las pérdidas generadas en caso de que las garantías sobrepasen el 2% de la cantidad comprada por factura.

Baterías y Más, S.A. es una empresa comercializadora de baterías de plomo ácido para uso automotriz, la cual tiene como reclamo de garantías el 10% con base en las ventas, lo cual representa un costo mensual de Q120,000.00. El proveedor de esta empresa únicamente reconoce el 2% de las ventas para cobertura de garantías, por lo que la empresa Baterías y Más está absorbiendo 8% de la pérdida generada por los reclamos de garantías, la cual representa un costo de Q96,000.00 al mes.

La empresa no cuenta con un sistema de gestión de calidad que asegure un nivel de calidad aceptable para el producto que se despacha de bodega hacia los puntos de venta.

### **3.2 Formulación del problema**

- ¿Cómo la aplicación de la metodología Seis Sigma puede reducir las garantías y sus costos relacionados en una empresa comercializadora de baterías de plomo ácido de uso automotriz?
- ¿Cuáles son las causas principales de las devoluciones por garantía en la empresa Baterías y Más?
- ¿Qué propuestas de mejora se pueden desarrollar para reducir las devoluciones por garantía y sus costos relacionados, en la empresa Baterías y Más, utilizando la metodología Seis Sigma?
- ¿Qué sistema de control se puede utilizar para medir los resultados de las mejoras propuestas para la reducción de las devoluciones de garantía y sus costos relacionados en la empresa Baterías y Más.

### **3.3 Delimitación del problema**

El diseño de investigación se realizará en un empresa dedicada a importar y comercializar baterías de plomo ácido de uso automotriz durante un lapso de 6 meses, tiempo durante el cual se aplicará la metodología Seis Sigma.

- Geográfica

El diseño del plan de control de calidad se desarrollará en la empresa Baterías y Más, ubicada en Villa Nueva, Guatemala.

- Temporal

El diseño del plan de control de calidad se desarrollará en un lapso de 6 meses, iniciando el 18 de marzo de 2019 y finalizando el 17 de septiembre de 2019.



## **4. JUSTIFICACIÓN**

El presente trabajo se desarrollará dentro de la línea de investigación: Sistema de Control de Calidad, específicamente en el punto: implementación de un modelo de calidad.

El beneficiario directo será la empresa Baterías y Más, S.A., ubicada en el Municipio de Villa Nueva del Departamento de Guatemala. Se dedica a la comercialización de baterías de plomo ácido y está recibiendo un 10% (Q120,000.00) de las ventas en devoluciones por reclamos de garantía. Se espera reducir ese porcentaje a un 2% (Q24,000.00).

La empresa Baterías y Más, S.A., no cuenta con un sistema de gestión de calidad para el proceso de comercialización de baterías de plomo ácido que asegure el nivel de calidad necesario para el producto que se entrega al consumidor final.

Las consecuencias de la falta de un sistema de gestión de calidad en la empresa Baterías y Más, S.A. son: alta probabilidad de vender baterías con bajo nivel de carga a los clientes, incremento de los costos por reclamo de garantías, disminución de ventas por baja retención de clientes por desconfianza en el producto y reducción de la utilidad.

Debido a esto se hace necesario aplicar la metodología Seis Sigma al proceso de comercialización de baterías de plomo ácido de uso automotriz, para reducir los costos de calidad y diseñar un sistema de gestión de calidad.

Se desarrollarán las cinco fases de la metodología Seis Sigma, con el objetivo de detectar las causas principales de las devoluciones por garantía, generar propuestas de mejora y diseñar un sistema de gestión de calidad. El tiempo estimado para el desarrollo del proyecto será de 6 meses.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo general**

Aplicar la metodología Seis Sigma en la empresa Baterías y Más, S.A., para la reducción de garantías de un costo actual de Q120,000.00 a Q24,000.00 mensuales.

### **5.2 Objetivos específicos**

- Establecer las causas principales de las devoluciones por garantía en la empresa Baterías y Más, por medio de análisis y estratificación de datos utilizando las herramientas: diagrama de Pareto, diagrama causa-efecto, diagrama de afinidad, diagrama de relaciones y matriz de selección.
- Desarrollar propuestas de mejora para la reducción de las devoluciones por garantía y sus costos relacionados por medio de la herramienta AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Fallas).
- Proponer un método de control para las mejoras propuestas.





## **6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN**

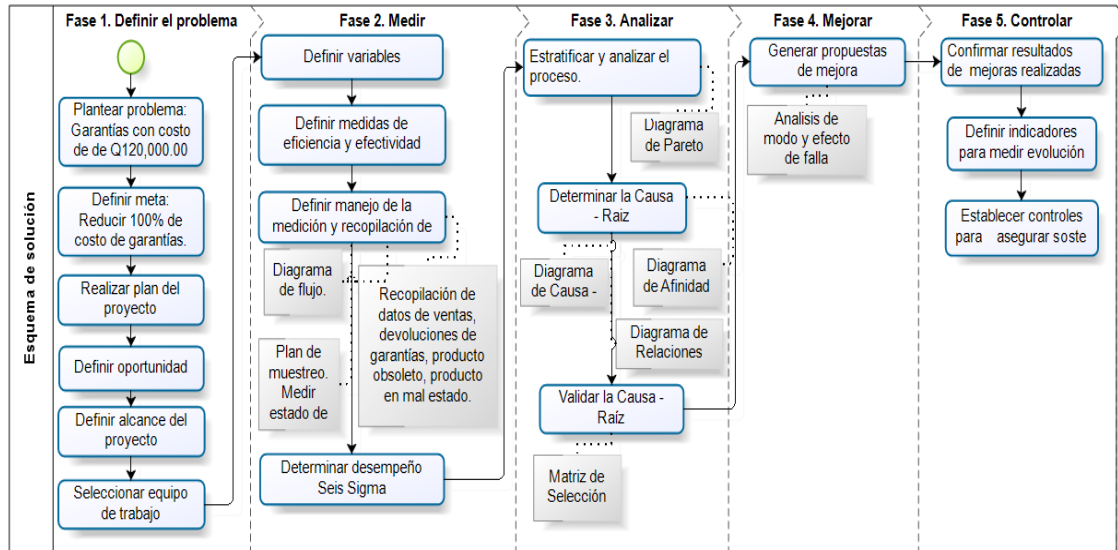
La aplicación de la metodología Seis Sigma espera cubrir las siguientes necesidades:

- Establecer las causas principales de las devoluciones por garantía en la empresa Baterías y Más.
- Reducir los costos por devoluciones por garantía de Q120,000.00 a Q24,000.00 al mes.
- Aumentar la satisfacción del cliente.

La metodología Seis Sigma a utilizar para solucionar las necesidades de la Empresa Baterías y Más se ha seleccionado debido a que provee herramientas estadísticas que ayudan a mejorar los procesos y obtener como resultado reducción de costos y aumento de la satisfacción del cliente. Además tiene una estructura clara en cuanto a la asignación de responsabilidades y actividades para el equipo que conforma el proyecto.

El esquema de solución se basará en la metodología Seis Sigma y se desarrollará a través de cinco fases detalladas en la figura 1:

Figura 1. Esquema de solución



Fuente: elaboración propia.

## **7. MARCO TEÓRICO**

### **7.1 Modelos de calidad**

Edelman (2001) indica que:

Un modelo de calidad o de excelencia es una metodología que permite a cualquier organización realizar una autoevaluación o autodiagnóstico, por medio de una revisión sistemática de sus estrategias y prácticas de gestión. Prácticamente, y para exponerlo del modo más sencillo, el modelo está compuesto por un conjunto de preguntas y criterios ordenados por áreas de gestión. Estas preguntas y criterios están diseñados de tal forma que en el ejercicio de discusión que se produce al intentar responderlas, se genera una evaluación crítica de todos los aspectos relevantes de la gestión actual de la organización. (p.1)

La Asociación Española para la Calidad (2015) menciona que los modelos de calidad se utilizan en las organizaciones como referencia para mejorar la gestión de las mismas y que a diferencia de una norma, que debe ser cumplida según los requisitos establecidos, sirven como directriz para la mejora. Además indica que existen modelos orientados a la calidad total, modelos que se orientan a la mejora, modelos propios de determinados sectores y modelos que las mismas empresas generan.

Existen cuatro modelos internacionales de gestión de calidad total:

#### **1. Modelo Gerencial Deming**

2. Modelo EFQM
3. Modelo Iberoamericano de Excelencia
4. Modelo Malcom Baldrige

De Nieves & Ros (2006), con respecto a los modelos de gestión de calidad total, mencionan que el Modelo EFQM se fundamenta en la premisa de que los resultados excelentes en el rendimiento, los clientes, personal y sociedad se logran por medio del liderazgo, el personal, la política, estrategia, las alianzas, los recursos y los procesos. El Modelo Iberoamericano de Excelencia tiene una premisa similar, ya que ese modelo indica que para obtener resultados excelentes se debe aplicar el liderazgo pero además debe haber un estilo de liderazgo y procesos adecuados. El Modelo Gerencial de Deming crea un sistema organizativo que fomenta la cooperación interna y externa, el aprendizaje para implementar prácticas de gestión de procesos y esto da como resultado una mejora continua en los procesos, productos y servicios. El método Malcom Baldrige se basa en un sistema de liderazgo, planificación estratégica y enfoque en el cliente y mercado.

En la tabla I se puede observar los criterios del modelo EFQM y del Iberoamericano. La estructura de ambos modelos es básicamente la misma y únicamente presentan diferencias en el primer y quinto criterio.

Tabla I. **Comparación del esquema estructural del EFQM y del Iberoamericano**

<b>Agentes Facilitadores</b>		<b>Resultados</b>	
Modelo EFQM	Modelo Iberoamericano	Modelo EFQM	Modelo Iberoamericano
1. Liderazgo	1. Liderazgo y estilo de dirección	6. Resultados en los clientes	6. Resultados en los clientes
2. Personas	2. Desarrollo de las personas	7. Resultados en las personas	7. Resultados en las personas
3. Política y Estrategia	3. Política y Estrategia	8. Resultados en la sociedad	8. Resultados en la sociedad
4. Alianza y Recursos	4. Asociados y Recursos	9. Resultados clave	9. Resultados globales
5. Procesos	5. Clientes		

Fuente: De Nieves, N.; Ros, L. (2006). *Comparación entre los modelos de calidad total*.

Tabla II. **Comparación de los principios de los modelos de calidad total**

Modelo EFQM	Modelo Deming	Modelo Iberoamericano	Modelo Malcolm Baldrige
1. Orientación en los resultados.	1. Crear y difundir visión, propósito, misión.	1. Orientación en los resultados.	1. Enfoque en los resultados y en la creación de valor..
2. Orientación hacia el cliente	2. Aprender y adoptar la nueva filosofía.	2. Orientación hacia el cliente	2. Excelencia enfocada hacia el cliente
3. Liderazgo y coherencia con los objetivos	3. No depender más de la inspección masiva.	3. Liderazgo y coherencia con los objetivos	3. Visión de Liderazgo.
4. Dirección por procesos y hechos.	4. Eliminar la práctica de otorgar contratos de compra basándose exclusivamente en el precio.	4. Dirección por procesos y hechos.	4. Dirección por hechos.
5. Desarrollo e implicación del personal.	5. Mejorar de forma continua y para siempre el sistema de producción y de servicios.	5. Desarrollo e implicación del personal.	5. Valoración de los empleados y de los socios.
6. Aprendizaje, Innovación y Mejora continua.	6. Instituir la capacitación en el trabajo.	6. Aprendizaje, Innovación y Mejora continua.	6. Aprendizaje organizacional y personal y Mejora continua.
7. Desarrollo de alianzas y asociaciones	7. Enseñar e instituir el liderazgo.	7. Desarrollo de alianzas y asociaciones	7. Desarrollo de las asociaciones.
8. Responsabilidad Social.	8. Desterrar el temor, generar el clima para la innovación.	8. Responsabilidad Social.	8. Responsabilidad Social y Buen hacer ciudadano.
	9. Derribar las barreras que hay entre las áreas departamentales.		9. Agilidad y Respuestas rápidas
	10. Eliminar los esloganes, las exhortaciones y las metas numéricas para la fuerza laboral.		10. Enfoque en el futuro
	11. Eliminar estándares de producción y las cuotas numéricas, sustituir por mejora continua.		11. Perspectiva en sistemas.
	12. Derribar las barreras que impiden el orgullo de hacer bien un trabajo.		
	13. Instituir un programa vigoroso de educación y reentrenamiento.		
	14. Empezar acciones para alcanzar la transformación.		

Fuente: De Nieves, N.; Ros, L. (2006). *Comparación entre los modelos de calidad total*

En la tabla II se presentan los principios en los cuales se fundamenta cada modelo de calidad, con el fin de visualizar las similitudes y diferencias entre cada modelo.

En la sección 6.1 se presentaron diferentes modelos de calidad, sus principios y similitudes (se detallan en la tabla I y II), con el objetivo de brindar una guía para la aplicación de un modelo de calidad en el desarrollo del diseño de investigación. Esta información será de utilidad específicamente durante la etapa de definición para el establecimiento de metas y objetivos.

## **7.2 ISO 9000**

Evans & Lindsay (2008) indican que:

ISO 9000 define las normas de los sistemas de calidad con base en la premisa de que ciertas características genéricas de las prácticas administrativas se pueden estandarizar, y que un sistema de calidad bien diseñado, bien ejecutado y administrado de manera cuidadosa ofrece la confianza de que los resultados cubrirán las necesidades y expectativas de los clientes.

ISO 9000 proporciona una serie de prácticas excelentes para iniciar un sistema de calidad, y es un punto de partida excelente para las empresas que no tienen un programa formal de aseguramiento de la calidad. (págs. 129 y 137).

Evans & Lindsay (2008) indican los principios sobre los que se basa la administración de la calidad ISO 9000:2000:



- Principio 1: enfoque hacia el cliente
- Principio 2: liderazgo
- Principio 3: participación de la gente
- Principio 4: enfoque hacia el proceso
- Principio 5: enfoque de sistemas para la administración
- Principio 6: mejora continua
- Principio 7: enfoque hacia la toma de decisiones con base en hechos
- Principio 8: relaciones con los proveedores para beneficio mutuo

Evans & Lindsay (2008) indican que muchos de los elementos de ISO 9000:2000 son considerados en la aplicación Seis Sigma, entre los cuales se puede mencionar el sistema de administración de calidad, la administración de recursos, la realización del producto, medición, análisis y mejora de las normas.

La sección 6.2 muestra los principios de la metodología de calidad ISO: 9000, tienen varias similitudes con la metodología Seis Sigma, estos principios serán de utilidad para el desarrollo de este trabajo específicamente durante la etapa 1, definir, para el establecimiento de metas, objetivos y plan de actividades.

### **7.3 Metodología Seis Sigma**

“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.” (Herrera & Fontalvo, 2011, p.4).

Evans & Lindsay (2008) afirman:

Six Sigma se puede describir como un enfoque de mejora del negocio que busca encontrar y eliminar las causas de los defectos y errores en los procesos de manufactura y servicios, concentrándose en los resultados que son decisivos para los clientes y una clara recuperación financiera para la organización. (p.134).

Según Miranda (2006), la metodología Seis Sigma ayuda a conseguir algunos de los beneficios de la administración basada en la calidad mediante cinco pasos:

1. Identificar los procesos críticos en función de lo que esperan los clientes para definir oportunidades.
2. Medir el sistema.
3. Definir prioridades y analizar oportunidades.
4. Mejorar el sistema.
5. Extender e integrar procesos para controlar el sistema.

Según Magnusson, Kroslid, Bergman & Barba (2006), el marco conceptual del modelo de mejora Seis Sigma incluye cuatro elementos:

1. Compromiso de la alta dirección.
2. Participación de los grupos de interés (clientes, empleados, propietarios y proveedores).
3. Esquema o plan de formación.
4. Sistema de medida.

Los proyectos de mejora son la base de la metodología Seis Sigma.

Para las mejoras de los procesos los proyectos de mejora siguen siendo la forma de mejora formalizada, que se denomina en español DMAMC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar), apoyada por una selección de herramientas de mejoras y de modelos mentales. Lo mismo se aplica a la mejora de diseños, pero en estos casos se aplica la metodología DMADV (definir, medir, analizar, diseñar y verificar). Para la gestión de proyectos y el desarrollo de nuevos productos / tecnologías no se usa ninguna metodología formalizada. Lo que se pretende es mejorar el modo como se llevan a cabo los proyectos y el desarrollo de nuevos productos / tecnologías. (Magnusson, et. al., 2006, p. 40).

Seis Sigma utiliza una medida comúnmente conocida como TDU (defectos totales por unidad) la suma de todas las partes defectuosas por millón de unidades son todos los pasos claves del proceso. Al reducir el total de defectos por unidad a un nivel estadístico insignificante, una compañía puede fabricar productos que satisfagan las necesidades del cliente con más fiabilidad. El resultado no es solo satisfacer a los clientes sino también reducir los costes en general. (Lowenthal, 2002, p.38).

Evans & Lindsay (2008) indican que el término *six sigma* toma como base una medida estadística igual a 3.4 o menos errores o defectos por cada millón de oportunidades.

Evans & Lindsay (2008) mencionan que el enfoque de la aplicación de la metodología Seis Sigma es reducir los niveles de defectos o errores a unas cuantas partes por millón para productos y procesos clave de una empresa, para lo cual se utilizan métodos estadísticos y herramientas de calidad para diagnosticar los problemas de calidad e implementar mejoras.

### **7.3.1 Seis Sigma y su base estadística**

En la terminología Seis Sigma:

$\sigma$  = desviación estándar. Medida de la variación de datos

$6\sigma$  = 3.4 defectos por millón. Equivale a cero defectos

DPU = defectos por unidad

DPU = número de defectos / número de unidades producidas

Dpmo = defectos por millón de oportunidades

Dpmo = (número de defectos / oportunidad de error) X 1000000

“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. Por tanto, si la media del proceso se puede controlar en 1.5 desviaciones estándar de la meta, se puede operar en un máximo de 3.4 defectos por millón” (Evans & Lindsay, 2008, págs. 502 y 504).

### **7.3.2 Selección de proyectos para Seis Sigma**

Evans & Lindsay (2008) afirman que una forma de clasificar los problemas de calidad y que da una guía en la elección de proyectos Seis Sigma consiste en hacerlo por tipo de problema. La clasificación es la siguiente:

- Los problemas de conformidad. Se presenta un desempeño insatisfactorio en un sistema.
- Los problemas de desempeño no estructurado. Se caracterizan por desempeño insatisfactorio en un sistema mal especificado.

- Los problemas de eficiencia. Como resultado del desempeño insatisfactorio desde el punto de vista de grupos de interés que no son clientes.
- Los problemas de diseño de productos. Surgen cuando se diseñan productos que satisfagan mejor las necesidades de los usuarios.
- Los problemas de diseño de procesos. En el diseño de nuevos procesos o revisión y rediseño de los procesos existentes.

### **7.3.3 Estructura de la metodología Seis Sigma**

La estructura de la metodología Seis Sigma se basa en la metodología DMAIC, que se compone de cinco pasos o fases: definir, medir, analizar, mejorar (*improve*) y controlar.

- Fase 1. Definir. Consiste en definir el problema de calidad que se necesita resolver. “A través de un diagnóstico preliminar, la organización debe conocer e identificar las áreas susceptibles de mejora, definir las metas, objetivos y alcance del proyecto” (Herrera & Fontalvo, 2011, p.9).

Herrera & Fontalvo (2011) indica los pasos a efectuar durante la etapa definir:

1. Definir metas, objetivos y alcance del proyecto.
2. Identificar y evaluar la percepción de los clientes activos y potenciales.
3. A partir de los proyectos seleccionados durante la fase de identificación de problemas se debe estimar los ahorros y alcance de tiempo que cada uno genera.
4. Efectuar la caracterización de los procesos, el objetivo es comprender cada una de las actividades que los conforman.

5. Seleccionar al líder y equipo del proyecto. El líder debe ser una persona que tenga conocimiento de la organización y posea experiencia en el área donde se ejecutará el proyecto. Además debe conocer y comprender la filosofía Seis Sigma y las herramientas que debe utilizar en la metodología DMAIC.

En la tabla III se muestra un cuadro ejemplo de las actividades a tomar en cuenta durante la planeación del proyecto que es parte de la fase de definición. Será utilizada en la fase 1, definir.

Tabla III. **Planeación de actividades**

Planeación del Proyecto			
Importancia del problema en la organización:			
Efecto Interno	Tipo de relación		Efecto Externo
	Alta	Baja	
Metas y Objetivos			Responsable en la organización
			Nivel 1
			Nivel 2
			Nivel 3
Fecha de aprobación del proyecto			
Planteamiento del Problema			
Etapas del seis sigma	Fechas establecidas para cada de las etapas	Funcionario Responsable de la actividad	
Definir			
Medir			
Analizar			
Mejorar			
Controlar			

Fuente: Herrera, R. & Fontalvo, T. (2011). *Seis Sigma. Métodos estadísticos y sus aplicaciones.*

- Fase 2. Medir. “Esta etapa del proceso DMAIC se concentra en cómo medir los procesos internos que tienen impacto en los CPC. Es necesario entender las relaciones causales entre el desempeño de los procesos y el valor para el cliente” (Evans & Lindsay, 2008, pág.504).

“Es importante destacar que las mediciones cobran su importancia cuando las decisiones se basan en hechos objetivos. Por lo tanto, en esta instancia resulta fundamental el conocimiento que la organización tenga acerca de la aplicación de los métodos estadísticos” (Herrera & Fontalvo, 2011, p.9).

Según Herrera & Fontalvo (2011) se deben realizar las siguientes mediciones: medida de la organización, medida del nivel Seis Sigma y evaluación de la medida del desempeño.

- Medida de la organización. Debido a que la metodología Seis Sigma posee un enfoque basado en procesos se debe tomar información del área de entrada al proceso, el área donde se integran las actividades del proceso, el área de salida del proceso y el área de satisfacción al cliente.

En la tabla IV se muestran las mediciones que se deben tomar en las áreas que conforman el proceso de la organización. En este trabajo se aplicará medición del proceso.

Tabla IV. **Mediciones de las diferentes actividades de la organización**

<b>Mediciones a la materia prima e insumos</b>	<b>Mediciones del proceso</b>	<b>Mediciones a los productos terminados</b>	<b>Mediciones y seguimiento de la satisfacción del cliente</b>
Eficacia de los proveedores	Eficiencia de la organización	Eficacia de la organización	Eficacia y eficiencia de la organización
Mediciones que se le exige a los proveedores	Mediciones a las variables críticas del proceso	Mediciones de las no conformidades presentes en el producto	Mediciones del grado de satisfacción del cliente

Fuente: Herrera, R. & Fontalvo, T. (2011). *Seis Sigma. Métodos estadísticos y sus aplicaciones*



- Medida del nivel Seis Sigma. Herrera & Fontalvo (2011) mencionan que se debe definir la medida del nivel Seis Sigma en la organización, ya que por medio de esta se muestra la variabilidad del proceso con respecto a las especificaciones establecidas por la organización o los requerimientos de los clientes. Para obtener esta medida se puede tomar como base el siguiente cuadro, el cual muchos autores toman como base de medida del desempeño de la organización.

En la tabla V se muestran los niveles de Sigma, según los defectos por millón de oportunidades (DPMO) y el rendimiento del proceso.

Tabla V. **Medida del nivel Seis Sigma**

Rendimiento	Nivel del Sigma	DPMO
6.680	0.00	933200
8.455	0.13	915450
10.56	0.25	894400
13.03	0.38	869700
15.87	0.50	841345
19.08	0.63	809200
22.66	0.75	773400
26.59	0.88	734050
30.85	1.00	691462
34.50	1.10	655422
38.20	1.20	617911
42.10	1.30	579260
46.00	1.40	539828
50.00	1.50	500000
69.10	2.00	308538
84.10	2.50	158655
93.30	3.00	66807
94.79	3.13	52100
95.99	3.25	40100
99.40	4.00	6210
99.98	5.00	233
99.99966	6.00	3.4

Fuente: Herrera, R. & Fontalvo, T. (2011). *Seis Sigma. Métodos estadísticos y sus aplicaciones*

La tabla VI muestra los criterios que se utilizan para determinar el nivel de Seis Sigma. TDF es el total de defectos factibles y NC es el número de no conformidades o fallas presentes.

Tabla VI. **Criterios para determinar del valor del nivel Seis Sigma**

Criterios del Nivel Seis Sigma	
Nombres de las no conformidades	
Factores Críticos de Calidad FCC	
Muestra de artículos Producidos MAP	
TDF	
Número de no conformidades en el proceso	
NC	

Fuente: Herrera, R. & Fontalvo, T. (2011). *Seis Sigma. Métodos estadísticos y sus aplicaciones*

- Evaluación de la medida del desempeño. Herrera & Fontalvo (2011) mencionan que un indicador del desempeño de la organización es obtener el número de defectos por millón de oportunidades (DPMO), el cual se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$DPMO = \frac{NC}{TDF} \times 1.000.000 = \frac{NC}{FCC \times MAP} \times 1.000.000 :$$

DPMO: defectos por millón de oportunidades

FCC: factores críticos de la calidad de la organización

MAP: muestra de artículos producidos

TDF: total de defectos factibles

NC: número de no conformidades o fallas presentes en el proceso

Para aplicar la estadística de manera apropiada, se necesita un entendimiento básico de las distribuciones de probabilidad y muestreo.

Una distribución de probabilidad representa un modelo teórico de la frecuencia relativa de una variable aleatoria. La relación entre las distribuciones de probabilidad con las variables aleatorias que representan permite una clasificación de las distribuciones, ya sea como discretas o continuas.

El muestreo constituye la base para las aplicaciones de estadística. (Evans & Lindsay, 2008, págs. 550 y 551).

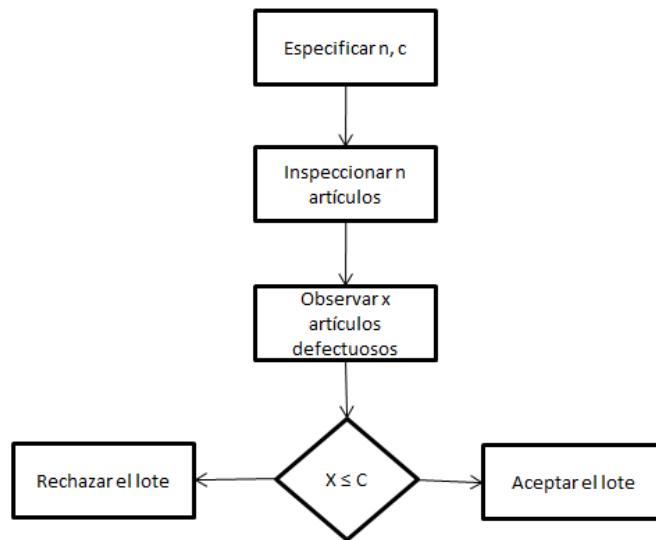
Evans & Lindsay (2008) mencionan los siguientes factores para realizar el muestreo:

- Objetivo del estudio
- El tipo de muestra
- Posible error que puede resultar del muestreo
- Costo del estudio

Evans & Lindsay (2008) indican los tipos de muestreo más comunes:

- Muestreo aleatorio simple: cada elemento de la población tiene la misma probabilidad de ser seleccionado. En la figura 2 se muestran las actividades para ejecutar un muestreo simple.

Figura 2. **Muestreo simple**



Fuente: Gestión de Calidad Total. (s.f.). *Muestreo simple*. Recuperado de:  
[http://www.gestiondecalidadtotal.com/muestreo\\_simple.html](http://www.gestiondecalidadtotal.com/muestreo_simple.html)

- Muestreo estratificado: la población se divide en grupos y se selecciona una muestra de cada grupo.
- Muestreo sistemático: cuando se selecciona enésimo elemento.

El tamaño de la población se divide entre el tamaño de la muestra requerido obteniendo un valor de  $n$ . El primer elemento se selecciona en forma aleatoria entre los primeros  $n$  elementos; de ahí en adelante, se selecciona cada enésimo elemento. (Evans & Lindsay, 2008, p.554).

- Muestreo por grupos: cuando se selecciona un grupo típico y se toma una muestra aleatoria del mismo.

- Muestreo por juicio: se toma la opinión de expertos para determinar la ubicación y características de un grupo a ser muestreado que es posible definir.

Después de elegir el tipo de muestreo apropiado se debe definir el objetivo de la muestra.

- Fase 3. Analizar: “La etapa de análisis del proceso DMAIC se concentra en por qué ocurren los defectos, errores o la variación excesiva” (Evans & Lindsay, 2008, p.512).

“Es la etapa más importante de la filosofía Seis Sigma, ya que se deben aplicar todas las herramientas estadísticas que se ajusten a la información suministrada por el proceso” (Herrera & Fontalvo, 2011, p.35).

Herrera & Fontalvo (2011) mencionan los métodos de análisis utilizados en esta fase:

- Diagrama de Pareto
  - Diagrama de causa-efecto
  - Diagrama de dispersión
  - El modelo lineal y su coeficiente de correlación y determinación
  - Control estadístico de procesos
- Fase 4. Mejorar. “Una vez que se entiende de raíz la causa de un problema, el analista o el equipo necesitan generar ideas para eliminarlo o resolverlo y mejorar los indicadores del desempeño y del CPC” (Evans & Lindsay, 2008, p. 513).

Herramientas para generar ideas:

- Lluvia de Ideas. Evans & Lindsay (2008) mencionan que es un procedimiento grupal para generar ideas propuesto por Alex Osborn y el propósito es producir una lista de verificación de ideas para solucionar un problema específico.

Evans & Lindsay (2008) indican que Osborn propuso alrededor de 75 preguntas fundamentales con base en los siguientes principios: ¿se podría dar otros usos? ¿Se podría adaptar? ¿Se podría modificar? ¿Se podría ampliar? ¿Se podría minimizar? ¿Se podría sustituir? ¿Se podría reordenar? ¿Se podría revertir? ¿Se podría combinar? Al utilizar estas preguntas se pueden generar ideas.

Otras herramientas que se pueden utilizar en la fase Mejorar son: diseño de experimentos, prueba de errores, producción esbelta, ciclo Deming, siete herramientas de la administración y la planeación, *benchmark*, ideas de otros proyectos, mapeo mental y descubrimientos durante el análisis.

- Fase 5. Controlar. “Esta etapa permite verificar la efectividad y la eficacia de los diversos cambios que sufre el proceso a través de las diversas etapas de mejora” (Herrera & Fontalvo, 2011, p.35).

Entre los métodos o procedimientos aplicados para realizar el control a un proceso se encuentran herramientas tales como los gráficos de control univariado por variables y capacidad del proceso; las anteriores herramientas son aplicadas cuando las variables son cuantitativas, gráficas univariadas por atributos cuando las variables son cualitativas. (Herrera & Fontalvo, 2011, p.48).

Evans & Lindsay (2008) mencionan que en la etapa de control se incluyen el establecimiento de nuevos procedimientos, la capacitación del personal y el establecimiento de controles, con el objetivo de asegurar que las mejoras realizadas permanezcan con el paso del tiempo. También indican que entre los tipos de controles a utilizar están los siguientes:

- Listados de verificación.
- Revisiones periódicas de los procedimientos.
- Revisiones periódicas de los diagramas de control de los procesos estadísticos para verificar el desempeño de los indicadores clave.

En la tabla VII se muestran las fases de la metodología Seis Sigma y las herramientas más comunes que se utilizan en cada fase:

Tabla VII. **Herramientas Seis Sigma**

<b>HERRAMIENTAS SIX SIGMA MÁS COMUNES PARA DMAIC</b>	
<b>DEFINIR:</b> Carta del proyecto Costo del análisis de calidad Análisis de Pareto Proceso de mapeo de alto nivel	<b>MEDIR:</b> Hojas de chequeo Estadística descriptiva Medición y sistema de evaluación Análisis de la capacidad del proceso Benchmarking
<b>ANALIZAR:</b> Mapeo detallado del proceso Inferencia estadística Diagramas causa-efecto Modo de falla y análisis de los efectos Análisis de la raíz de la causa	<b>MEJORAR:</b> Diseño de experimentos Prueba de errores Producción esbelta Ciclo Deming Siete herramientas de la administración y la planeación
<b>CONTROL:</b> Control estadístico de procesos Procedimientos de operación estándar	

Fuente: Evans, J.; Lindsay, W. (2008). *Administración y control de la calidad*.

### 7.3.4 Ejemplo de aplicación de la metodología Seis Sigma

Evans & Lindsay (2008) muestran el siguiente ejemplo de cómo la empresa American Express aplicó la metodología Seis Sigma:

El siguiente ejemplo muestra la forma en que DMAIC se utilizó en American Express para aumentar el número de clientes que reciben una renovación de tarjeta. (En este ejemplo, los datos se cambiaron para proteger la confidencialidad.)

- Definir y medir: en 1999, American Express recibió en promedio 1 000 tarjetas renovadas devueltas cada mes. De estas renovaciones, 65 por ciento se debían al hecho de que los tarjetahabientes cambiaron de dirección y no avisaron a la empresa. La oficina de correos de Estados Unidos considera que estas direcciones se pueden remitir. En la actualidad, Amex no avisa a los tarjetahabientes cuando recibe una tarjeta de plástico devuelta.
- Analizar: el análisis de los datos observó diferencias significativas en las causas de las tarjetas devueltas entre los tipos de productos. Óptima, la tarjeta revolvente, tuvo la incidencia de defectos más alta, pero no fue muy diferente a otros tipos de tarjetas en cuanto al porcentaje de defectos. Las renovaciones tuvieron, por mucho, la tasa de defectos más elevada entre las áreas de reemplazo, renovación y cuentas nuevas.

Después de las pruebas adicionales, las devoluciones con direcciones para remisión representaron el porcentaje y la cantidad de devoluciones más altos, por amplio margen.



- **Mejorar:** se realizó un estudio piloto experimental sobre todas las renovaciones comparando los registros con la base de datos del National Change of Address. Como resultado de ello, se pudo reducir la tasa dpmo 44.5 por ciento, de 13 500 a 6 036 defectos por un millón de oportunidades. Esta acción permitió que más de 1 200 tarjetahabientes que no habían recibido sus tarjetas de manera automática las recibieran, con lo que aumentaron los ingresos y la satisfacción del cliente.
- **Control:** Amex empezó a llevar un registro de la proporción de devoluciones con el tiempo, como medio de supervisar el nuevo proceso para tener la seguridad de que estaba bajo control. (p. 514)

La sección 6.3 presenta los principios de la metodología Seis Sigma, herramientas, estructura, las fases que la componen y los resultados esperados durante cada una, por lo que esta sección aporta los puntos centrales en que se basa el desarrollo del diseño de investigación.

#### **7.4 Baterías de plomo ácido**

Bosh (2000) menciona que:

La batería desempeña, en el sistema eléctrico, la función de un acumulador químico de energía eléctrica (producida por el alternador durante la marcha) necesaria para poder poner en marcha el motor del vehículo. Este es el motivo por el que recibe también la denominación de batería de arranque y por el que la batería y el alternador deben estar coordinados. (p.14)

Para que la batería pueda brindar la energía suficiente para cumplir con las funciones para las cuales se utiliza es necesario que se encuentre con sus niveles mínimos de voltaje y amperaje según especificaciones con las cuales fue fabricada. Con respecto al tiempo de vida de las baterías de ácido plomo, la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA, s.f) indica que:

La vida útil de una batería en servicio corresponde al período de tiempo o al número de ciclos de carga/descarga que la batería puede soportar hasta que su capacidad sea insuficiente para cubrir las necesidades para las que fue diseñada. Se considera que una batería llega al fin de su vida útil cuando no puede entregar el 80% de su capacidad nominal. La vida de una batería varía considerablemente en función de factores tales como la composición de las placas, modo de empleo de las mismas, profundidad de las descargas, y mantenimiento. Una batería de automóvil puede durar hasta seis años, no obstante, en la práctica sólo el 30% del total llega a ese límite; el 70% restante debe ser reemplazado luego de 6 a 48 meses de uso. (p.27)

Enerjet (2016) menciona que las baterías de carros sufren un proceso de descarga natural cuando están almacenadas. Cuando las baterías se encuentran por debajo del 100% de carga se presenta un proceso llamado sulfatación, el cual consiste en la formación de cristales de sulfato sobre las superficies de las placas positivas y negativas de las baterías de ácido plomo.

#### **7.4.1 Componentes de una batería de plomo ácido**

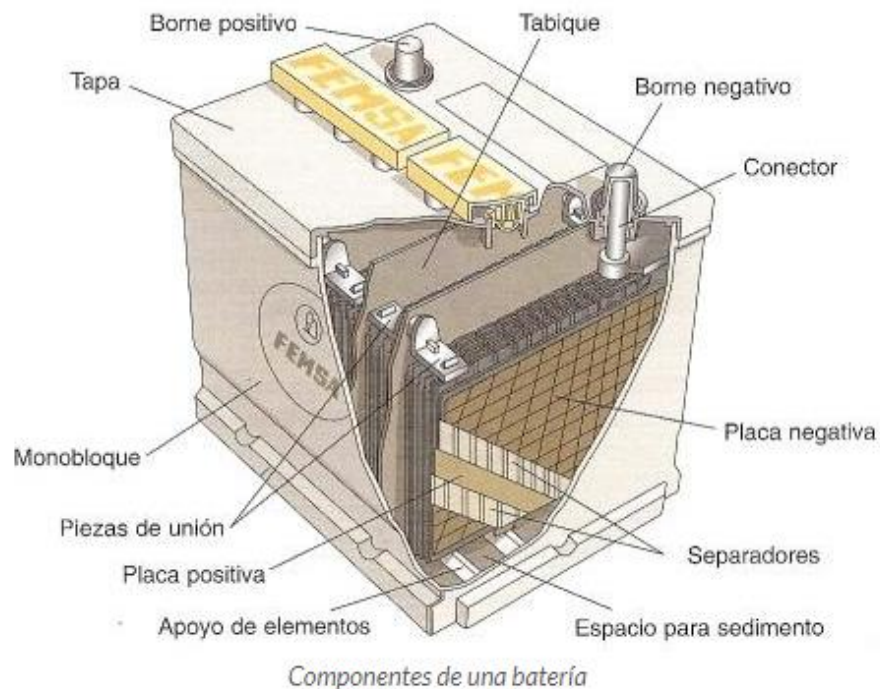
Marroquín (2011) indica los componentes de una batería de plomo ácido:

- Rejillas: soporte de los materiales activos, está fabricada de plomo y otros metales. Su función es conducir la corriente.

- Placas: conjunto de rejillas que están impregnadas de material activo. El material activo es una pasta compuesta de óxido de plomo y otros elementos químicos. La batería está compuesta por dos tipos de placas, negativas y positivas, cuya diferencia está en los compuestos químicos que acompañan al óxido de plomo, las placas negativas están impregnadas de plomo esponjoso y las placas positivas de dióxido de plomo.
- Separadores: son elementos delgados fabricados de distintos materiales (PVC, plásticos microporosos, películas de celulosa, telas de Dynel o Vynion, fibra de vidrio y materiales vítreos porosos), los separadores se colocan entre las placas positivas y negativas, su función es evitar el contacto metálico entre las placas.
- Electrolito: es una solución de ácido sulfúrico y agua desmineralizada. Su función es conducir la energía entre los componentes internos de la batería.
- Accesorios complementarios: caja de polipropileno y terminales de plomo.

En la figura 3 se muestran los componentes de la batería de plomo ácido:

Figura 3. **Componentes de una batería**



Fuente: AUTOYTECNICA.COM. (2018). *Componentes de una batería*. Recuperado de: <https://autoytecnica.com/la-bateria-del-auto-funcionamiento-componentes/>

#### 7.4.2 Almacenamiento de baterías

Sobre los controles en la recepción de producto, Bosch (2014) indica el procedimiento de inspección recomendado en la recepción de producto nuevo:

- Antes de descargar el camión, asegurarse de que los datos de la factura corresponden a las mercancías en el camión y a los datos del pedido solicitado.

- Verificar el tipo de batería y las cantidades.
- Revisar si se encuentran baterías dañadas, baterías que no fueron transportadas en forma horizontal y baterías que tengan escape de electrolito, estas deben ser rechazadas y enviadas al suministrador.
- Verificar la edad de la batería contando a partir de la fecha de fabricación.
- Medir el voltaje de circuito abierto.
- Realizar inspección visual de la caja, tapas, terminales, indicador de carga, colores y etiquetas.

### **7.4.3 Recomendaciones y procedimientos en almacén**

Con respecto al almacenamiento, CONAMA (s.f.) indica que:

Se debe de contar con un lugar ventilado, libre de polvo. Además la ubicación de las baterías debe estar libre de fuentes de calor, tales como estufas y hornos, esto debido a que las altas temperaturas provocan que se disminuya el tiempo de vida de las baterías.

Además se debe de revisar periódicamente el estado de carga de las baterías, ya que los niveles bajos provocan sulfatación y se puede disminuir la capacidad de retención de carga. (p.27).

Se recomienda utilizar el método FIFO en el caso de almacenamiento de baterías de ácido plomo. GS Yuasa Battery Europe Ltd. (2014) indica el procedimiento a seguir en el almacenamiento de baterías:

- Rotar continuamente las existencias. Utilizar el método FIFO (primero en entrar, primero en salir). La correcta rotación evita que las baterías se descarguen durante el almacenamiento y garantiza que el cliente adquiera una batería en buenas condiciones. Las baterías Yuasa

tienen una etiqueta en la parte trasera que muestra el período en que la batería debería ser recargada, esto es de utilidad para identificar las baterías más antiguas y más nuevas, por lo que se debe garantizar que las baterías más antiguas son las primeras que salen del almacén.

- Almacenar las baterías en un lugar fresco, seco y con ventilación adecuada.
- Almacenar las baterías en posición vertical.
- Evitar colocar las baterías una sobre otra, esto puede provocar grietas, ralladuras en la caja, dañar las etiquetas y dañar los bornes que sobresalen de la tapa.
- Almacenar las baterías con envoltura retráctil hasta un máximo de 3 alturas. Si se sobrepasa esa altura existe el riesgo de que se caigan y se dañen o lesionen a alguien.
- Almacenar las baterías sobre *pallets*, no en el suelo. Las piedras o puntos afilados en el piso pueden dañar la base de la caja y producir fugas.

#### **7.4.4 Procedimientos de mantenimiento para las baterías ácido plomo**

GS Yuasa Battery Europe Ltd. (2014) menciona las siguientes recomendaciones:

- Las baterías deberían instalarse en un tiempo máximo de 15 meses a partir de su fabricación. La tensión debería ser superior a los 12.4 V.
- Las baterías deben recargarse cuando la tensión esté por debajo de los 12.4 V, esto debido a la autodescarga que se presenta debido al almacenamiento prolongado. Yuasa sugiere hacer únicamente dos recargas antes de vender la

batería. Yuasa recomienda realizar la primera recarga cuando la tensión de batería está debajo de 12.4 V o han pasado 6 meses desde su fabricación, y no recomienda vender una batería que sobrepasó los 9 meses desde la primera recarga o 15 meses desde su fabricación.

- Por norma debe realizarse un control de tensión para identificar las existencias antiguas y baterías que deben ser recargadas.
- Para medir la tensión se debe utilizar un voltímetro o multímetro con una resolución de 2 cifras como mínimo.
- Las baterías cuya tensión sea inferior a 11.00 V se deben desechar. Esto debido a que dichas baterías habrán desarrollado un nivel de sulfatación que no se puede invertir con el proceso de recarga y por lo tanto no tendrán el rendimiento y vida útil esperados.
- Verificar el nivel de electrolito. En caso de que el nivel de electrolito se encuentre por debajo de la parte superior de los separadores, se debe rellenar con agua destilada o desionizada hasta que los separadores estén levemente cubiertos. El nivel de electrolito se debe ajustar como mínimo 1 hora después de la carga.

#### **7.4.5 Métodos de carga de baterías de ácido plomo**

Los principales métodos de carga para baterías de ácido plomo son los siguientes:

- Método de corriente constante
- Método de voltaje constante
- Método del rectificador

- Método de corriente constante

Bosh (2014), en su *Manual de baterías*, indica que “el tiempo de recarga varía entre 6 y 15 horas dependiendo del estado de carga de la batería. Una batería levemente descargada necesita menor tiempo de recarga, mientras que una batería profundamente descargada necesita un tiempo mayor” (p. 13).

La tabla VIII contiene el tiempo necesario de recarga, con corriente constante a 10% de la capacidad nominal.

Tabla VIII. **Tiempo de recarga con corriente constante**

<b>Tensión de la batería en vacío (voltios)</b>	<b>Tiempo de recarga (horas)</b>
12.00 a 12.20	4.5
11.80 a 11.99	7.0
11.50 a 11.79	9.0
11.00 a 11.49	11.0
Baterías profundamente descargadas	15.0

Fuente: Bosh. (2014). *Manual de baterías*.

Bosch (2014) menciona que la temperatura durante el proceso de recarga no debe ser mayor de 50°C. Se debe poner la cantidad de carga necesaria según el estado inicial de carga de la batería. Si se aplica carga durante tiempos prolongados y principalmente con corriente constante, causará un estado de sobrecarga, y se generará pérdida de agua durante el proceso. También se debe evitar realizar procesos de carga rápidos sin controlar la temperatura, nivel de corriente y tiempo.



- Método de voltaje constante

En su *Manual de baterías*, Bosh (2014) menciona lo siguiente:

En este método de carga, la corriente inicial impuesta a la batería debe ser limitada a 25 A y la tensión a 14,4 V. El tiempo de carga de la batería varía según el estado de carga de la batería, conforme la tabla IX.

Tabla IX. **Tiempo de recarga con voltaje constante**

<b>Tensión de la batería en vacío (voltios)</b>	<b>Tiempo de recarga (horas)</b>
12.00 a 12.20	6 a 12
11.80 a 11.99	10 a 16
11.50 a 11.79	16 a 20
11.00 a 11.49	20 a 24
Baterías profundamente descargadas	24 a 30

Fuente: Bosh. (2014). *Manual de baterías*.

- Acciones durante y después de la recarga

Bosh (2014) menciona que en el proceso de recarga se debe verificar que la temperatura de la caja no sobrepase los 50 °C, si eso sucede se debe interrumpir el proceso y esperar hasta que todas las baterías alcancen un valor máximo de 45° C. Al finalizar el proceso de recarga se debe esperar 20 minutos antes de retirar los cables, esto para que los gases generados se disipen y porque algunos cargadores permanecen con carga y pueden producir chispas.

#### **7.4.6 Algoritmo de carga**

Se entiende por algoritmo de carga el método por el que el cargador restituye la carga de la batería. Es decir cómo el cargador controla el voltaje que se aplica a la batería, el monto de corriente de carga que se suministra y, dependiendo de la sofisticación en la tecnología de carga, los tiempos asociados a estos procesos o etapas. (Lagos, s.f.).

#### **7.4.7 Causas que provocan que las baterías de plomo ácido fallen**

Johnson Controls Inc. (2018) indica las causas que perjudican la vida de la batería para autos:

- Problemas en el funcionamiento del sistema de carga, debido a fallas en el alternador y regulador de voltaje.
- Fallas en el sistema de arranque. Cuando esto ocurre la batería debe entregar más energía de la normal.
- Vibración excesiva. Debido a sujeción de la batería defectuosa.
- Uso incorrecto. Utilizar la batería para alimentar sistemas que no sean automotrices.
- Golpear los bornes o terminales durante su instalación.
- Incorrecta aplicación. Colocar una batería con menor capacidad a la que requiere el vehículo según el fabricante o manual de aplicación.

En la sección 6.4 se presentó información sobre las baterías de plomo ácido, sus componentes, almacenaje, mantenimiento y métodos de carga. Los temas de esta sección serán de utilidad para el plan y desarrollo del muestreo (etapa 2, medir), analizar los procedimientos actuales en el almacenaje, mantenimiento (etapa 3, analizar) y proponer mejoras (etapa 4, mejorar).



## 8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

MARCO TEÓRICO

1.1. Modelos de calidad

1.2. ISO 9000

1.3. Metodología Seis Sigma

1.3.1. Seis Sigma y su base estadística

1.3.2. Selección de proyectos para Seis Sigma

1.3.3. Estructura de la metodología Seis Sigma

1.3.4. Ejemplo de aplicación de la metodología Seis Sigma

1.4. Baterías de plomo ácido

1.4.1. Componentes de una batería de plomo ácido

1.4.2. Almacenamiento de baterías

1.4.3. Procedimientos de mantenimiento para las baterías de plomo ácido

1.4.4. Métodos de carga de baterías de ácido plomo

1.4.5. Algoritmo de carga

1.4.6. Causas que provocan que las baterías  
de plomo ácido fallen

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

## **9. METODOLOGÍA**

A continuación se describen las técnicas, métodos y procedimientos que se utilizarán para cumplir los objetivos planteados para la investigación.

### **9.1 Tipo de estudio**

El proyecto de trabajo de graduación se realizará por medio de una investigación descriptiva, debido a que es necesario definir las variables y conceptos relacionados con el problema a estudiar. La investigación se realizará a través de la aplicación de las herramientas proporcionadas por la metodología Seis Sigma, específicamente en las fases de definición, medición y análisis. Como resultado se espera obtener el análisis del proceso de comercialización de baterías de plomo ácido de uso automotriz, medir el proceso de comercialización de estas y encontrar las causas principales de las devoluciones por garantía.

### **9.2 Diseño de la investigación**

La investigación descriptiva en el trabajo de graduación se llevará a cabo por medio de un enfoque cualitativo. La investigación tiene como objetivo identificar las causas principales de las devoluciones por garantía y costos de calidad.

### **9.3 Variables e indicadores**

Las variables a utilizar en esta investigación son de tipo cualitativo y cuantitativo. Los indicadores que se aplicarán en el trabajo de investigación son de tipo cuantitativo y se utilizarán para analizar los resultados generados y diseñar mejoras para reducir los costos de calidad en el proceso de comercialización de baterías de plomo ácido.

- Variable independiente: proceso de comercialización de baterías de plomo ácido de la empresa Baterías y Más, S.A.
- Variable dependiente: costos de garantías del proceso de comercialización de baterías de plomo ácido de la empresa Baterías y Más, S.A.

Indicadores:

- Costo total por devoluciones de garantía
- Margen de utilidad

### **9.4 Población y muestra**

Para el análisis de la población se tomará como punto de partida el inventario en bodega a partir del 1 de enero de 2019, se realizará un muestreo del total del producto almacenado.

La muestra a trabajar en la prueba piloto se obtendrá con la siguiente ecuación:

Donde:

n: es el tamaño de muestra

N: cantidad de existencias promedio en almacén

Desviación estándar de la población a un valor constante de 0.5

Z: valor obtenido mediante niveles de confianza. Se toma en relación con el 95% de confianza que equivale a 1.96 e: el límite aceptable de error muestra que en el presente caso se tomará igual a 0.05.

$$n = \frac{Nv^2Z^2}{(N-1)e^2 + v^2Z^2}$$

$$n = \frac{3000(0,5^2)(1.96^2)}{(3000-1)(0.05^2) + (0.5^2)(1.96^2)} = 340$$

Se deben medir 340 unidades, ya que en promedio se tienen 20 diferentes tipos de descripciones se tomarán muestras de cada una, tomando como base para calcular el tamaño de la submuestra el porcentaje del total en inventario (3000) y el porcentaje de la cantidad total de la muestra (340).

## 9.5 Fases de metodología a aplicar

Se aplicarán las cinco etapas de la metodología Seis Sigma:

- Fase 1. Definir
- Fase 2. Medir
- Fase 3. Analizar
- Fase 4. Mejorar



- Fase 5. Controlar

### 9.5.1 Fase 1. Definir el problema

Planteamiento del problema. Devolución por garantía representa un 10% de las ventas, representa un costo de Q120,000.00 mensuales.

Definición de la meta: reducir las devoluciones por garantía en un 100% (Q120,000.00 mensual). Alcanzar un nivel Sigma de 4.00.

Plan del proyecto. Ver cronograma de actividades en el capítulo 9.

Definición de la oportunidad. Se espera reducir los costos por devolución de garantías como mínimo en 80%, que representa una reducción de costo de Q96,000.00 mensual.

Alcance del proyecto: aplicación de la metodología Seis Sigma al proceso de comercialización de baterías de plomo ácido en la empresa Baterías y Más, S.A., enfocado en la reducción de costos de calidad.

Selección de equipo. En la tabla X se detalla al equipo que trabajará en el proyecto Seis Sigma.

Tabla X. **Miembros del equipo Seis Sigma**

Nombre	Cargo	Equivalencia 6 $\sigma$	Costo de participación
Francisco Marroquín	Gerente de logística	Champion	Q10,000.00
Mariela Rivera	Asesor del proyecto	Master belt	Q0.00
Jorge Pérez	Líder del proyecto	Black belt	Q30,000.00
Julio Mejía	Dueño del proceso	Sponsor	Q5,000.00
Carlos Ramírez	Consultor técnico	Green belt	Q5,000.00
Costo total			<b>Q50,000.00</b>

Fuente: elaboración propia.

### **9.5.2 Fase 2. Medir**

Variables cuantitativas:

- Costo de inspección, medición y mantenimiento del producto que ingresa al almacén.
- Costo de inspección y medición de producto que se encuentra en los puntos de venta.
- Costo por devoluciones de garantía.
- Costo de producto vencido.
- Costo de producto en mal estado que ingresa directamente del proveedor.

Variables cualitativas:

Proceso de comercialización de baterías de plomo ácido en la empresa Baterías y Más, S.A.

Medidas de eficiencia. Indicadores de entrada e indicadores de proceso:

- Costo por transacción: costo de cada actividad del proceso de comercialización de baterías de plomo ácido en la empresa Baterías y Más, S.A.
- Tiempo por actividad del proceso de comercialización de baterías de plomo ácido en la empresa Baterías y Más, S.A.

#### Cantidad de retrabajo:

- Tiempo por inspección de baterías nuevas en puntos de venta.
- Tiempo por inspección y prueba de baterías nuevas en bodega que regresan de los puntos de venta.
- Tiempo por inspección y prueba de baterías usadas que ingresan a bodega por devolución de garantía.

#### Medidas de efectividad. Indicadores de salida:

- Costo total por devoluciones de garantía
- Margen de utilidad

#### Manejo de la medición y recopilación de datos:

- Se realizará el diagrama de flujo para el proceso de comercialización de la empresa Baterías y Más, S.A., para documentar y medir el tiempo y costo de cada actividad.
- Se recopilarán los datos de las ventas de los últimos 3 años consultando los informes históricos en la empresa.
- Se recopilarán los datos de las devoluciones por garantía de los últimos 3 años (cantidad, costos estimados, clientes, edad, *sku* y posibles causas de la devolución) consultando los informes históricos en la empresa.
- Se recopilarán los datos de las baterías vencidas durante los últimos 3 años (cantidad y costos estimados) consultando los informes históricos en la empresa.
- Se recopilarán los datos de las baterías en mal estado enviadas por el proveedor en el último año (cantidad y costos estimados).

- Se recopilarán los datos de los márgenes mensuales de los últimos 3 años consultando los informes históricos en la empresa.

Para el plan de muestreo simple, se hará una medición del estado de carga y estado físico a 340 unidades en el almacén de la empresa Baterías y Más, S.A., para determinar el número de unidades que necesitan proceso de carga, además se medirá el tiempo promedio que se utiliza para el proceso de inspección, medición y carga de las baterías de plomo ácido.

En la tabla XI se muestra el formato a utilizar para el plan de muestreo:

Tabla XI. **Formato de inspección de baterías de plomo ácido**

BATERIAS Y MAS, S.A.									
FORMATO INSPECCIÓN DE BATERÍAS								Fecha:	
No.	Nombre del producto	Fecha última de carga	FECHA DE FABRICACION	Edad (meses)	Voltaje	CCA	Requiere carga (SI/NO)	Tiempo de carga	OBSERVACIONES
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									

Fuente: elaboración propia.

A partir de los datos recopilados, se determinará el desempeño Sigma del proceso de comercialización de la empresa Baterías y Más, S.A.

### **9.5.3 Fase 3. Analizar**

Análisis de datos

El objetivo principal de esta fase es descubrir la causa raíz del problema, por lo que se debe realizar análisis estadístico de los datos para identificar los factores principales que afectan el proceso. Pasos a seguir:

Estratificación y análisis del proceso. Herramienta a utilizar: diagrama de Pareto para detectar las variables que mayor impacto tienen en los costos de calidad.

Determinar la causa raíz. Herramientas a utilizar: diagrama causa–efecto, diagrama de afinidad y diagrama de relaciones. Se utilizarán para determinar las causas principales de las devoluciones por garantía y de los costos de calidad.

la causa raíz. Herramienta a utilizar: matriz de selección para validar las causas raíz.

### **9.5.4 Fase 4. Mejorar**

Se utilizará la herramienta análisis de modo y efecto de falla para identificar las fallas potenciales y generar propuestas de mejora.

Se procederá a evaluar y seleccionar soluciones.

Se diseñará un sistema de gestión de calidad para el proceso de comercialización de baterías de plomo ácido de uso automotriz.

Se presentarán recomendaciones.

Se administrará el cambio.

#### **9.5.5 Fase 5. Controlar**

Confirmar los resultados de las mejoras realizadas.

Definir indicadores que permitan medir la evolución del proyecto.

Establecer controles que aseguren la sostenibilidad de las mejoras introducidas.



## 10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

### 10.1 Análisis de la información

Después de recolectar los datos se procederá a la tabulación de los resultados en el programa Excel. Para el análisis y visualización de las variables se utilizará estadística descriptiva mediante las siguientes herramientas:

- Distribución de frecuencias (histogramas y polígonos de frecuencias)
- Medidas de tendencia central (moda, mediana y media)
- Medidas de variabilidad (rango, desviación estándar y varianza)

Para el análisis de la información se seguirán los siguientes pasos:

Paso 1. Seleccionar un programa para el análisis de datos. Las opciones que se utilizarán son: Excel para realizar la tabulación y análisis de datos. SPSS, que es un programa estadístico desarrollado en la Universidad de Chicago que se utiliza para realizar análisis estadísticos. Minitab, que es un programa donde se pueden realizar pruebas estadísticas. SAS (Sistema de Análisis Estadístico) es un programa desarrollado en la Universidad de Carolina del Norte, se utiliza para realizar pruebas estadísticas.

Paso 2. Ejecutar los programas elegidos. Se elegirá la opción u opciones más sencillas y prácticas para generar información estadística de las variables medidas durante la recolección de datos. En este paso se utilizarán las herramientas elegidas para el análisis estadístico.



Paso 3. Explorar los datos. En este paso se analizarán los resultados obtenidos. Se utilizarán los datos estadísticos descriptivos generados por los programas elegidos, se generarán informes estadísticos en filas y columnas de las variables elegidas, se construirá una tabla con los estadísticos de todas las variables. Se realizará un análisis de frecuencias estadísticas, tablas y gráficas utilizando el programa Excel.

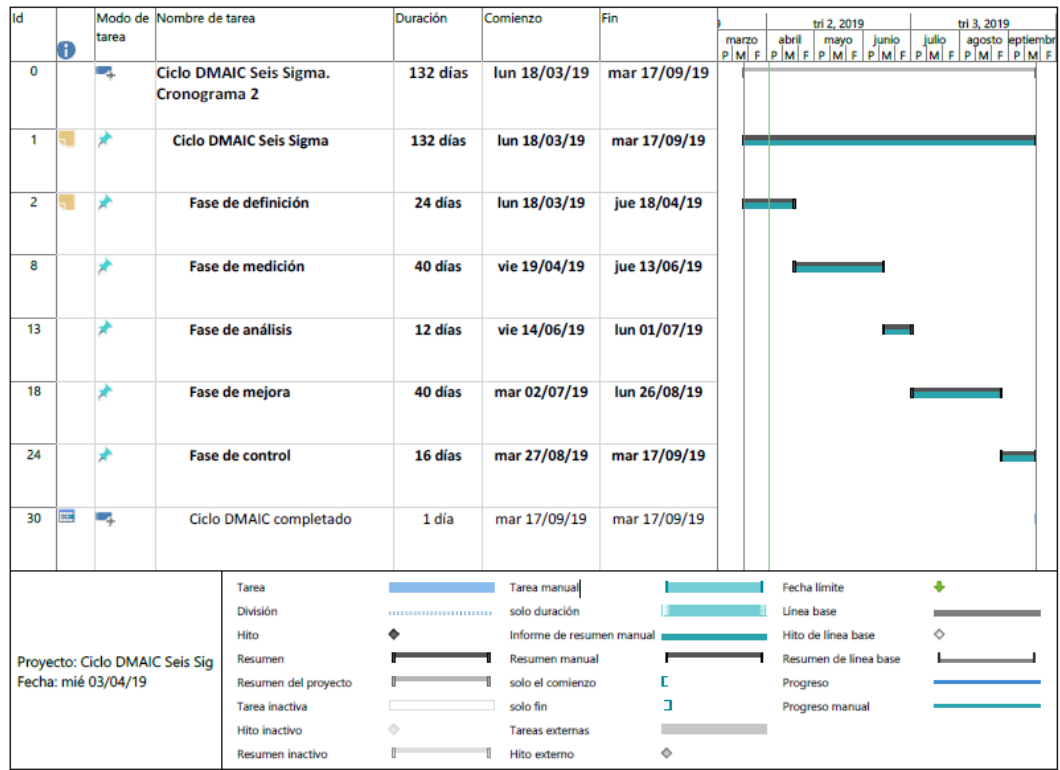
Paso 4. Evaluar la confiabilidad y validez del instrumento de medición. Para la evaluación se utilizará el método de estabilidad (*test-retest*), se realizarán muestreos en distintos períodos de tiempo y se medirá la correlación de los resultados obtenidos entre las diferentes muestras.

Paso 5. Realizar pruebas adicionales. Después de haber realizado los análisis planeados, se decidirá si es necesario realizar otras pruebas para confirmar tendencias y evaluar los datos desde diferentes perspectivas. Una de las opciones de este paso es realizar un análisis multivariado.

Paso 6. Preparar los resultados para presentarlos. Se revisarán los resultados obtenidos, se organizarán los resultados, se cotejarán los diferentes resultados y se eliminarán gráficas y tablas iguales. Se elegirán las tablas, gráficas y cuadros que mejor expliquen los resultados obtenidos y se copiarán del programa de análisis estadístico elegido. Se procederá a colocar comentarios y descripciones de los análisis, tablas, gráficas y resultados elegidos para presentar en el informe final. Por último, se revisará nuevamente la información elegida para preparar el informe final.

# 11. CRONOGRAMA

Figura 4. Cronograma



Fuente: elaboración propia.



## 12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El estudio es factible debido a que la implementación de la metodología Seis Sigma en la empresa Baterías y Más tiene como meta reducir los costos por devoluciones de garantía la cantidad de Q96,000.00 mensuales a partir de la implementación de las mejoras.

La factibilidad del estudio se ha determinado por el presupuesto para su elaboración que se compone de los costos de los recursos necesarios para ejecución del mismo, los cuales serán cubiertos por la empresa Baterías y Más. En las tablas XI y XII se muestran los recursos y su costo respectivo, que se cubrirá en el primer mes después de haber implementado la metodología Seis Sigma y logrado la meta establecida.

Tabla XII. Recursos humanos

<b>Cargo</b>	<b>Costo de participación</b>
Gerente de logística	Q10,000.00
Asesor del proyecto	Q0.00
Líder del proyecto	Q30,000.00
Dueño del proceso	Q5,000.00
Consultor técnico	Q5,000.00
	<b>Q50,000.00</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. Recursos materiales

<b>RECURSOS MATERIALES</b>	<b>Costo</b>
Equipo de computo	Q.00.00
Multímetro (medir voltaje)	Q1,200.00
Equipo de diagnóstico de baterías (Midtronics)	Q -
Tabla Shannon	Q -
Cargador en serie de 12 voltios (QPA6)	Q -
Materiales y útiles de oficina	Q200.00
Montacargas	Q5,000.00
Cámara fotográfica	Q -
	<b>Q6,400.00</b>

Fuente: elaboración propia.

### 13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Asociación Española para la calidad. (s.f). *Modelos de calidad*. Recuperado de AEC: <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/modelos-de-calidad>
2. Asociación Mexicana de Trabajo en Equipo. (2015). *Aplicación de técnicas de control de calidad*. Recuperado de AMTE: <https://www.amte.org.mx/portal/>
3. AUTOYTECNICA.COM. (2018). *La batería del auto: funcionamiento y componentes*. Recuperado de AUTOYTÉCNICA.COM: <https://autoytecnica.com/la-bateria-del-auto-funcionamiento-componentes/>
4. Benítez, M. (2010). *Implementación de metodología six sigma para reducir reclamos por garantía en Hannapro SA de CV. (Ingeniería en Transporte, Ingeniería Industrial, Ingeniería Química Industrial, Licenciatura en Administración Industrial)*. México: Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas.
5. Bosch, R. (2000). *Sistemas eléctricos y electrónicos para automóviles*. Alemania: División de equipos para automóviles. Departamento de marketing, productos y servicios.

6. Bosch, R.. *Auto Náutica Sur*. Recuperado de:  
<http://serverwin.autonauticasur.com-/Uploads/Bosch-NT-DC002%20Baterias%20Jun14.pdf>
7. Castillo, L. (2008). *Mejora del proceso de galvanizado en una empresa manufacturera de alambres de acero aplicando la metodología Lean Six Sigma. Tesis de Ingeniería Industrial*. Perú: Pontificia Universidad Católica de Perú.
8. Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA). (s.f). *Guía técnica sobre manejo de batería de plomo ácido usadas*. Recuperado de:  
[https://www.academia.edu/9780420/GU%C3%8DA\\_T%C3%89CNICA\\_SOBRE\\_MANEJO\\_DE\\_BATER%C3%8DAS\\_DE\\_PLOMO\\_%C3%81CIDO\\_USADAS](https://www.academia.edu/9780420/GU%C3%8DA_T%C3%89CNICA_SOBRE_MANEJO_DE_BATER%C3%8DAS_DE_PLOMO_%C3%81CIDO_USADAS)
9. De nieves, C. (2006). *Comparación entre los Modelos de Gestión de Calidad Total: EFQM, Gerencial de Deming, Iberoamericano para la Excelencia y Malcom Baldrige. Situación frente a la ISO 9000*. X Congreso de Ingeniería de la Organización. Valencia, Valencia, España.
10. Edelman, A. (2001). *Modelos de Excelencia en la Gestión*. Recuperado de:  
[http://www.um.edu.uy/\\_upload/\\_descarga/web\\_descarga\\_171\\_ModelosdeCalidadEdelmanMemoriaN1.pdf](http://www.um.edu.uy/_upload/_descarga/web_descarga_171_ModelosdeCalidadEdelmanMemoriaN1.pdf)
11. Enerjet. (2016). *Cómo almacenar baterías de carros de forma segura*. Recuperado de: <http://www.enerjet.com.pe/blog/almacenar-baterias-carros/>

12. Enrick, N. (1989). *Control de calidad y beneficio empresarial*. España: Ediciones DIAZ DE SANTOS, S.A.
13. Evans, J. (2008). *Administración y Control de la Calidad*. México: Cengage Learning Editores, S.A. de C. V.
14. Gestion de la calidad total. (s.f.). *Gestión de la calidad total*. Recuperado de: [http://www.gestiondecalidadtotal.com/muestreo\\_simple.html](http://www.gestiondecalidadtotal.com/muestreo_simple.html)
15. GS Yuasa Battery Europe Ltd. (s.f.). *Todo lo que debe saber sobre las baterías*. Recuperado de: <https://www.yuasa.es/informacion/automocion-comercial-servicios-nautica/todo-lo-que-debe-saber-sobre-las-baterias/>
16. Hansen, B. (1987). *Control de Calidad Teoría y Aplicaciones*. España: Ediciones Díaz de Santos, S.A.
17. Herrera, R. (10 de Septiembre de 2018). *Eumed.net*. Recuperado de: Eumed.net: [www.eumed.net/libros/2011b/939/](http://www.eumed.net/libros/2011b/939/)
18. Johnson Controls Inc. (21 de Noviembre de 2018). *LTH*. Obtenido de LTH: <https://www.lth.com.mx/es-mx/soporte/acumuladores-lth-mantenimiento/cuidado-de-tu-bateria>
19. Lowenthal, J. (2002). *Guía para la aplicación de un proyecto Seis Sigma*. España: Fundación Confemetal.



20. Magnusson, K. (2006). *Seis Sigma. Una Estrategia Pragmática*. España: Ediciones Gestión 2000.
21. Marroquín, L.. *Acumuladores Iberia*. Recuperado de: [www.acumuladoresiberia.com/reciclaje/descargas/pdfs/Que\\_son\\_las\\_baterias.pdf](http://www.acumuladoresiberia.com/reciclaje/descargas/pdfs/Que_son_las_baterias.pdf)
22. Megger. *Unitronics-Electric*. Recuperado de: [http://www.unitronics-electric.com/pdf/articulos/BatteryTestingGuideES\\_2\\_1.pdf](http://www.unitronics-electric.com/pdf/articulos/BatteryTestingGuideES_2_1.pdf)
23. Miranda, L. (2006). *Seis Sigma: Guía para Principiantes*. México: Panorama Editorial, S.A. de C.V.
24. Sampieri, R. (2010). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. DE C.V.
25. Tovar, B. (2014). *Aplicación de Six Sigma en comercializadora de autopartes no originales. Tesis de Maestría en Ciencia y Tecnología en la Especialidad de Ingeniería Industrial y de Manufactura*. México: Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas.