



# BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

---

---

FACULTAD DE INGENIERÍA  
COLEGIO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

“PROYECTO SIX SIGMA GREEN BELT: REDUCCIÓN  
DE SCRAP POR HBLKT APRETADO”

## TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO MECÁNICO Y ELÉCTRICO

PRESENTA:

JUAN RICARDO VILLA HERNÁNDEZ  
MATRICULA:201334189

DIRECTOR DE TESIS:

DR. MARCO ANTONIO CRUZ GÓMEZ  
NÚM. DE TRABAJADOR: 100301922

CO-ASESOR:

M.V JOSÉ ALFREDO MEJÍA PÉREZ  
NÚM. DE TRABAJADOR: 10294633

PUEBLA, PUEBLA

AGOSTO 2020



Oficio No. SAC/0406/2021

C. JUAN RICARDO VILLA HERNÁNDEZ  
PASANTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA  
MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
Presente.

En atención al Tema de Tesis que puso Usted a consideración de la Coordinación de Área y de esta Secretaría Académica en coordinación con la Dirección de ésta Facultad de Ingeniería, dentro del marco de Titulación por Examen Profesional en línea, como medio de Titulación se dio revisión y se ha autorizado el tema denominado:

"PROYECTO SIX SIGMA GREEN BELT: REDUCCIÓN DE SCRAP POR HBLKT APRETADO".

Por lo anterior hacemos de su conocimiento que se asigna como asesor de tema al Dr. Marco Antonio Cruz Gómez y como Co Asesor al Mtro. José Alfredo Mejía Pérez.

Sin más por el momento, le envío la seguridad de mi consideración más distinguida.

Atentamente

"Pensar bien, para vivir mejor"  
H. Puebla de Z. a 24 de febrero de 2021

M. I. Angel Cecilio Guerrero Zamora  
Director



M'ACGZ /barv  
C.c.p. Interesado  
C.c.p. Archivo

Facultad  
de Ingeniería

Bld. Valsequillo y Av. San Claudio  
s/n, edif. ING 4, Col. San Manuel,  
Ciudad Universitaria,  
Puebla, Pue. C.P. 72570  
222 229 55 00 Ext. 7610

**M. I. Ángel Cecilio Guerrero Zamora**  
**Director de la Facultad de Ingeniería**  
**Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**

**Presente.**

El que suscribe: Dr. Marco Antonio Cruz Gómez, director del tema de tesis:

**“PROYECTO SIX SIGMA GREEN BELT: REDUCCIÓN DE SCRAP POR HBLKT APRETADO”.**

Presentada por el C. Juan Ricardo Villa Hernández, pasante del Colegio de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, y en atención al oficio No. SAC/0406/2021 con fecha de emisión 24 de febrero de 2021, me permito informar a Usted que después de haber revisado cuidadosamente el contenido temático, metodología, redacción y ortografía de la tesis correspondiente, no tengo inconveniente en autorizar la impresión del mismo.

Sin otro particular, le reitero la seguridad de mi más atenta y distinguida consideración.

**“Pensar bien, para vivir mejor”**  
**H. Puebla de Z. a 01 de marzo de 2021**

**ATENTAMENTE**

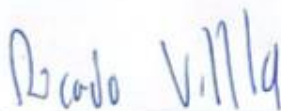
  
**Dr. Cruz Gómez Marco Antonio**  
Académico Facultad de Ingeniería  
Núm. de Trabajador 100301922  
mangcruz@live.com  
Cel. 22 23 83 66 74

D'MACG/BARV  
C.c.p. Interesado  
C.c.p. Archivo

## CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

En H. Heroica Puebla de Zaragoza, el día 04 del mes de Septiembre del año 2020, el que suscribe Villa Hernández Juan Ricardo alumno del programa de Licenciatura en Ingeniería Mecánica y Eléctrica con número de registro 201334182, adscrito a la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, manifiesta que es autor intelectual del presente Trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Marco Antonio Cruz Gómez y M.V. José Alfredo Mejía Pérez y cede los derechos del trabajo intitulado "PROYECTO SIX SIGMA GREEN BELT: REDUCCIÓN DE SCRAP POR HBLKT APRETADO" a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección ricardo\_v\_h@hotmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.



Juan Ricardo Villa Hernández

**kiekert**

H. Heroica Puebla de Zaragoza a 04 de septiembre 2020

Asunto: Carta de autorización

**A quien corresponda  
PRESENTE:**

Por medio de este yo **Alfredo Macedonio Hernández** gerente de Producción de Kiekert de México, autorizo a **Juan Ricardo Villa Hernández** ingeniero de Producción, usar los datos de la organización necesarios para desarrollar su Tesis Profesional con nombre "Reducción de HBLKT apretado".

Sin otro particular, se extiende la presente como carta de autorización para uso de datos en proyecto a los cuatro días del mes de septiembre de dos mil veinte.

**Atentamente**



**Ing. Alfredo Macedonio Hernandez**  
**Gerente de Producción**

Kiekert de México S.A de C.V      T: +52 222 193 6652  
Autopista Puebla-Orizaba Km. 14.5      www.kiekert.com  
Parque Industrial Chachapa  
Amazoc, Puebla  
C.P 72990 México

Hay personas en la vida que te guían por los diferentes caminos, te brindan su apoyo tanto en los buenos momentos, como en tiempos de tristeza y zozobra, haciéndose presente con una sonrisa o con palabras de ánimo, alentándote a perseguir los objetivos y no descansar hasta lograrlos.

Le dedico a mis padres no solo este trabajo, sino todos los logros que he obtenido y obtenga en la vida.

A mi familia, a mis abuelos, y muy en especial a mi tía Yaya por su cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias.

*“Gracias por estar siempre a mi lado”*

# Agradecimientos

---

- Gracias a Dios he podido concluir este trabajo, llenando mi vida de dicha y bendiciones
- Este trabajo fue realizado gracias al apoyo de mi director de tesis el Dr. Marco Antonio Cruz Gómez y mi coasesor M.V. José Alfredo Mejía Pérez, quienes me acompañaron de manera constante, entusiasta y tenaz durante este trayecto, colaborando con su amplia experiencia y sin cuya ayuda no hubiese sido posible este logro, mil gracias por enriquecer mi conocimiento y haber confiado en mí.
- A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, principalmente a la Facultad de Ingeniería, le agradezco al haberme dado la oportunidad de ser parte de uno de sus programas de licenciatura y así cumplir con una de mis metas.
- A Kiekert de México S.A de C.V quien generosamente creyó en mí y me brindo su confianza y conocimiento en el ámbito laboral, por su gran capacidad profesional y calidad humana, estaré eternamente agradecido.
- Hago extensivo mi agradecimiento al esfuerzo de todas aquellas personas que directa o indirectamente, participaron en la realización de esta investigación.

# RESUMEN

---

El presente trabajo consistió en el desarrollo de un proyecto Six Sigma Green Belt “Reducción de HBLKT apretado” a través de la metodología DMAIC. Los resultados obtenidos fueron totalmente satisfactorios pues se logró reducir el SCRAP producido por el HBLKT, encontrando la causa raíz la cual fue el desajuste de la válvula proporcional de la remachadora, siguiendo detalladamente la metodología aplicada (DMAIC) y haciendo uso de las herramientas Lean Six Sigma.

En lo que respecta a la reducción de SCRAP por HBLKT apretado, el cual la proyección era reducirlo un 40%, se logró satisfactoriamente la reducción rebasando lo proyectado en el inicio del Project Charter.

Todo este trabajo ha permitido una reducción económica sumamente ventajosa (en tiempos de paro de línea y SCRAP), obteniendo ahorros a la empresa mayor a los que se tenían al inicio de este proyecto, al igual que un menor precio de producción, logrado con la implementación del presente proyecto.

# ABSTRACT

---

The present work consisted of the development of a Six Sigma Green Belt project "Reduction of tight HBLKT" through the DMAIC methodology. The results obtained were totally satisfactory as it was possible to reduce the SCRAP produced by the HBLKT, finding the root cause which was the mismatch of the proportional valve of the riveter, following in detail the applied methodology (DMAIC) and making use of Lean Six Sigma tools.

Regarding the reduction of SCRAP by tight HBLKT, which the projection was to reduce it by 40%, the reduction was satisfactorily achieved, exceeding what was projected at the beginning of the Project Charter.

All this work has allowed an extremely advantageous economic reduction (in times of line stoppage and SCRAP), obtaining savings for the company greater than those that were had at the beginning of this project, as well as a lower production price, achieved with the implementation of this project.

# CONTENIDO

---

RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
CONTENIDO	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
INTRODUCCIÓN	xv
CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES	1
1.1 Historia de Six Sigma	1
1.2 Six Sigma y su estructura	2
1.3 Six Sigma roles y responsabilidades	3
1.4 Six Sigma en Kiekert de México	4
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA	5
2.1 Definir (definición del problema)	6
2.1.1 Project Charter o Acta de constitución	6
2.2 Medir – Medición de la magnitud del problema	7
2.2.1 Estudio R y R por atributos	7
2.2.2 Tipos de datos	9
2.2.3 Capacidad del proceso e índices de rendimiento del proceso	9
2.2.4 Análisis del sistema de medición (MSA)	11
2.2.4.1 Problemas comunes en el proceso de medición	12
2.2.4.2 ¿Por qué es tan importante el MSA?	12
2.2.4.3 Variación debida al sistema de medición	13
2.2.4.4 El valor del Análisis del Sistema de Medición (MSA)	13
2.2.5 Mapeo de proceso	14
2.3 Analizar	16
2.3.1 ¿Cómo analizar el problema?	16
2.3.2 5´s	16
2.3.3 Gráfica Pareto	17

2.3.3.1 ¿Cuándo usar un gráfico Pareto?	17
2.3.4 Diagrama Ishikawa	17
2.3.4.1 Procedimiento de diagrama Ishikawa	18
2.4 Mejora	19
2.4.1 Diseño de experimentos (DOE)	19
2.4.1.1 Principios de diseño del DOE	20
2.4.2 Análisis de causas raíz	21
2.4.2.1 Metodología de análisis de causa raíz	24
2.4.3 Herramientas Lean	25
2.4.3.1 Eliminación de residuos	26
2.5 Control	28
2.5.1 Control estadístico de proceso (SPC)	28
2.5.1.1 Capacidad del proceso: causas especiales versus causas comunes	29
2.5.2 Gráficos de control	30
2.5.2.1 Gráficos variables	30
2.5.2.2 Límites de control	30
2.5.3 Análisis de gráficos de control	31
2.5.4 Plan de control	32
CAPÍTULO 3. PROCEDIMIENTOS	34
3.1 Proyecto Six Sigma Green Belt – Reducción de HBLKT apretado	34
3.1.1 ¿Qué es el HBLKT?	34
3.1.2 Generales del proyecto	34
3.1.3 Project Charter	35
3.2 Medir – medición de la magnitud del problema	36
3.2.1 Estudio R y R por atributos para el proyecto Six Sigma Green Belt	38
3.2.2 Mapeo de proceso para la elaboración de proyecto Six Sigma Green Belt	40
3.3 Analizar	41

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
Mejora	43
Control	46
Conclusiones	49
Referencias	50
Anexos	52

## ÍNDICE DE FIGURAS.

Fig. 1 Six Sigma fórmula .....	6
Fig. 2 Repetibilidad de calibrador.....	8
Fig. 3 Reproducibilidad del medidor .....	8
Fig. 4 The red road .....	10
Fig. 5 Índice de capacidad .....	11
Fig. 6 Problema en el análisis del sistema de medición (MSA) .....	12
Fig. 7 Variación del proceso .....	13
Fig. 8 Símbolos comúnmente utilizados en diagrama de flujo.....	14
Fig. 9 Mapeo de análisis.....	16
Fig. 10 Diagrama Ishikawa .....	18
Fig. 11 Objetivo Six Sigma .....	26
Fig. 12 HBLKT .....	34
Fig. 13 SCRAP 28 febrero 2019.....	36
Fig. 14 SCRAP 31 marzo 2019 .....	37
Fig. 15 SCRAP 30 abril 2019.....	37
Fig. 16 Planes de acción Sharepoint .....	44

# ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 01 Diseños de metodologías Six Sigma .....	2
Tabla 02 Project Charter .....	35
Tabla 03 Estudio R y R por atributos 1 .....	38
Tabla 04 Estudio R y R por atributos 2 .....	39
Tabla 05 Materiales subensamble para versión BMW .....	46
Tabla 06 Materiales subensamble para versión DAIMLER .....	47
Tabla 07 Tendencia de SCRAP sin implementación proyecto 2019/20 .....	48
Tabla 08 SCRAP con implementación proyecto 2019/20 .....	48

# INTRODUCCIÓN

---

*Lean Six Sigma* es una iniciativa que identifica los deseos del cliente, elimina desperdicios y reduce la variabilidad. Combina la resolución estructurada de problemas de *Six Sigma* utilizando herramientas estadísticas con el énfasis de la operación ajustada en la mejora del flujo.

Six Sigma se ha utilizado ampliamente en el sector manufacturero como herramienta de gestión para mejorar la calidad y seguridad del cliente. Los objetivos están enfocados principalmente a lograr reducciones de tiempo, costos y errores, para la mejora de la calidad y la satisfacción de los clientes.

Lean Six Sigma es una de las estrategias comerciales clave que han empleado las organizaciones de fabricación para mejorar su desempeño operativo. La integración de la sostenibilidad con Lean Six Sigma ha creado interés entre los investigadores y profesionales para mejorar el rendimiento sostenible. Para cualquier organización de fabricación. Los beneficios de la estrategia de Six Sigma que son reflejados principalmente en el ámbito económico son fácilmente visualizados, en el aumento de la producción, reducción de fallas mecánicas, confiabilidad en los procesos, incremento en la vida útil del equipo y eficiencia. Esto nos da como resultado una reducción en los costos de producción, mantenimiento y uso de recursos.

El propósito del presente estudio es desarrollar un proyecto *Six Sigma Green Belt* para la reducción de *SCRAP* en la línea GL2 NAFTA en Kiekert de México S.A de C.V., ocasionado por un subensamble denominado HBLKT, el cual presenta una anomalía la cual se interpretó como “HBLKT apretado”.

Este proyecto busca reducir un 40% el *SCRAP* producido por “HBLKT apretado”, el cual genera más de un 60% del *SCRAP* actual de la línea GL2 NAFTA, saliéndose del rango de control de la empresa.

# CAPÍTULO I

---

## 1.0 ANTECEDENTES

### 1.1 Historia de Six Sigma

Toda organización, incluso sin fines de lucro, debe tener una fuente de ingresos de una forma u otra para mantenerse en el negocio. Si una organización gasta más de lo que gana con el tiempo, entonces estará fuera del negocio. Por lo tanto, el desafío para cada organización es ser rentable en todo lo que haga.

Six Sigma comenzó en Motorola en el año 1987 como táctica de mercado y perfeccionamiento de la calidad, Mikel Harry ingeniero de Motorola suscitó como objetivo en la corporación; la evaluación y el análisis de la variación de los procesos. Gracias a eso, logró llamar la atención de Bob Galvin, directivo de Motorola, quien lo apoyó para no solo enfocarse en el análisis de la variación, sino en la mejora continua de los procesos.

Después de que Motorola comenzó a promover su metodología Six Sigma a fines de la década de 1980, ha habido muchos escépticos sobre su verdadero valor. Incluso Jack Welch de General Electric rechazó inicialmente la idea de Six Sigma como una moda pasajera a principios de la década de 1990. Sin embargo, una vez que General Electric tuvo un lanzamiento exitoso en una de sus divisiones, Six Sigma se convirtió rápidamente en una fuerza impulsora a mediados y finales de la década de 1990 que comenzó a extenderse por varias industrias [1].

El estrepito ruido de Six Sigma, la moda, o el nombre que se llamara, comenzó a demostrar que era algo diferente, algo más que las numerosas otras modas comerciales que lo habían precedido.

El poder real de Six Sigma es el uso de muchas partes o elementos de otros métodos que han demostrado funcionar. En conjunto con enfoque gerencial, para

crear una red organizacional de actividades que apoya los esfuerzos para mejorar continuamente en todos los aspectos de la organización, junto con prácticas contables estándar que demuestren el impacto de la mejora continua y la reducción de la variación en el resultado final de la organización.

Poco después de que Motorola logró el Premio Nacional de Calidad Malcom Baldrige (MBNQA) en 1988, El equipo de ventas de Motorola presentó su metodología recientemente desarrollada llamada Six Sigma, que se consideró clave para lograr el MBNQA, a un ingeniero de calidad superior de Ford SQI que fue asignado para evaluar la metodología Six Sigma en relación con el Ford Q1 [2].

### 1.2 Six Sigma y su estructura.

Actualmente Six Sigma reconoce el enfoque latente y riguroso conocido como DMAIC (Definir, medir, analizar, mejorar y controlar). DMAIC define los pasos que se espera que siga un profesional de Six Sigma, comenzando por identificar el problema y terminando con la implementación de soluciones duraderas.

Si bien DMAIC no es la única metodología Six Sigma en uso, sin duda es la más ampliamente adoptada y reconocida. Todas las metodologías comparten estrategias y herramientas fundamentales que promueven un objetivo común: “crear una cultura de desarrollo de productos basada en datos que produzca productos exitosos de manera eficiente” [3].

Tabla1. Diseños de metodologías *Six Sigma* [3].

<b>DMADV:</b>	Define, Measure, Analyze, Design, Verify.
<b>IDDOV:</b>	Identify, Define, Develop, Optimize, Verify.
<b>DCOV:</b>	Define, Characterize, Optimize, Verify.
<b>IDOV:</b>	Identify, Design, Optimize, Validate
<b>DCCDI:</b>	Define, Customer, Concept, Design, Implementation.
<b>DMEDI:</b>	Define, Measure, Explore, Develop, Implement.

<b>DMADOV:</b>	Define, Measure, Analyze, Design, Optimizar, Verificar.
<b>ICOV:</b>	Identify Requirement, Characterize, Optimize, Verify.
<b>CDOV:</b>	Concept Development, Design Development, Optimization, Verify Certification.
<b>IIDOV:</b>	Invent, Innovate, Develop, Optimize, Verify.
<b>IDEAS:</b>	Identify, Design, Evaluate, Assure, Scale-up.

### 1.3 Six Sigma roles y responsabilidades

Yellow Belt:

- Comprende los conceptos básicos de Lean Six Sigma
- Informa de problemas en procesos a Green Belt y Black
- Participa en equipos de proyectos y recibe capacitación en el momento

Green Belt:

- Inicia y dirige proyectos Six Sigma
- Tiene experiencia en Lean Six Sigma, pero con menos detalle que un Black Belt
- Asiste con la recolección y análisis de datos para los Black Belt

Black Belt:

- Lidera proyectos de resolución de problemas
- Tiene experiencia avanzada y el conocimiento de Lean Six Sigma
- Entrena y asesora equipos de proyectos

Master Black Belt:

- Trabaja con líderes para identificar brechas y seleccionar proyectos
- Entrenadores, mentores, docentes, monitores y lideran proyectos
- Responsable de la implementación de Lean Six Sigma y del cambio cultural

Champion/Ejecutivo/Patrocinador:

- Líder ejecutivo que impulsa la iniciativa
- Ayuda a seleccionar proyectos y eliminar barreras para equipos de proyectos
- Apoya el cambio y desarrolla una cultura Lean Six Sigma [4]

#### 1.4 Six Sigma en Kiekert de México

En Kiekert de México se tomó la iniciativa de empezar con proyectos Green Belt con él a fin de disminuir costos de operación y certificar a sus colaboradores en Six Sigma Green Belt.

Este proceso empezó en el año 2011, con la incorporación a la empresa de un Six Sigma Master Black Belt, con el propósito de ser el quien impartiera los cursos primeros para Six Sigma Green Belt y posteriormente a Six Sigma Black Belt.

El primer objetivo fue entrenar sólo una persona en el 2011, posteriormente al siguiente año, el objetivo fue entrenar a 5 personas para Six Sigma Green Belt. Con el buen resultado de los proyectos en la parte financiera la empresa decidió seguir invirtiendo en certificar a sus colaboradores en Six Sigma Green Belt y Black Belt.

En la línea GL2 NAFTA en Kiekert de México, se tenía un índice de Scrap de €1130.00 euros por mes, producido por un subensamble denominado HBLKT. Es por lo que se tomó la decisión de elaborar un proyecto Six Sigma para reducir este índice de scrap.

En el año 2018 se empezó a suscitar este problema, en el 2019 fue cuando el número se empezó a elevar de manera creciente provocando perdidas y que los medibles de SCRAP estuvieran por fuera de lo registrado.

# CAPÍTULO II

---

## 2.0 Metodología

En este capítulo se tomó como base la principal la metodología DMAIC para desarrollar el proyecto *Six Sigma Green Belt*.

El modelo DMAIC significa definir, medir, analizar, mejorar y controlar. Un factor clave en cada paso es que la administración permita el tiempo y los recursos para lograr cada una de las fases para luchar por la mejora continua. Esta es una de las fuerzas impulsoras que hace que *Six Sigma* sea diferente de otros programas de mejora de la calidad. Incluye involucrar a todos en la organización, hacer que el grupo de tecnología de la información ayude a suministrar datos más rápidamente para todos y obtener datos financieros en forma de análisis de costo de calidad [3].

Cada fase se define como:

- Definir: identificar el problema
- Medir: recopilar datos del proceso
- Analizar: estudiar el proceso y los datos para obtener pistas sobre lo que está sucediendo
- Mejorar: actuar sobre los datos para cambiar el proceso de mejora
- Control: supervisar el sistema para mantener las ganancias

## 2.1. Definir (Definición del problema).

Esta fase es para definir el problema.



Fig.1 Six Sigma fórmula [1]

¿Cómo DMAIC y “Y=f(x)” van de la mano?

- Definir es entender la **Y**, o el resultado, delimitarlo
- Medir ayuda a entender como medir la **Y**, y evaluar el estado actual de la **Y**
- Analizar es para encontrar la relación entre **x** y **Y** y verificar cuales son las **x** críticas o importantes
- Mejorar es para implementar arreglos para ayudar a **Y** con cambios en **x**
- Control es controlar **x** y monitorear **Y** a lo largo del tiempo [5].

En esta fase el o los líderes del proyecto crean un *Project Charter* (acta de constitución), crean una visión de alto nivel del proceso y comienzan a comprender las necesidades de los clientes del proceso.

### 2.1.1 *Project Charter* o Acta de constitución

El acta de constitución o *Project Charter* en inglés es un documento usado principalmente en proyectos internos, aquellos que se realizan para la propia organización, o de gran envergadura. Este documento lo hace el dueño del proyecto durante la fase de inicialización, ayudado a veces por el director del proyecto. La función del *Project Charter* es realizar una definición inicial del proyecto, designar al director del proyecto (*champion*) y los recursos, y aprobar el inicio del proyecto. Sin

este documento el proyecto no puede empezar, ni el director del proyecto gana la autoridad para gestionarlo [3].

El *Project Charter* es un documento que establece los propósitos del proyecto. Sirve como un contrato informal que ayuda al equipo a mantenerse al día con los objetivos de la organización [6]. Cada *Project Charter* debe contener los siguientes puntos:

- Declaración del problema: Esta es una declaración de lo que debe mejorarse
- Propósito: Establece metas y objetivos del equipo
- Beneficios: establece cómo le irá mejor a la empresa cuando el proyecto alcance sus objetivos
- Alcance: proporciona limitaciones del proyecto en términos de presupuesto, tiempo y otros recursos
- Resultados: define los criterios y las métricas para el éxito del proyecto, incluidas las medidas de referencia y las expectativas de mejora

## **2.2 Medir – Medición de la magnitud del problema del proyecto**

El objetivo es determinar la línea de base de proceso. Se debe seleccionar cuidadosamente las **Y** correctas y crear un plan de recopilación de datos basados en un sistema de medición confiable.

Acciones para esta etapa:

- Definir defecto, oportunidad, unidad y métricas
- Validar sistema de medición
- Mapa detallado del proceso de áreas apropiadas
- Recoger los datos
- Determinar la capacidad del proceso

### **2.2.1 Estudio R y R por atributos**

¿Qué es un estudio de repetibilidad y reproducibilidad (R y R)? La repetibilidad es la variación de medición del equipo expresada como desviación estándar. Un evaluador toma las medidas del mismo equipo durante un corto período de tiempo.

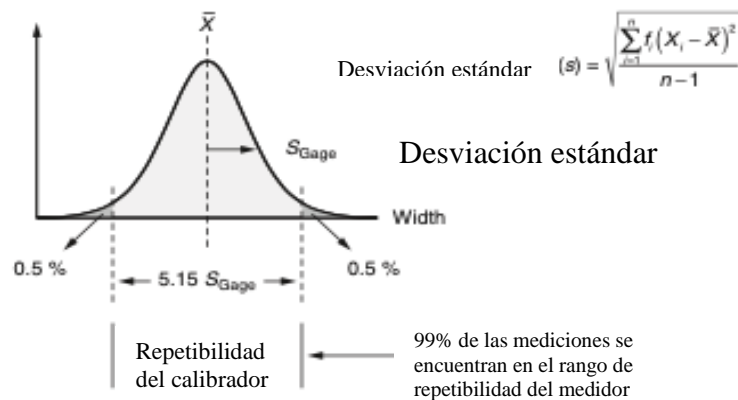


Fig.2 Repetibilidad de calibrador [3]

La reproducibilidad es la variación de medición del evaluador expresada como desviación estándar. Las mediciones son tomadas del mismo equipo por más de un tasador.

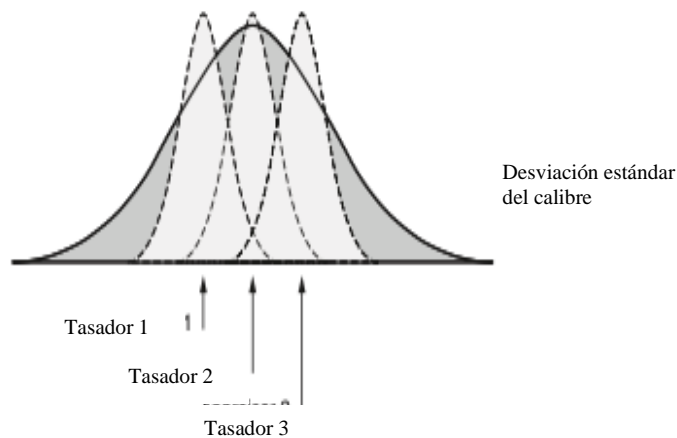


Fig.3 Reproducibilidad del medidor [7]

Un estudio R y R del sistema de medición ayuda a investigar:

- Repetibilidad: que tanto de la variabilidad en el sistema de medición es causada por el dispositivo de medición
- Reproducibilidad: que tanto de la variabilidad en el sistema de medición es causada por las diferencias entre los operadores
- Si la variabilidad del sistema de medición es pequeña en comparación con la variabilidad del proceso
- Si el sistema de medición es capaz de distinguir entre partes diferentes [7]

Para decidir qué tipo de R Y R se utilizará hay que saber qué tipos de datos son los que se tienen.

### 2.2.2 Tipos de datos

Datos cualitativos se dividen en:

- Nominal: Variables sin orden inherente o secuencia de clasificación.
- Ordinal: Variables con una serie ordenada.
- Binario: Variables con solo dos opciones.

Datos cuantitativos se dividen en:

- Discretos: También se llama datos de atributos, se basan en el recuento, es posible un número o valores finitos y los valores no pueden subdividirse en partes más pequeñas.
- Continuos: Información que se puede medir en una escala, puede tener casi cualquier valor numérico y puede subdividirse significativamente en incrementos cada vez más finos [8].

Datos variables: los datos variables pueden decirle muchas cosas que los datos de atributos no pueden. Estos te muestran el detalle real de un proceso.

Datos por atributos: Solo sabes que es una cosa “buena” o “no buena”.

La calidad de los datos es esencial para tomar decisiones. Si la información no se ingresa claramente, obviamente será mucho más susceptible de ser interpretada incorrectamente, causando una cadena de ida y vuelta potencialmente larga que detiene la productividad [8].

### 2.2.3 Capacidad del proceso e índices de rendimiento del proceso

Se han desarrollado varios índices de capacidad en un intento de cuantificar la capacidad del proceso en un solo número. Tres de los índices más comunes son  $C_{pk}$ ,  $C_p$  y  $C_r$ . El índice de capacidad está relacionado con la voz del cliente (límites de especificación) [9].

$C_p / P_p$  es lo mejor que puede realizar un proceso si ese proceso estuviera centrado en el punto medio, en otras palabras, es la capacidad potencial; representa el mejor rendimiento posible [9].

$C_p$  es una medida de la variación única, no tiene en cuenta el centrado. Nunca será un número negativo [9].

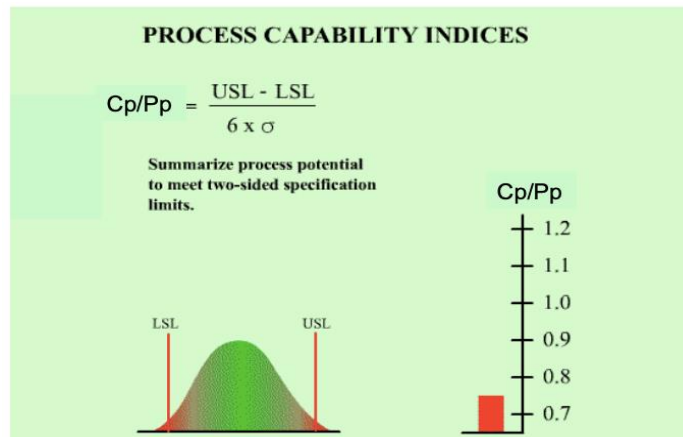


Fig. 4 *The read road* [3]

$C_{pk}/P_{pk}$  es una medida de ubicación y variación, y puede ser número un número negativo. Mide la distancia de la media de la muestra a partir de la especificación más cercana [9].

Cuando se tiene un  $C_{pk}/P_{pk}$  negativo significa que el promedio del proceso está afuera de especificaciones, por lo tanto, se tiene más del 50% de los resultados fuera de especificación [9].

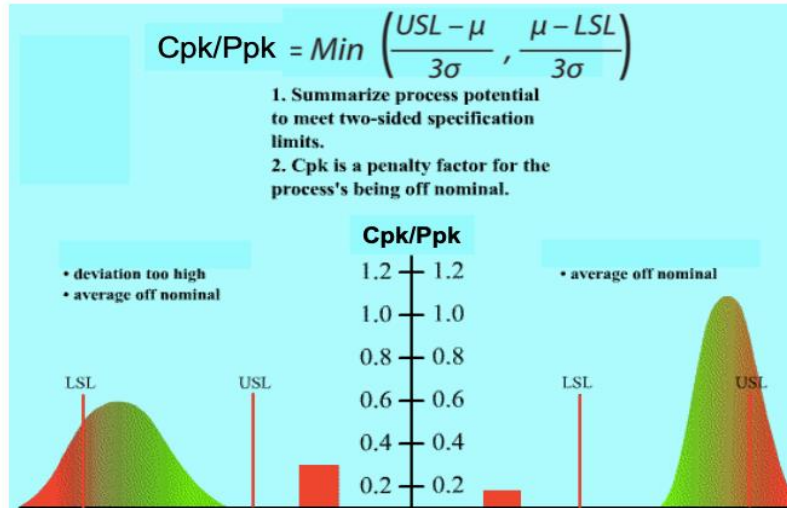


Fig. 5. Índice de capacidad [7]

#### 2.2.4 Análisis del sistema de medición (MSA)

MSA es un elemento importante de la metodología *Six Sigma* y otros sistemas de gestión de calidad. El análisis del sistema de medición es un área de estudio estadístico que explora la variación en los datos de medición debido a:

- Calibración: deriva en mediciones promedio de un valor absoluto
- Estabilidad: deriva en valor absoluto a lo largo del tiempo
- Repetibilidad: variación en la medición cuando lo mide un tasador en el mismo equipo en la misma configuración de medición al mismo tiempo
- Reproducibilidad: variación en la medición cuando dos o más evaluadores lo miden varias veces
- Linealidad: precisión de la medición en varios puntos de medición del rango de medición en el equipo
- Parcialidad: diferencia entre valor absoluto y valor verdadero
- Exactitud: cercanía al valor verdadero o a un valor de referencia aceptado
- Precisión: cercanía de lecturas repetidas entre sí [3]

### 2.2.4.1 Problemas comunes en el proceso de medición.

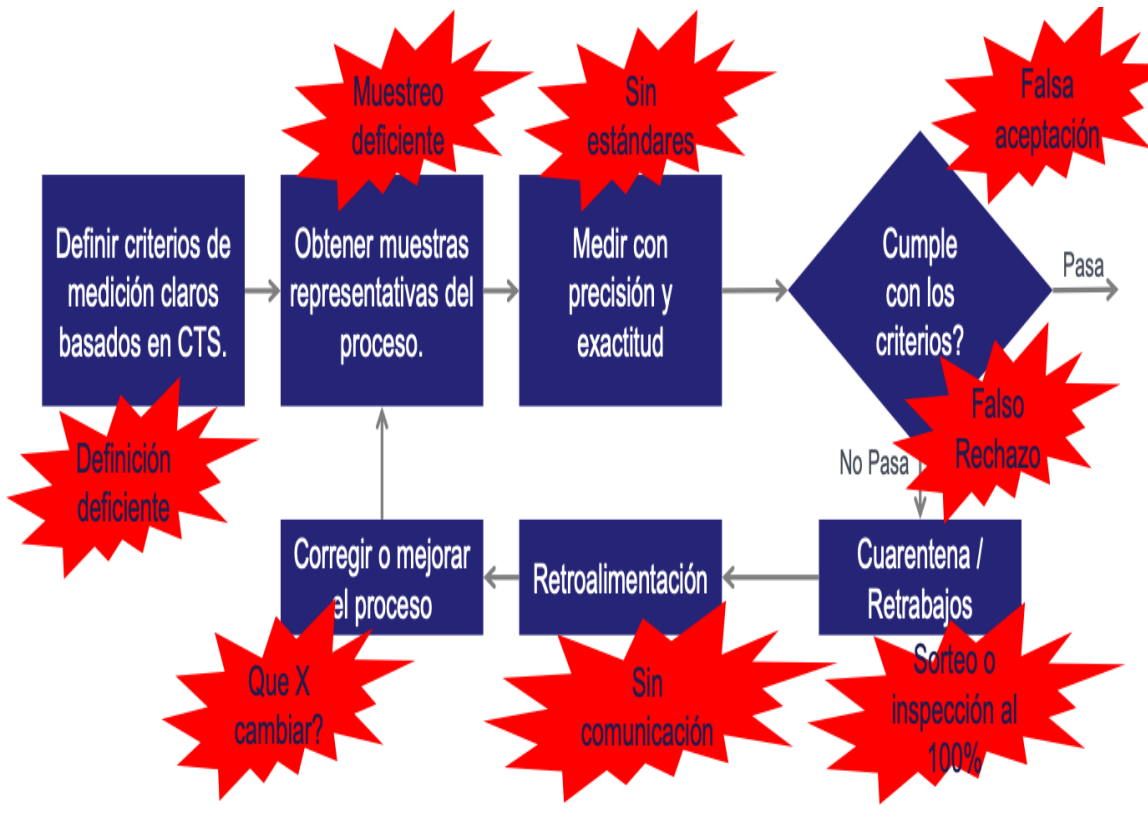


Fig. 6 Problemas en el análisis del sistema de medición (MSA)

### 2.2.4.2 ¿Por qué es tan importante el MSA?

El análisis del sistema de medición proporciona confianza en los datos y los resultados del análisis. Esto mismo da importancia para:

- Determinar si los datos confirman nuestra hipótesis.
- Entender las fuentes de variación.
- Entender el proceso real.
- Tomar buenas decisiones.
- Entender la variación en el MSA [10].

### 2.2.4.3 Variación debida al sistema de medición

El objetivo de MSA es identificar la variación debida al sistema de medición. La variación en los procesos puede resultar de la variación real del proceso y la variación del sistema de medición [3].

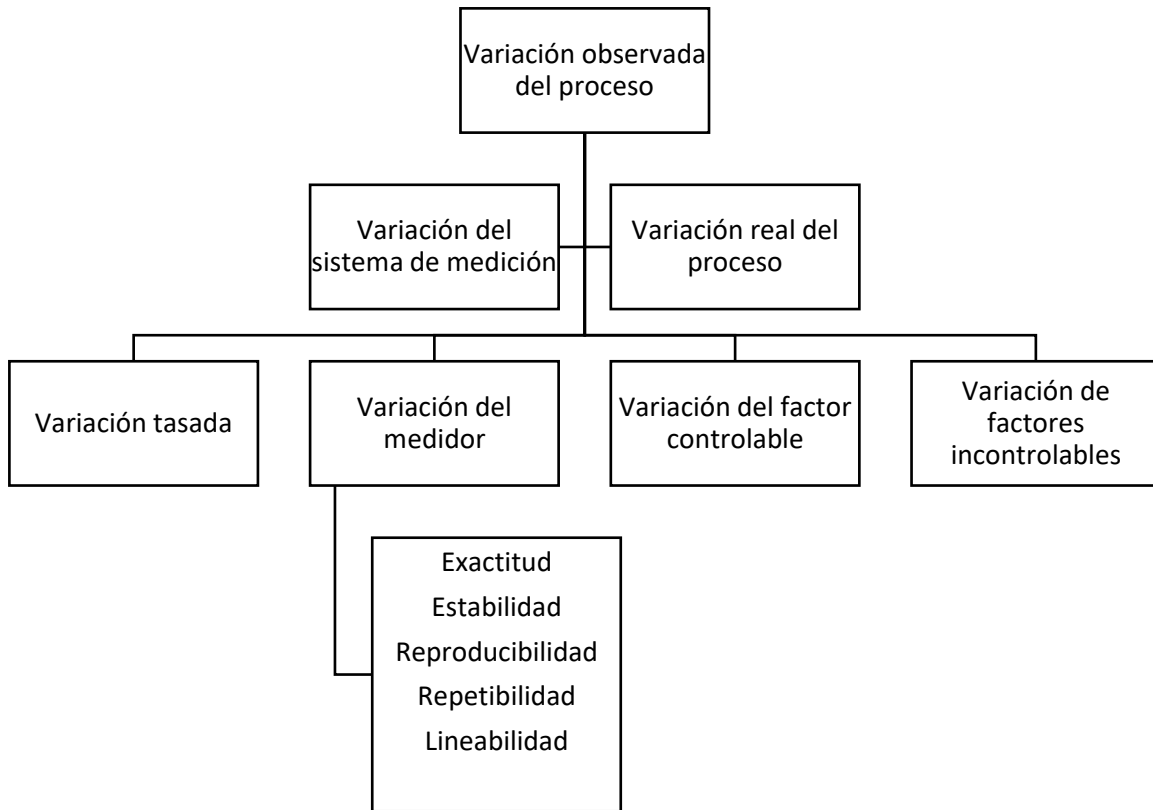


Fig. 7 Variación del proceso

### 2.2.4.4 El valor del Análisis del Sistema de Medición (MSA)

La variación debida al sistema de medición puede reducir las estimaciones de capacidad del proceso. El sistema de medición juega un papel importante en la evaluación de la capacidad del proceso ( $C_p$  o  $C_{pk}$ ).

Cuanto más alto sea el gage R y R, mayor será el error en la evaluación de  $C_p$ . Esto aumenta aún más a medida que la capacidad aumenta.

### 2.2.5 Mapeo del proceso

ISO 900 define un proceso como un conjunto de actividades interrelacionadas o interactivas que transforma las entradas en salidas. Un proceso se entiende fácilmente presentando visualmente el proceso utilizando formas y símbolos de diagramas de flujo comunes. El mapeo de procesos y los diagramas de flujo se usan de manera intercambiable, sin embargo, existen diferencias. A saber, la asignación de procesos incluye detalles adicionales del proceso con el diagrama de flujo. Las organizaciones a menudo envían su información de proceso en forma de documentación de mapa de proceso a sus proveedores y clientes por razones contractuales [3].

Los diagramas de flujo muestran cada paso de un proceso, incluidas las entradas, los puntos de decisión y las salidas. Los mapas de procesos generalmente contienen información adicional sobre los pasos, incluidos los costos, el tiempo de configuración, el tiempo de ciclo, el inventario, los defectos de tipo que pueden ocurrir, la probabilidad de defectos y otra información relevante que ayuda a comprender mejor el proceso.

Los mapas y diagramas de flujo de procesos permiten una perspectiva más amplia de problemas potenciales y oportunidades para la mejora de procesos. Los equipos que usan estas herramientas obtienen una mejor comprensión de los pasos del proceso y la secuencia de operaciones.

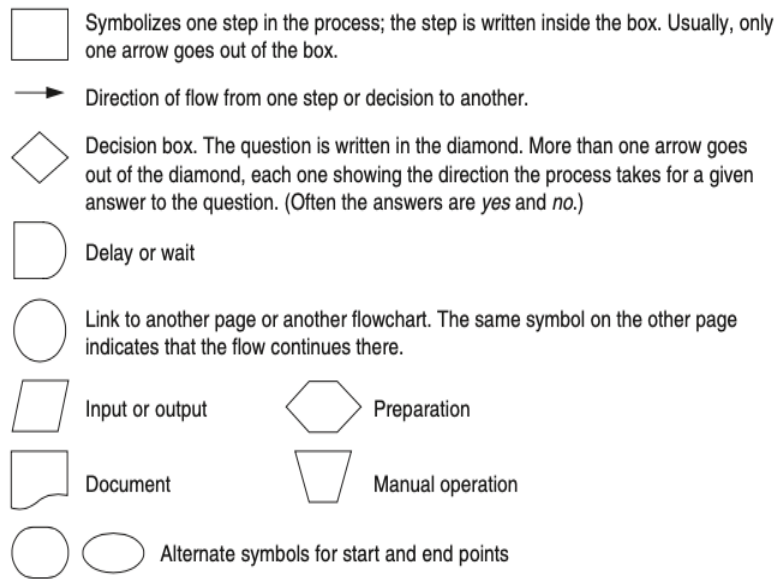


Fig. 8 Símbolos comúnmente utilizados en diagramas de flujo y mapas de procesos [3]

Es una herramienta que describe visualmente el flujo de trabajo. Para esto se debe tomar en cuenta:

- Establecer los límites (donde comienza el proceso y donde termina).
- Identificar acciones (pasos), orden y enlaces.
- Comprobar (volver y comprobar si está completo).
- Revisar y optimizar (análisis y mejora) [3]

Los mapas de proceso y los diagramas de flujo se utilizan para aumentar la comprensión de un proceso, analizar cómo se podría mejorar un proceso y mostrar a otros como se realiza un proceso; también puede ayudar a identificar problemas.

Ahorran tiempo y simplifican los proyectos porque:

- Proporciona comunicación visual efectiva de ideas, información y datos.
- Ayuda con la resolución de problemas.
- Identifica problemas y posibles soluciones.
- Muestra los procesos a detalle de inicio a fin, desglosados en pasos, con conexiones y secuencias, utilizando símbolos que son fáciles de seguir [11].

## 2.3 Analizar

En la fase de análisis, se utilizan métodos y herramientas estadísticas para identificar piezas clave de información que son críticas para explicar los productos defectuosos. Los datos se recopilan para determinar las relaciones entre los factores variables en el proceso y para determinar el método para las mejoras. Esta fase determina qué tan bien o qué tan mal se está desempeñando actualmente el proceso e identifica las posibles causas de la variación en la calidad. Los datos analizados pueden revelar la naturaleza básica y el comportamiento del proceso, y mostrar cuán capaz y estable es el proceso durante un período prolongado de tiempo.

### 2.3.1 ¿Cómo analizar el problema?

Dependiendo de la información que tenga, la herramienta correcta debe ser elegida.

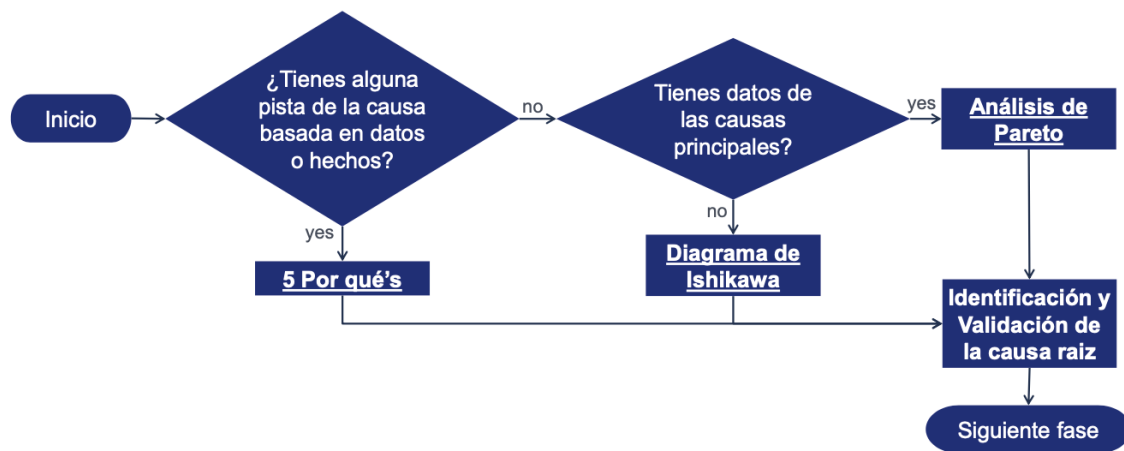


Fig. 9 Mapeo de análisis

### 2.3.2 5's

El método de los 5 porqués hace la pregunta: "¿Por qué existe este problema?" cinco veces, conduciendo a un nivel más detallado con cada "por qué" para llegar a la causa raíz del problema. Con frecuencia, la causa raíz reside en un sistema o proceso. El proceso se llama 5 porqués porque generalmente se puede llegar al caso raíz preguntando "por qué" varias veces, generalmente al menos cinco veces (No es necesario cuestionar "por qué" 5 veces). La progresión secuencial y el diagnóstico de los "porqués" posteriores se vuelven cada vez más intensos, profundizando en las causas que contribuyen al problema. Generalmente, en la

quinta pregunta de "por qué", se revela la verdadera brecha que requiere resolución [3].

Este método debe incluir en sus cuestionamientos las siguientes referencias para saber cuándo hay que parar:

- Relevancia: ¿Qué tan relevantes son las preguntas y respuestas para el problema original?
- Controlabilidad: ¿Encontró una causa raíz que realmente ayuda a controlar el problema?
- Proceso, política o personas [12]

### **2.3.3 Gráfico Pareto**

Separa los pocos vitales de los muchos triviales.

Los diagramas de Pareto representan gráficamente datos categóricos. Un diagrama de Pareto es un gráfico de barras, y cada barra representa una categoría, las barras están ordenadas en orden descendente de izquierda a derecha.

Para este gráfico la regla número 1 es "la regla 80/20". Como se dijo antes "Separar los pocos vitales de los muchos triviales" [3].

#### **2.3.3.1 ¿Cuándo usar un gráfico de Pareto?**

Al analizar datos sobre la frecuencia de problemas o causas en un proceso, cuando hay muchos problemas o causas y desea centrarse en los más significativos. También es muy importante al momento de comunicar a otros los datos que se tienen.

### **2.3.4 Diagrama Ishikawa**

Desarrollado originalmente en la década de 1940 por Kaoru Ishikawa en Japón, el diagrama de causa y efecto es una herramienta de análisis gráfico que permite al usuario mostrar los factores involucrados en una situación dada. Los diagramas de causa y efecto se dibujan para ilustrar claramente las diversas causas que afectan el elemento que se investiga [3].

Esta causa puede ser cualquier elemento o suceso relacionado con el efecto (y) que se está estudiando. Por lo tanto, el efecto de una situación es el resultado de la función de las causas [ $y = f(x)$ ].

Para este diagrama se debe considerar empezar con las 6 M's (por sus siglas en inglés):

- Hombre (personas/operadores)
- Máquinas (equipo)
- Métodos (operaciones)
- Materiales
- Medición
- Madre naturaleza (medio ambiente)

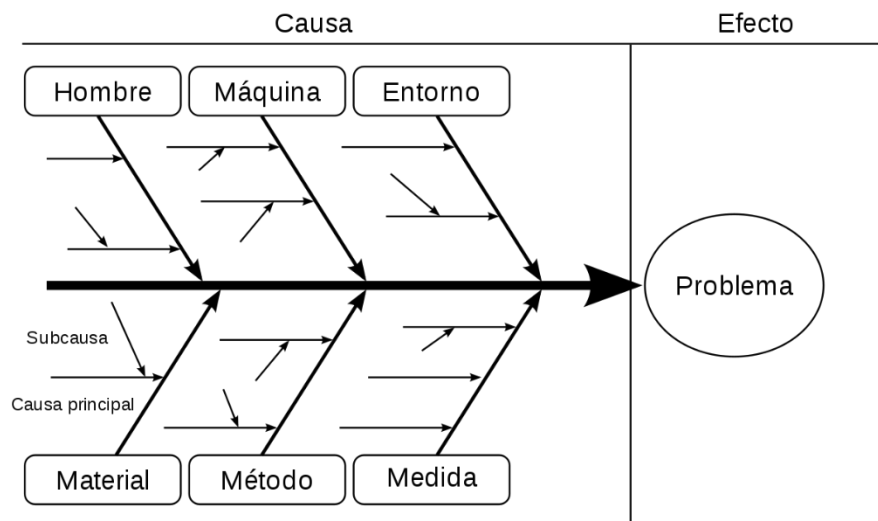


Fig. 10 Diagrama Ishikawa [15]

Se puede utilizar para estructurar una sesión de lluvia de ideas, inmediatamente ordena las ideas en categorías útiles.

#### 2.3.4.1 Procedimiento de diagrama Ishikawa:

- Declare correctamente el problema
- Escriba las categorías de causas como ramas de la flecha principal.

- Haga una lluvia de ideas sobre todas las posibles causas del problema. Pregunte “¿Por qué sucede esto? “, a medida que se da cada idea se va escribiendo a una rama de la categoría apropiada.

El trabajo en equipo es un componente crítico del éxito de los proyectos Six Sigma.

## **2.4 Mejora**

Esta fase es para implementar y verificar la solución. El equipo pasa al desarrollo de soluciones. Un esfuerzo de mejora estructurado puede llevar a soluciones innovadoras y elegantes [3].

Las capacidades de investigación dentro del diseño de experimentos están respaldadas por una descripción práctica de formas efectivas de analizar las causas raíz.

### **2.4.1 Diseño de experimentos (DOE)**

El diseño de experimentos (DOE) se puede resumir como un conjunto de experimentos planificados realizados por un experimentador. El experimentador ajusta un conjunto de variables bajo condiciones controladas para recopilar los resultados necesarios para determinar si se obtiene un resultado significativo de esos ajustes [13].

Un experimento planificado y ejecutado estratégicamente puede proporcionar una gran cantidad de información sobre el efecto y las causas. El termino experimento se define como el procedimiento sistemático llevado a cabo bajo condiciones controladas para descubrir un efecto desconocido, para probar o establecer una hipótesis, o para ilustrar un efecto conocido. Cuando se analiza un proceso, los experimentos se utilizan a menudo para evaluar que entradas del proceso tienen un impacto significativo en la salida del proceso, y cuál debería ser el nivel objetivo de esas entradas para lograr un resultado deseado (salida) [5].

Un experimento bien realizado puede proporcionar respuestas a preguntas como:

- ¿Cuáles son los factores clave en un proceso?
- ¿En qué ajustes el proceso ofrecería un rendimiento aceptable?
- ¿Cuáles son los efectos clave, principales y de interacción en el proceso?
- ¿Qué ajustes traerían menos variación en la salida?

El objetivo de un experimento diseñado es generar conocimiento sobre un producto o proceso. El experimento busca encontrar el efecto que tiene un conjunto de variables independientes en un conjunto de variables dependientes. Las variables independientes que controla el experimentador se denominan factores de control o factores de señal, o, a veces, solo factores. Los otros factores se denominan factores de ruido [3].

En la terminología del diseño experimental, cada resultado se mide en correspondencia con un conjunto de niveles de diferentes factores que pueden influir en él. El experimentador desea específicamente estudiar cómo el resultado depende de su variación. Algunos otros efectos corresponden a la variabilidad inevitable en el entorno experimental, y el investigador principalmente desea controlar su presencia en la interpretación de los resultados [7].

Diseñar experimentos implica diseñar un conjunto de experimentos para identificar las condiciones óptimas, los factores que más influyen en los resultados y detalles como la existencia de interacciones y sinergias entre los factores.

Tipos de experimentos:

- Prueba y error
- Un factor a la vez (OFAT)
- Factoriales completas [5]

#### **2.4.1.1 Principios de diseño del DOE**

Aleatorización. Es un método de diseño y organización del experimento que intenta disminuir los efectos de la variación de causa especial mediante la asignación aleatoria de cuándo se realizará la prueba [3].

Bloqueo. El bloqueo intenta mitigar el efecto de las variables que estamos intentando eliminar o evitar. El bloqueo es un método de diseño y organización del experimento que intenta disminuir los efectos de la variación de causa especial al agrupar los experimentos en lotes de pruebas o corridas [3].

Replicación. Esta es la repetición del conjunto de todas las combinaciones de tratamiento que se compararán en un experimento en un orden aleatorio [3].

#### **2.4.2 Análisis de causas raíz**

Resolver problemas y prevenir su recurrencia son capacidades que refuerzan la importancia de los métodos de calidad efectivos. Las prácticas de calidad se utilizan para investigar y mejorar las deficiencias de calidad, planificar proyectos exitosos y compromisos comerciales, y revisar las limitaciones de recursos para identificar ineficiencias. A medida que las experiencias de resolución de problemas y resolución de problemas se incorporan al programa de calidad general y a la base de conocimientos de la organización, las puertas de peaje y las validaciones se pueden aplicar a los procesos para capturar e informar problemas de calidad. Esto ayuda a proporcionar los datos de entrada necesarios para la resolución eficaz de problemas [13].

La resolución de problemas se puede resumir con varias técnicas, comenzando con el enfoque de ocho disciplinas (8D).

- Utilice un enfoque de equipo
- Describir el problema
- Iniciar y verificar acciones provisionales
- Definir y verificar las causas raíz
- Comprobar la acción correctiva
- Iniciar acción correctiva permanente
- Detener problemas futuros
- Felicitar al equipo [3]

La acción correctiva se puede resumir en un marco de siete fases de acción correctiva. Este marco, junto con el método 8D resumido anteriormente, proporciona un enfoque incremental que se puede asignar a los planes y tareas del proyecto. Siguiendo esta estructura, se pueden derivar estimaciones razonables de tiempo, recursos, materiales y esfuerzos.

### **Fase 1: identificar la oportunidad (identificación del problema)**

Se deben identificar y priorizar oportunidades de mejora, luego de lo cual se debe establecer el equipo y el alcance. Los problemas que tienen el mayor potencial de mejora y la mayor necesidad de solución se pueden identificar de diferentes fuentes:

- Análisis de Pareto
- Propuestas de esquemas de sugerencias
- Estudio de campo de las necesidades de los usuarios, resultados competitivos y comentarios del mercado
- Resultados de auditoría y observaciones de auditores de sistemas, reguladores gubernamentales y laboratorios
- Encuesta a clientes, empleados y partes interesadas
- Lluvia de ideas y contribuciones creativas

Después de identificar los problemas, se debe seleccionar un equipo de acción correctiva y un líder de equipo para que se encarguen de la mejora del proceso, establezcan metas e hitos, e impulsen los esfuerzos hasta su finalización [3].

### **Fase 2: analizar el proceso actual**

En esta fase, los límites del proceso se definen especificando salidas y clientes, entradas y proveedores, y flujo de proceso. Los niveles de satisfacción del cliente y las mediciones necesarias se determinan para permitir la recopilación de datos y la identificación de la causa raíz. Esto se logra mejor desarrollando un diagrama de flujo de proceso y definiendo las medidas de proceso relevantes considerando:

- Medidas de desempeño con respecto a los requisitos del cliente
- Datos necesarios para gestionar el proceso

- Comentarios de clientes y proveedores
- Calidad / costo / cronograma de insumos y productos [3].

Las ventajas de la recopilación de datos son:

- Confirmación de problemas
- Hechos de apoyo
- Criterios de medición para las líneas de base de la configuración
- Capacidad para medir la efectividad de una solución implementada [3]

Los datos se pueden recopilar mediante varios métodos diferentes, como hojas de verificación, computadora con software de aplicación, dispositivos de recopilación de datos como medidores de mano o un sistema en línea [14].

### **Fase 3: desarrollar la solución óptima (corrección)**

Una vez obtenida la información, el equipo del proyecto comienza su búsqueda de posibles soluciones. La creatividad y la lluvia de ideas sobre posibles soluciones requieren la creación, combinación o modificación de prácticas existentes. La combinación de dos o más procesos es una actividad de síntesis que depende en gran medida de la evaluación comparativa [3].

### **Fase 4: implementar cambios**

Los cambios se implementan utilizando un plan de implementación que describe el "quién, qué, cuándo, dónde, por qué y cómo" de la implementación. El plan de implementación incluye las responsabilidades, horarios, hitos y actividades de monitoreo relacionadas con los enfoques de medición. Se utilizan herramientas de medición como gráficos de ejecución, gráficos de control, diagramas de Pareto, histogramas, hojas de verificación y cuestionarios para monitorear y evaluar el cambio del proceso [3].

### **Fase 5: estudio de los resultados**

Al recopilar datos y revisar los resultados, se pueden lograr cambios significativos y mejoras continuas. Al evaluar los resultados, el equipo puede verificar y validar que el problema se ha resuelto o determinar si se han desarrollado problemas imprevistos como resultado de los cambios. Si el equipo no está satisfecho, será necesario repetir algunas de las fases anteriores [3].

### **Fase 6: estandarizar la solución (control de recurrencia)**

El control positivo asegura que las variables importantes se mantengan bajo control. Especifica el qué, quién, cómo, dónde y cuándo del proceso y es una actualización de la actividad de seguimiento. Estandarizar la solución evita la reincidencia. Además, los periféricos de calidad (el sistema, el entorno y la supervisión) deben estar certificados. Por último, los operadores necesitan instrucciones claras para el proceso en particular y capacitación cruzada dentro del proceso para garantizar el conocimiento del próximo cliente y la rotación de trabajos. También es deseable un conocimiento total del producto.

### **Fase 7: Planificar para el futuro (evaluación de la eficacia)**

Se deben realizar revisiones periódicas del progreso del programa para identificar áreas de mejora futura y realizar un seguimiento del desempeño con respecto a los clientes internos y externos. También deben realizar un seguimiento de los requisitos cambiantes del cliente. Al incorporar la medición de procesos y la resolución de problemas en equipo en todas las actividades de trabajo, se pueden mejorar los niveles de calidad, entrega y costos, y se reducirán la complejidad, la variación y los procesos fuera de control. Estas lecciones aprendidas en la resolución de problemas deben transferirse a las actividades apropiadas dentro de la organización para mejorar la base de conocimientos de la empresa [3].

#### **2.4.2.1 Metodología de análisis de causa raíz**

El análisis de causa raíz (RCA) es una metodología que se utiliza para analizar un problema y poner una solución en su lugar para que el problema no vuelva a

sucedir. El objetivo de RCA es determinar y abordar la causa raíz del problema. La metodología es la piedra angular de la mejora continua [14].

La metodología para realizar El Análisis de Causa Raíz es:

- Definir y documentar el problema que requiere RCA
- Entender el problema
- Recopilar y analizar datos
- Determinar la causa raíz
- Establecer un plan de acción correctiva
- Implementar el plan de acciones correctivas
- Evaluar los efectos de la implementación para demostrar que se eliminó la causa raíz del problema [14]

Algunas técnicas utilizadas para descubrir la causa raíz incluyen:

- Diagrama de Ishikawa
- 5 por qué
- Es/ no es Análisis comparativo [3]

### **2.4.3 Herramientas Lean**

Todas las organizaciones deben mejorar continuamente en todos los frentes: calidad, costo, entrega, satisfacción del cliente y previsibilidad. El objetivo es lograr y mantener mejoras en el desempeño. Un enfoque holístico que combine los beneficios de Lean y Six Sigma abordará de manera más efectiva:

- Medidas clave de desempeño e identificación de brechas de desempeño
- Múltiples aspectos de la gestión de procesos, incluido el diseño, la mejora y el control
- Mejora en múltiples áreas funcionales más allá de la fabricación para incluir procesos de servicio, transaccionales y administrativos
- Incorporar metas financieras, presupuestos y revisiones dentro del marco de mejora [3]

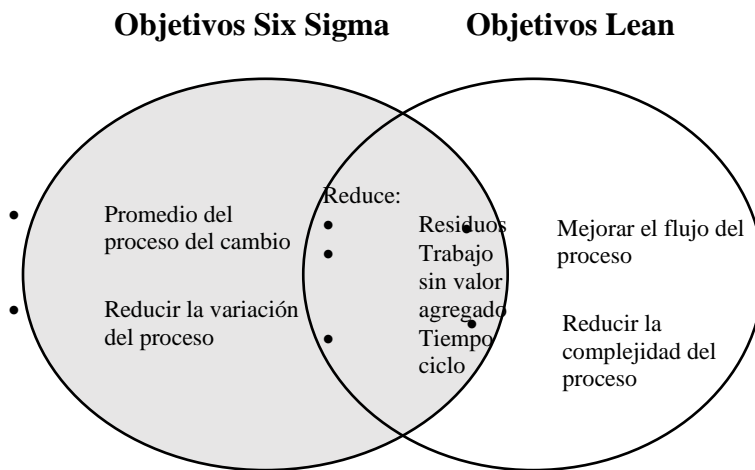


Fig. 11 Objetivo Six Sigma [3]

Lean es la aplicación de herramientas para la eliminación de desperdicio y variación en un proceso, lo que finalmente permite obtener resultados que se entregarán de manera más eficiente y estarán más cerca de las especificaciones y expectativas establecidas por el cliente. Las herramientas Lean para el control son:

- 5´s
- Fabrica visual
- Método *Kaizen*
- Kanban
- *Poka Yoke*
- Mantenimiento Productivo Total (TPM) [15]

#### 2.4.3.1 Eliminación de residuos

Tenemos que evitar *Muda* (desperdicio), *Mura* (desigualdad) y *Muri* (trabajo excesivo).

*Muda*: cualquier forma de desperdicio en el proceso.

*Mura*: cargas de trabajo desniveladas en la gente o maquinas.

*Muri*: sobrecarga de trabajo en personas o maquinas [12]

## **8 desperdicios**

**Defectos:** el trabajo que se pensó que estaba completo pero que necesita ser arreglado debido a que no cumple con las necesidades del cliente. La inspección es lo mismo que la revisión y esto está en curso porque el cliente interno no confía en que se pueda ofrecer lo que se requiere. Esto conduce a una mayor revisión de defectos, se tiene que arreglar el proceso para producir un buen producto.

**Sobreproducción:** el desperdicio más importante es la sobreproducción. Este es el acto de producir más de lo que necesita o lo que realmente paga.

**Espera:** Un periodo de tiempo de retraso empleado mientras se espera que algo suceda o está listo para que algo suceda. El desperdicio de espera es un tiempo de inactividad creado cuando el material, la información, las personas o el equipo no están listos.

**Gente:** las habilidades y conocimientos de las personas no se usan de manera efectiva o apropiada. Esto sucede con frecuencia en grandes organizaciones donde las habilidades y los antecedentes de todos no son de conocimiento común. El mayor delito en esta categoría es no empoderar o permitir que las personas más relacionadas en el proceso mejoren dicho proceso.

**Transportación:** aquí es donde se debe tomar el producto en el que se está trabajando y moverlo a algún lugar. Ese acto de movimiento no cambia el ajuste, la forma o la función.

**Inventario:** el inventario es un resultado de las cargas de trabajo no equilibradas. Se puede encontrar en los buzones de correo electrónico u orden de trabajo, en las listas de tareas, en los procesos de producción.

**Movimiento:** el movimiento se muestra a medida que las personas buscan archivos que no pueden encontrar.

Sobre procesamiento: aparece en aprobaciones de firmas adicionales, entrada de datos o cambios de formato de datos [5]

## 2.5 Control

### 2.5.1 Control estadístico de proceso (SPC)

La base de la parte de control de un programa Six Sigma es la aplicación e interpretación correctas de los gráficos de control, que generalmente se clasifican como control de proceso estadístico (SPC) [3].

El propósito de SPC no es específicamente crear matrices y archivos de gráficos de control por sí mismos, sino aplicar esta información de manera constructiva para construir y adaptar procesos, documentar procedimientos y mantener las ganancias obtenidas de iniciativas de mejora exitosas. A través de estos métodos y técnicas, los controles de proceso necesarios pueden afianzarse como una nueva línea de base sobre la cual se pueden realizar mejoras futuras [3].

El objetivo de cualquier actividad de calidad es satisfacer las necesidades del cliente. El control estadístico de procesos consiste en un conjunto de herramientas y actividades que contribuyen a esta meta a través de los siguientes objetivos:

- Monitoreo de proceso en tiempo real
- Identificar si los procesos están funcionando como se esperaba
- Tomando decisiones estadísticamente válidas
- Centrando el proceso
- Determinar cuándo y cuándo no actuar en el proceso.
- Determinar el tipo de acción a realizar
- Cuantificar y reducir la variación
- Mejorar la comprensión de productos y procesos
- Mejora del diseño de productos y procesos
- Monitorear la mejora continua y confirmar que los cambios fueron efectivos

Las herramientas de SPC logran estos objetivos mediante la recopilación y el análisis de datos [3].

Para utilizar SPC de manera eficaz, cree un plan de recopilación de datos y recopile todos los datos posibles. Puede haber datos históricos disponibles, pero se utilizan con precaución. Un enfoque consiste en colocar los datos recopilados en un histograma y calcular la media y la desviación estándar. El histograma proporciona una imagen visual de la variación y el centro del proceso, mientras que la media y la desviación estándar proporcionan valores numéricos para la comparación.

La mejora del proceso no se limita al piso de la fábrica o las instalaciones de fabricación. Cualquier proceso puede monitorearse usando técnicas básicas de SPC. Una vez que se establece el control del proceso, puede realizar cambios para ver si estos alteran la variación o mueven el objetivo [16].

#### **2.5.1.1 Capacidad del proceso: causas especiales versus causas comunes**

Cada proceso tiene variación. La mejora del proceso requiere reducir la cantidad de variación que está presente actualmente. La variación puede ser física, mecánica o de procedimiento. Los límites de la especificación deben reflejar la voz del cliente. La variación del proceso tiene dos categorías principales: especial y común. La variación debe ser rastreable hasta sus fuentes, por lo que es necesario distinguir entre causas comunes y especiales [3].

Las causas comunes de variación son aquellas que son inherentes al proceso y generalmente no son controlables por los operadores del proceso. La variación de causa común también se conoce como variación natural y se refiere a las muchas fuentes de variación dentro de un proceso. Los casos comunes residen en el proceso dentro del control estadístico y se pueden caracterizar por la ubicación, la extensión y la forma para la previsibilidad [3].

Las causas especiales de variación incluyen eventos inusuales que el operador, cuando se le alerta adecuadamente, generalmente puede eliminar o ajustar. Las causas especiales a veces se denominan causas asignables. A menos que se identifiquen y mitiguen todas las causas especiales de variación, el resultado del proceso se verá influenciado de manera impredecible, con resultados aleatorios.

El propósito principal de los gráficos de control es reconocer la presencia de causas especiales para que se puedan tomar las medidas adecuadas. Si bien tanto las causas especiales como las comunes se pueden detectar con técnicas estadísticas, las causas comunes son más difíciles de aislar y eliminar. Se considera que un proceso está bajo control estadístico cuando solo quedan causas comunes después de eliminar las causas especiales [3].

### **2.5.2 Gráficos de control**

El control estadístico de procesos (SPC) es un método de análisis y recopilación de datos que se utiliza para respaldar las decisiones del proceso con evidencia objetiva. Los valores en los gráficos de control pueden ser mediciones continuas precisas y exactas o recuentos de ocurrencias [17].

#### **2.5.2.1 Gráficos variables**

Los gráficos de variables se denominan así porque los datos que se trazarán son el resultado de la medición en una escala variable o continua. Este tipo de medición ocurre cuando para cada par de valores hay un número infinito de valores posibles entre ellos. Los datos de las variables son siempre cuantitativos y continuos, por lo tanto, se pueden utilizar grupos de muestra más pequeños para los gráficos. Generalmente, se utilizan 25 subgrupos antes de construir el gráfico de control para el historial y las tendencias [13].

#### **2.5.2.2 Límites de control**

Los límites de control se calculan en función de los datos del proceso. Al calcular los límites de control, es prudente recopilar tantos datos como sea posible. Muchas

autoridades especifican al menos 25 muestras. Es muy importante que el tamaño de la muestra se mantenga constante [3].

Control de límite superior para el gráfico de promedios:  $UCL_x: \bar{X} + A_2R$

Límite de control inferior para el gráfico de promedios:  $LCL_x: \bar{X} - A_2R$

Límite de control superior para el gráfico de rango:  $UCL_R: D_4R$

Límite de control inferior para el gráfico de rango:  $LCL_R: D_3R$

Donde

$\bar{X}$  = promedios de los promedios de la muestra

$R$  = promedios de los rangos

$A_2, D_3$ , y  $D_4$  son constantes [3].

### 2.5.3 Análisis de gráficos de control

Una herramienta crítica en el análisis de datos graficados es el registro de procesos. Las entradas en el registro deben incluir todos los cambios en el proceso y su entorno [3].

Cada una de las fórmulas de límite de control utiliza datos del proceso. Los límites superior e inferior se sitúan al  $\pm 3\sigma$  del promedio. El gráfico de control compara cada nuevo punto con la distribución que se utilizó como base para los límites de control. Los límites de control encierran la gran mayoría de los puntos de la distribución, el 99,72% si es una distribución normal. Cuando un punto cae fuera de los límites de control, la probabilidad de que el proceso haya cambiado es bastante alta [3].

Uno de los peligros de usar un gráfico de control sin el entrenamiento adecuado es la tendencia a reaccionar ante un punto que no está bien en el objetivo ajustando el proceso, aunque el gráfico no indique que el proceso ha cambiado. Si se realizan ajustes cuando un punto no está exactamente en el objetivo, puede tender a desestabilizar un proceso estable.

#### 2.5.4 Plan de control

El plan de control informa al operador de los elementos del sistema para controlar piezas y procesos durante la producción completa. El plan de control es un documento, actualizado según sea necesario, que explica cómo controlar el flujo de trabajo en su proceso. Debe tener, como mínimo, la siguiente información básica:

- Un diagrama de flujo u otra representación gráfica del proceso con los resultados deseados mostrados
- Cualquier característica especial o de seguridad debe mostrarse claramente en el plan de control
- Una descripción de la relación directa entre cualquier característica resaltada y sus ajustes o parámetros de proceso de control
- Identificación de cualquier calibre o equipo de prueba necesario para las operaciones
- Identificación de tamaños de muestra apropiados y frecuencias de todas las pruebas
- Cualquier reacción al modo de falla y a las condiciones del análisis de efectos debe detallarse para evitar un producto no conforme o condiciones fuera de control
- Los operadores deben comprender fácilmente el plan de reacción
- Criterios que se pueden utilizar para verificar la precisión y validar la alineación con la siguiente operación del proceso [9]

El propósito de un plan de control es mantener las ganancias realizadas a través de las fases previas de Six Sigma de diseño, medición, análisis y mejora. El plan de control debe describir los pasos a seguir durante cada fase del proceso para asegurar que todas las salidas del proceso estarán en un estado de control.

Elementos y atributos que deben formar parte de un plan de control:

- Sujeto de control: las características de un producto o proceso que se someten a seguimiento y / o medición como una forma de seguimiento e identificación de condiciones en las que el proceso puede estar fuera de control

- Estándar de rendimiento: permite al operador del proceso evaluar el rendimiento actual en relación con los límites de control predeterminados.
- Unidades de medida: la consistencia de la medición es imperativa para la objetividad y la aceptación de los resultados del control.
- Reglas de medición: esto incluye el dispositivo de medición, la frecuencia de medición, el tamaño de la muestra y la forma de registro.
- Acciones: Si las medidas del proceso caen fuera de los límites o estándares de control, el plan de control debe especificar las acciones para la resolución de problemas, corrección y restauración.
- Decisión: debe haber un lugar para mostrar quién decide y lleva a cabo las acciones a tomar.
- Registro: el plan de control debe especificar dónde se registran y archivan las acciones para referencia futura o análisis de tendencias más extenso
- Versión: esto es necesario para comunicar si el plan de control es el último publicado y en uso [11].

# CAPÍTULO III

---

## 3.0 PROCEDIMIENTOS

### 3.1 Proyecto Six Sigma Green Belt – Reducción de HBLKT apretado.

#### 3.1.1 ¿Que es el HBLKT?

Es un subensamble que consta de 5 componentes metálicos, que una vez ensamblados con la parte upper de la cerradura, permite el movimiento mecánico a la cerradura, así como la función abrir-cerrar. Este se muestra en la Fig. 12.



Fig. 12 HBLKT. Cortesía de Kiekert de México S.A de C.V

#### 3.1.2 Generales del proyecto

Alcance: Línea de producción GL2-NAFTA

Ahorros esperados del proyecto: €5410.94

Objetivo SMART: Reducir un 40% el número de subensambles y al mismo tiempo el número de piezas que presenten la falla.

Se tomaron mediciones de el scrap producido por este problema durante 3 meses, los cuales fueron: febrero, marzo y abril del año 2019. Los cuales arrojaron los siguientes datos (se muestran en las tablas 02,03,04):

- Febrero: €1,130.00
- Marzo: €895.83
- Abril: €990.00

Los ahorros que se esperan de este proyecto se muestran en la tabla 02.

### 3.1.3 Project Charter

Tabla 02 Project Charter. Cortesía de Kiekert de México S.A de C.V

Project Charter				
<b>Título del Proyecto:</b>	<b>Reducción de scrap de HBKT apretado</b>			
<b>Unidad de Negocios:</b>	GL2 NAFTA	<b>Ahorros Esperados del Proyecto:</b>	€ 5,410.94	
<b>Champion:</b>	A. Macedonio	<b>Fecha de Inicio:</b>	20/05/2019	
<b>Green Belt / Black Belt:</b>	J. Ricardo Villa	<b>Fecha de Termino:</b>	20/08/2019	
<b>Objetivos:</b>	Reducir un 40% el numero de sub ensambles y al mismo tiempo el numero de piezas que presenten esta falla.			
	<b>Indicador</b>	<b>Baseline</b>	<b>Meta</b>	<b>Después de la mejora</b>
	Scrap	€ 13,527.36	€ 8,116.42	
<b>Caso del Negocio: (Problema)</b>	Durante el mes de Abril el scrap ocasionado por HBKT fue de 1127.26, esto proyectado a 12 meses da una suma de 13527.36. Y se planea reducir a 8116.42 (a un 40%).			
<b>Miembros del Equipo</b>	<b>Rol</b>	<b>Nombre</b>	<b>% Tiempo Comprometido</b>	
	Green/Black Belt	J. Ricardo Villa	25%	
	Manufactura	Jorge Mora	5%	
	Calidad	Jorge Ramirez	5%	
	Producción	Federico Amastal	5%	
	Costos	Raul Martinez	5%	
	Metrologia	Julio Palma	5%	
	Tecnicos SPC	Miguel Contreras	5%	
Tecnico Mantenimiento	Valentin Salgado	5%		
<b>Alcance del Proyecto:</b>	Linea GL2 NAFTA, para versiones BMW Y DAIMLER, izquierdas, derechas y doble bloqueo.			
<b>Beneficios para el cliente externo</b>	Reducir la probabilidad de reclamo de cliente.			
<b>D M A I C</b>	<b>Fechas clave para completar la tarea</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Real</b>	<b>Estatus - Revisión</b>
<b>Programacion</b> (Plan de seguimiento de proyecto)	D - Definir	20/05/2019		
	M - Medir	21/06/2019		
	A - Analisis	20/07/2019		
	I - Mejora	02/08/2019		
	C - Control	15/08/2019		
<b>Apoyo requerido:</b>				
<b>CONTROLLING</b>	<b>Total de impacto financiero calculado</b>	<i>inicial</i>	<i>Final</i>	
Impacto Financiero Validado (€) :			Valida por:	
<b>Aprobadores:</b>			Analista Financiero	
<b>Análisis de riesgo verificado? (ok/nok)</b>				Ing. Roberto Pereira Director de planta
<b>Preparado por:</b>	<b>Champion: Alfredo Macedonio</b>			
<b>Fecha:</b>	21-May-19		<b>Fecha de prox. Revision:</b>	

### 3.2 Medir-Medición de la magnitud del problema

Para esta fase se tomó un índice del porcentaje de SCRAP que se produce por HBLKT apretado. Se obtuvieron datos 3 meses atrás de que se iniciara el proyecto, este se inició en el mes de mayo, así que los meses tomados fueron: febrero, marzo y abril del año 2019.

Gráficas de tendencia de SCRAP 2019 GL2-NAFTA:

Gráfica mes de febrero 2019

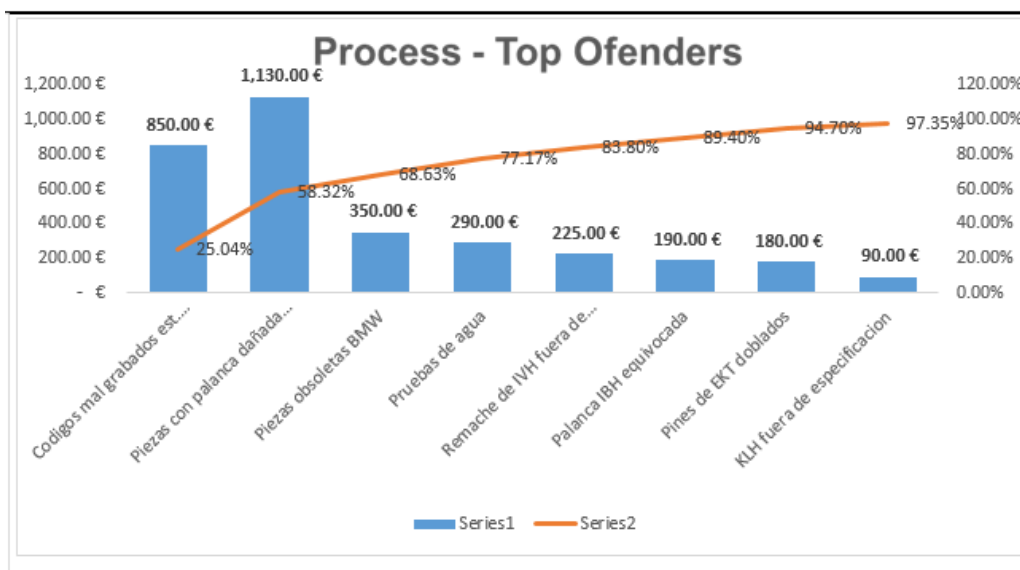


Fig. 13 SCRAP 28 febrero 2019. Cortesía de Kiekert de México S.A de C.V

Gráfica mes de marzo 2019

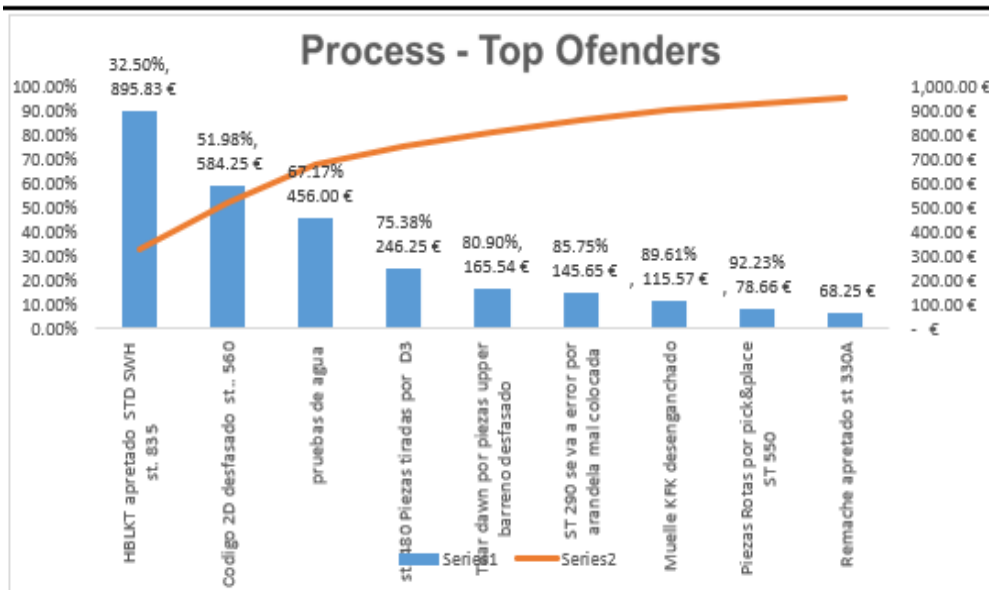


Fig. 14 SCRAP 31 marzo 2019. Cortesía de Kiekert de México S.A de C.V

Gráfica mes de abril 2019

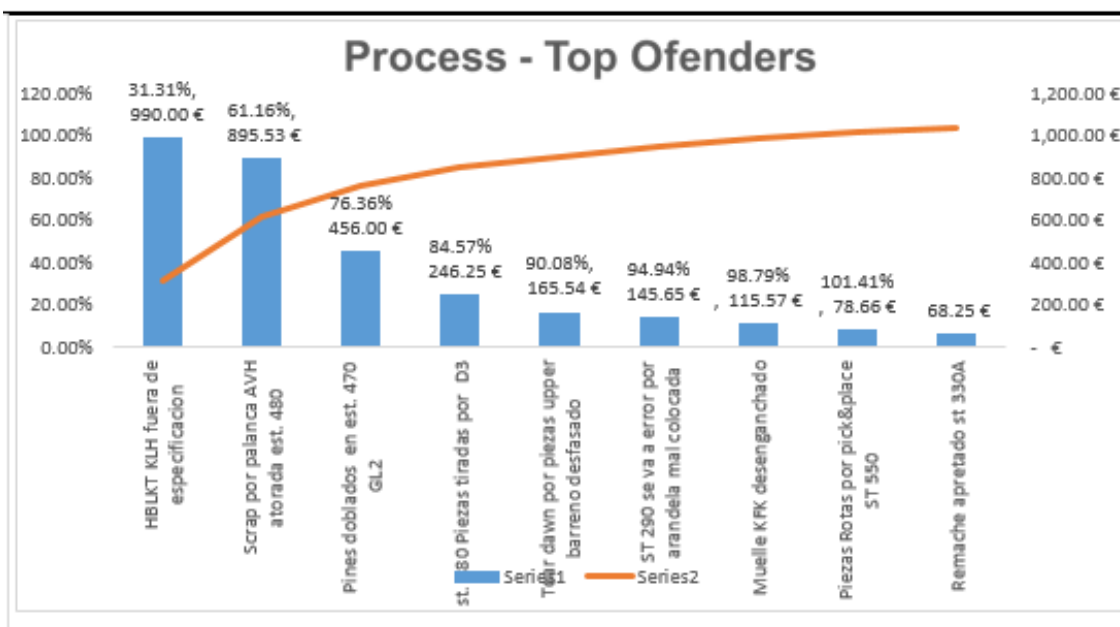


Fig. 15 SCRAP 30 abril 2019. Cortesía de Kiekert de México S.A de C.V

### 3.2.1 Estudio R Y R por atributos para el proyecto Six Sigma Green Belt Kiekert de México.

De acuerdo con los datos recabados, se tomó la decisión de realizar este proyecto con procesos por atributos.

Tabla 03 Estudio R y R por atributos 1. Cortesía de Kiekert de México S.A de C.V

kiekert de México Estudio de R&R por Atributos.										
Numero de Parte: 4054 3133			Nombre y numero del equipo evaluado:			Fecha del Estudio: 26/06/2019			Operador A:	
Nombre de la parte:			No. De Identificacion (Test Skill):			Fecha de Proximo Estudio:			Operador B:	
Característica a Verificar Movimiento erroneo palanca kissi			Tipo de gage:			Especificaciones Sup e Inf:			Operador C:	
Tabla de Datos										
PART	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3	C-1	C-2	C-3	Code
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
9	1	1	1	1	1	1	1	1	0	x
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x
19	1	1	1	1	1	1	1	0	0	x
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
29	1	1	1	1	1	1	1	1	0	x
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
31	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
33	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
37	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
39	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
41	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+
42	0	0	0	0	0	0	0	0	1	x
43	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+
44	0	0	0	0	0	0	0	0	1	x
45	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-



### 3.2.2 Mapeo de proceso para elaboración de proyecto Six Sigma Green Belt en Kiekert de México.

Proceso de elaboración de subensamble HBLKT.

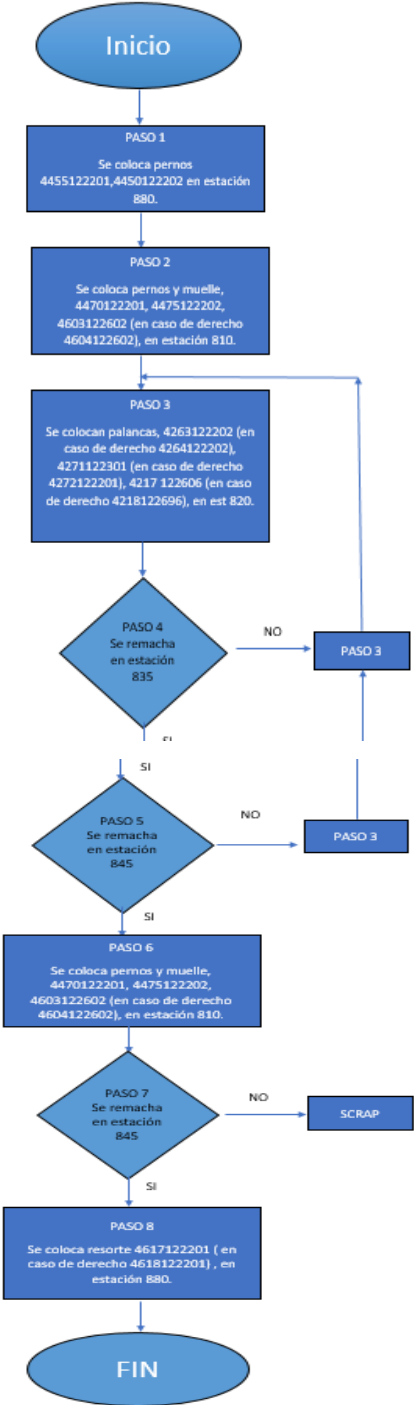


Diagrama 01 Mapeo de proceso de elaboración de HBLKT en Kiekert de México. Cortesía de Kiekert de México S.A de C.V

### 3.3 Analizar

El trabajo en equipo es un componente crítico del éxito de los proyectos Six Sigma. A continuación, se muestra el diagrama Ishikawa elaborado para el proyecto Six Sigma Green Belt.

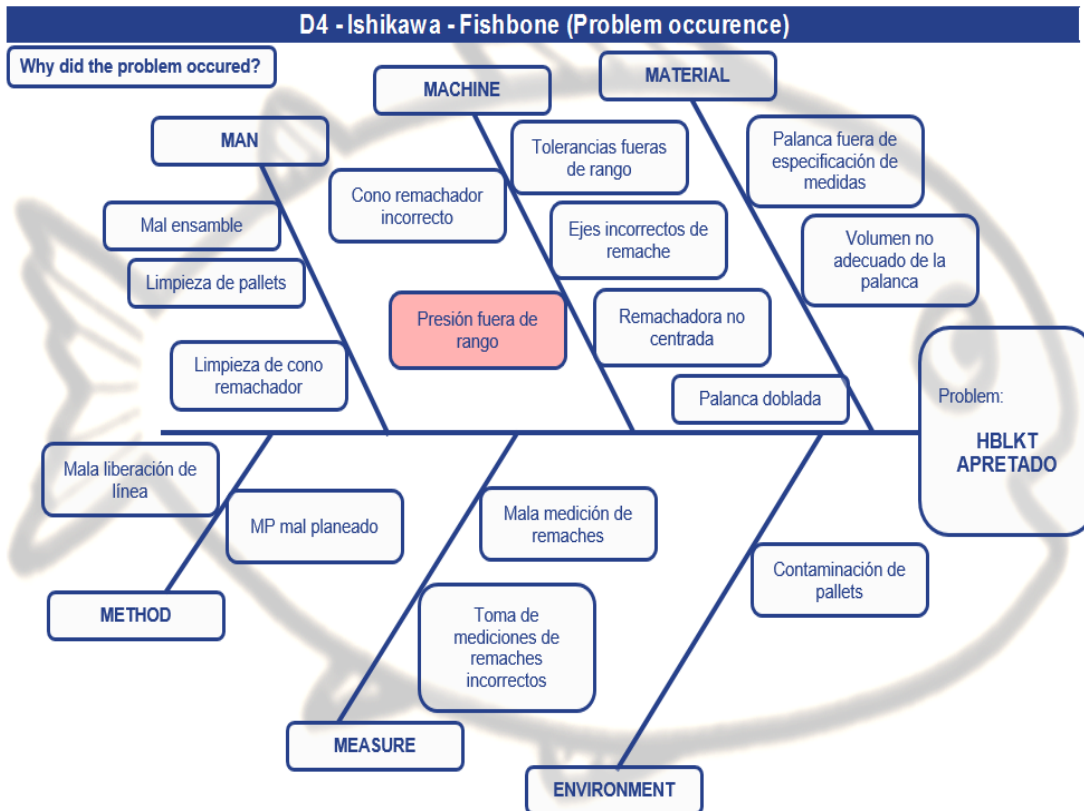


Diagrama 02 Diagrama Ishikawa para proyecto Six Sigma Green Belt- Reducción de HBLKT apretado en Kiekert de México. 27 junio 2019. Cortesía de Kiekert de México S.A de C.V

Se seleccionó la presión fuera de rango, ya que con el equipo se hicieron pruebas bajando y subiendo parámetros de remachado, cabe mencionar que el rango mínimo y máximo de estos es: H(altura) es de 4.70mm a 4.78mm, estos parámetros para que el remache no salga fuera de punto de especificación, el cual es: 3.5 mm +/- .10. Con estas pruebas el subensamble no presento cambio alguno. Se continuó haciendo pruebas nuevamente, ahora con la presión del equipo, los

parámetros base de esta son: de 10 a 15 bares, estos parámetros para que el remache no salga de algún punto de especificación como se comentó previamente. La máquina remachadora se colocó en su máxima presión (15 bares), se empezó a notar una mejora en el subensamble, ya que eran menos las piezas que presentaban el defecto. Este cambio de presión suscitó a que el tiempo tacto de la línea y de la remachadora se elevara, el tiempo tacto inicial es de 7.40 segundos y se llegó a elevar a 13 segundos.

Después de un análisis por parte del equipo, se tomó la decisión de cambiar la remachadora de modo H (altura) a modo T(tiempo), esto esperando a que el tiempo tacto de la remachadora bajara y se acoplara al tiempo tacto de la línea. La presión se redujo de 15-10 bares a 10-5 bares, el tiempo delimitado fue Tiempo mínimo: 0 segundos, Tiempo máximo: 1.8 segundos, estas presiones y tiempos se seleccionaron cuidando siempre que el remache no saliera de algún punto de especificación (3.5 mm +/- .10). Se empezó a notar una reducción favorable en el número de subensambles, sin embargo, la falla aun existía.

Una nota importante en esta etapa fue que nos percatamos que la maquina remachadora tenía una gran variación de presión en tiempos no determinados. Lo cual ocasionaba el defecto que el HBLKT se apretara.

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

## Mejora

Con lo trabajado en las fases anteriores, se llegó a esta etapa que es la fase de Mejora. En esta fase se tomaron acciones para implementar lo planeado en la fase anterior.

El problema u ocurrencia que se seleccionó en la fase anterior fue: Presión fuera de rango. Para esto se elaboró un SharePoint (Fig.14), indicándose las acciones a realizar y el para quien van indicadas.

SharePoint es una tarea dentro de una plataforma digital única de Kiekert de México, en la cual se indica la tarea a realizar, actividad, tiempo límite, y hacia quien va referida dicha tarea.

# Planes de acción SharePoint

Problem/Open Point	Revisar valvula proporcional
Action	Reducción de Scrap
Line	Línea GL2-NAFTA
Responsible	<input type="checkbox"/> Razo Juan
Support	<input type="checkbox"/> Villa Ricardo <input type="checkbox"/> Medina Luis <input type="checkbox"/> Amastal Federico <input type="checkbox"/> Larios Orlando
StartDate	8/22/2019
Due Date	9/6/2019
Validation	8/25/2019
Closed	8/25/2019
Result	Se realiza limpieza, lubricacion de bronce y cono, lubricacion de usillos y guias de transmision, verificacion de nivel de aceite hidraulico y cambio de modulo de ajuste de valvula proporcional.
% Complete	100
Description	Revisar valvula proporcional en estación 835, para que cersiorar que sean las mismas presiones de salida.
Task Status	Completed
Mes	2019/08
Created at 8/22/2019 11:23 AM	by <input type="checkbox"/> Villa Ricardo
Last modified at 8/29/2019 8:13 AM	by <input type="checkbox"/> Garcia Angel

[Close](#)

Fig16. Planes de acción SharePoint para proyecto Six Sigma Green Belt- Reducción de HBLKT apretado. Cortesía de Kiekert de México S.A de C.V.

Se genera sharepoint para revisar válvula proporcional en la estación de remachado, con el fin de cerciorar que las presiones con la válvula proporcional y la presión de salida concuerden.

Las válvulas proporcionales controlan la presión o el caudal de un sistema proporcionalmente a la señal eléctrica de entrada. En las válvulas de embrague impulsor la señal de entrada es inversamente proporcional al flujo de aceite y la presión que se maneja en dicha válvula, es decir, que un aumento de la corriente resulta en una disminución de flujo de aceite del embrague y por lo tanto de la presión, y en válvulas de embrague de traba o back up, la señal de entrada es directamente proporcional al flujo de aceite y la presión, es decir, un aumento de la

corriente resulta en un aumento del flujo de aceite del embrague, lo que produce un aumento de presión [18].

Al revisar la válvula proporcional del equipo, se notó que existía una discrepancia de 5 +/- 2 bares, esto ya que la válvula proporcional presentaba un desajuste ocasionado por el desgaste del tiempo. Y el que como al ser una línea nueva, se desconocía que este problema ocurriera, por lo tanto, no estaba contemplado en mantenimiento preventivo (MP) del departamento de mantenimiento.

Mediante una de las herramientas Lean, la cual fue “5 Por qué”, se elaboró el siguiente diagrama para este proyecto Six Sigma Green Belt.

5 WHY					
D4 - 5Why (Why did the problem occur?)				8D-Number	0
Problem description	Why didn't the <b>product development process</b> expect/ prevent/ detect the problem	Why didn't the <b>planning process</b> expect/ prevent/ detect the problem	Why didn't the <b>production process</b> prevent/ detect the problem	Why didn't <b>test/validation processes</b> protect the customer for the problem	
5Why-responsible:					
Responsible: ("department, name")	Juan Ricardo Villa- Producción	Juan Ricardo Villa- Producción			
1. Why?	¿Por qué la presión es elevada?	¿Por qué no se revisa constantemente la válvula proporcional?			
2. Why?	¿Por qué se eleva para cumplir el tiempo tacto?	Por que no estaba incluida la revisión de válvula proporcional en el MP			
3. Why?	¿Por qué estaba lento el proceso de remachado?				
4. Why?	¿Por qué la presión estaba baja?				
5. Why? (root cause)	¿Por qué la válvula proporcional estaba desajustada?				
Corrective action	Se ajusta valvula proporcional				

Diagrama 03 Diagrama 5 Por que para proyecto Six Sigma para proyecto Six Sigma Green Belt- Reducción de HBLKT apretado. Cortesía de Kiekert de México S.A de C.V.

## Control

¿De qué manera mantenemos las mejoras logradas a largo plazo?

El equipo se monitoreo de manera diaria durante dos semanas, no presento falla o cambio alguno. Una vez esto, quedo registrado en el mantenimiento preventivo (MP) del área de mantenimiento de la empresa Kiekert de México S.A de C.V., el hacer mantenimiento, limpieza y ajuste si es necesario en la válvula proporcional del equipo.

Para llevar el control de una validación financiera de este proyecto Six Sigma Green Belt, se llevaron a cabo las siguientes acciones:

Se elaboro un listado de los materiales involucrados para las dos versiones que se fabrican en la línea que son BMW y DAIMLER, la cual se indica abajo:

Tabla 05 Materiales subensamble para versión BMW. Cortesía de Kiekert de México S.A de C.V.

	Lista de materiales involucrados	
	Nombre de material	Núm. de material
BMW	ABH outside	4218122606
	VSP Versatk	4222122201
	BTH operating lever	4264122201
	KLH kupplung	4268122202
	KLH operating	4272122201
	STD stufendon KLH	4450122202
	STD stufendon ABH	4455122201
	STD stufendon SCH	4465122203
	STD stufendon VRH	4470122201
	STD stufendon SWH	4475122202
	STD stufendon SPF	4480122201
	SCF klh	4634122200
	Perno	4460122201
	Resorte espiral	4600122201
	IBH inside	4241310803
	Resorte SCD	4623122201
	SCF ABH	4617122201
	SCD SchloBdeckel	4123310805
	Arandela	4205122201
	Tornillo	8286045400
	SCD auBEn	4131310813
	VRS	4205122302
	AVH	4223122602
	STD shoulder	4400122303
	STD shoulder	4405122301
	Clip	4500310802
	VRH	4501122204
IVH	4557310803	
BTH complete	4811310803	

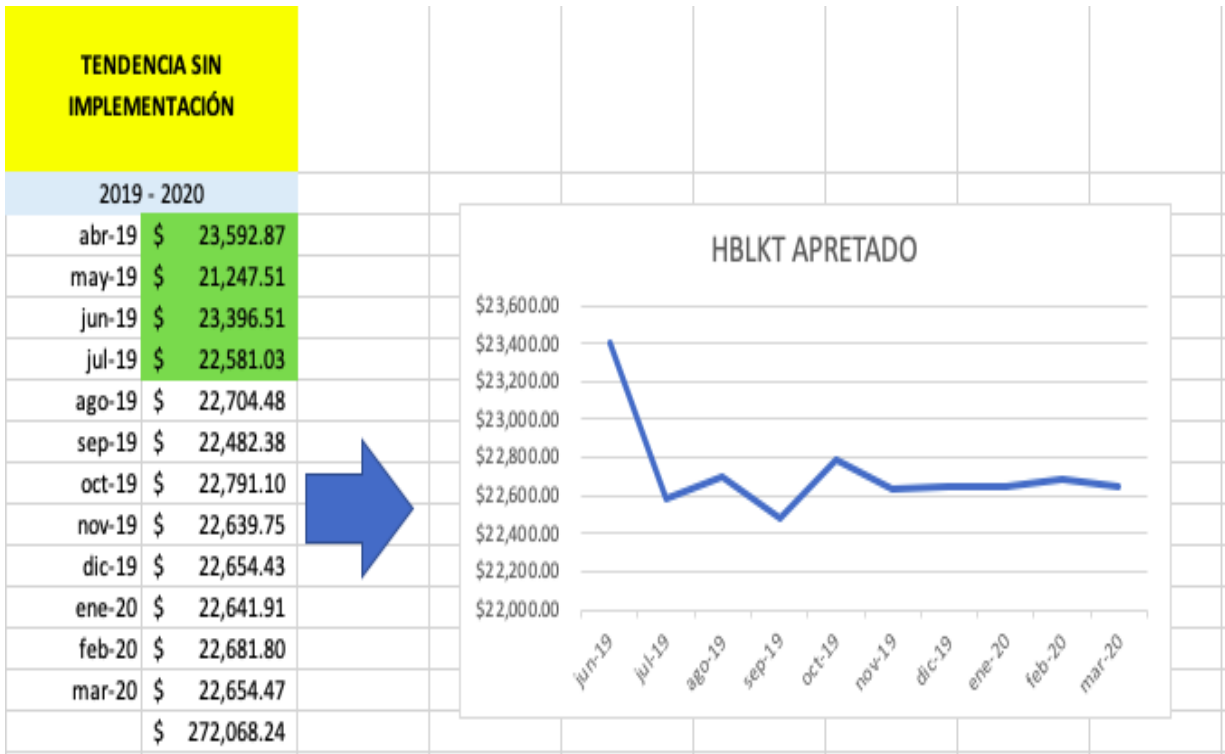
Tabla 06 Materiales subensamble para versión DAIMLER. Cortesía de Kiekert de México S.A de C.V.

	Lista de materiales involucrados	
	Nombre de material	Núm. de material
DAIMLER	ABH outside	4218122606
	VSP Versatk	4222122201
	BTH operating lever	4264122201
	KLH kupplung	4268122202
	KLH operating	4272122201
	STD stufendon KLH	4450122202
	STD stufendon ABH	4455122201
	STD stufendon SCH	4465122203
	STD stufendon VRH	4470122201
	STD stufendon SWH	4475122202
	STD stufendon SPF	4480122201
	SCF klh	4634122200
	Perno	4460122201
	Resorte espiral	4600122201
	IBH inside	4241122203
	Resorte SCD	4623122201
	SCF ABH	4617122201
	SCD SchloBdeckel	4123122603
	Arandela	4105122507
	CLIP bdz	4510122202
	AVH	4510122202
	STD shoulder abh	4205122201
	Tornillo	8286045400
	VRS set	4205122302
	BTH complete	4223122602
	STD shoulder	4400122603
	STD operating	4405122301
	VRH locking	4501122204
	SCD latch	4531122608
	Clip	4555122602
IVH inside	4571122602	

Estos listados (tabla 05 y 06) nos ayudaron para por medio de SAP filtrar estos materiales y obtener su valor en costo real. Y así poder hacer un seguimiento mes con mes de las pérdidas ocasionadas por el problema inicial.

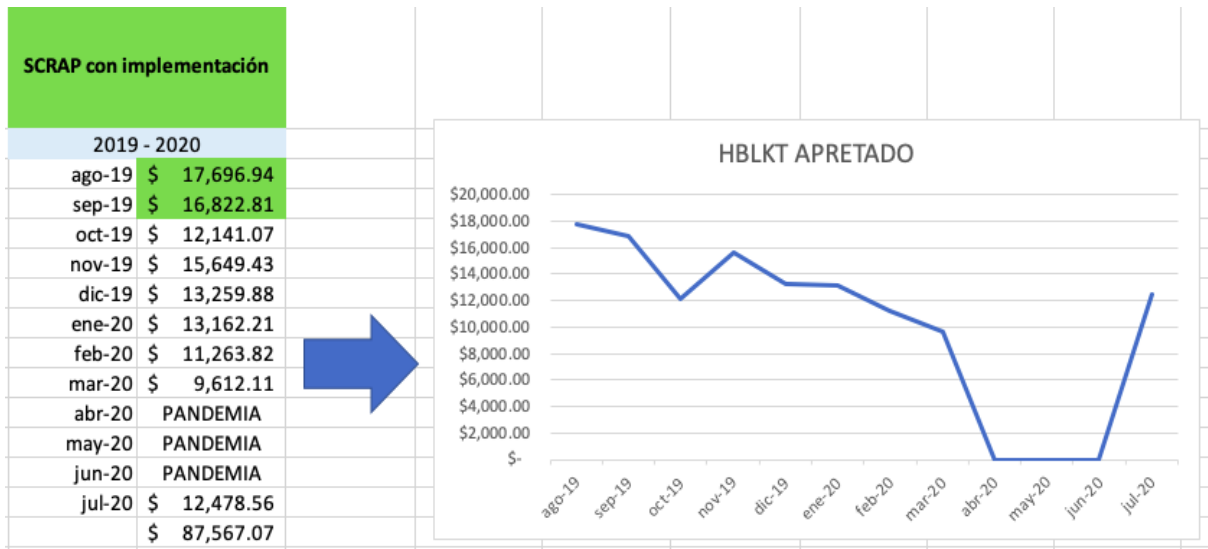
## Tendencia de SCRAP sin implementación de Proyecto Six Sigma Green Belt:

Tabla 07 Tendencia de SCRAP sin implementación proyecto 2019/20. Cortesía de Kiekert de México S.A de C.V.



## SCRAP con implementación de Proyecto Six Sigma Green Belt:

Tabla 08 SCRAP con implementación proyecto 2019/20. Cortesía de Kiekert de México S.A de C.V



Con estos datos se tomaron las sumas totales y se realizó una sustracción para obtener el ahorro alcanzado del proyecto, el cual fue de **\$184,501.17** anuales.

# Conclusiones

---

A futuro se pretende implementar lo que dio como resultado el proyecto en su última fase, la cual es la de Control. Esta fase es para mantener a largo plazo las mejoras logradas.

Para que esto se logre, se implementara un registro en el MP (mantenimiento preventivo) de la empresa Kiekert de México S.A de C.V., el cual indica que se hará mantenimiento, limpieza y ajuste si es necesario en la válvula proporcional del equipo.

Todo esto con fin de mantener el scrap de la línea GL2 NAFTA dentro de los rangos aceptables de la empresa.

# REFERENCIAS

1. **J. Antony, M. Sony, M. Dempsey, A. Brennan, T. Farrington, E.A. Cudney**, An evaluation into the limitations and emerging trends of six sigma: an empirical study TQM Journal., 31 (2019), 205- 221.
2. **K. Antosz, D. Stadnicka**, Possibilities of maintenance service process analyses and improvement through six sigma, lean and industry 4.0 implementation, IFIP International Conference on Product Lifecycle Management, Springer (2018), 465-475.
3. **Roderick A. Munro, Govindaran Ramu, Daniel J. Zrymiak**. (2015). *The Certified Six Sigma Green Belt HandBook*. Milwaukee, United States of America, American Society for Quality.
4. **F. Gleeson, P. Coughlan, L. Goodman, A. Newell, V. Hargaden**, Improving manufacturing productivity by combining cognitive engineering and lean six sigma methods, Procedia CIRP, 81 (2019), 641-646.
5. **M. Smetkowska, B. Mrugalska**, Using Six Sigma DMAIC to improve the quality of the production process: a case study, Procedia-Social and Behavioral Sciences 238 (2018), 590-596.
6. **M. Kumar, J. Antony, B. Cho**, Project selection and its impact on the successful deployment of Six Sigma, Business Process Management Journal, 15(2009), 669-686.
7. **K. Linderman, R. G. Schroeder, S. Zaheer, A. S. Choo**, Six Sigma: A goal-theoretic perspective, Journal of Operations Management, 21 (2003), 193-203.
8. **A. Banawi, M. M. Bilec**, A framework to improve construction processes: Integrating lean, green and six sigma, International Journal Construction Management, 14(2014), 45-55.
9. **A. Basios, P. Loucopoulos**, Six Sigma dmaic enhanced with capability modelling, 2017 IEEE 19th Conference on Business Informatics (CBI), IEEE (2017), 55-62.
10. **R.G. Schroeder, K. Linderman, C. Liedtke, A.S Choo**, Six Sigma: definition and underlying theory, Journal of Operations Management, 26(4)2008, 536-554.

11. **S. Apaka, G. Tuncerb, E. Atay** Hydrogen Economy and Innovative Six Sigma Applications for Energy Efficiency, *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 41(2012). 410-417.
12. **M. Pepper, T. Spedding**, The evolution of lean Six Sigma. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 27(2010), 138-155.
13. **K. Suthar, N. Sindha**, Review on Implementation of Six Sigma DMAIC Methodology in Manufacturing Industries, *International Journal of Science Technology & Engineering*, 3(2017), 168-171.
14. **S. Mahendru, B. Singh**, DMAIC-Measuring the PVC Pipe Manufacturing Process, *American Journal of Economics, Finance and Management*, 1(2015) 293-303.
15. **L.R Smith, M. S. Phadke**, Some thoughts about problem solving in a DMAIC framework, *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 1(2005) 151-166.
16. **R. Ben Ruben, S. Vinodh, P. Asokan**, Implementation of lean six sigma framework with environmental considerations in an indian automotive component manufacturing firm: a case study, *IFAC-PapersOnLine*, 28(15), 1193-1211.
17. **A. Tenera, L. C. Pinto**, A lean Six Sigma (LSS) project management improvement model, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 119 (2014), 912-920.
18. **George M.**, *Lean six sigma for service*, McGraw-Hill (2003)

# Anexos



Fig. 10 HBLKT. Cortesía de Kiekert de México S.A de C.V

Tabla 02 Project Charter. Cortesía de Kiekert de México S.A de C.V

Project Charter				
<b>Título del Proyecto:</b> Reducción de scrap de HBKT apretado				
<b>Unidad de Negocios:</b>	GL2 NAFTA	<b>Ahorros Esperados del Proyecto:</b>	€ 5,410.98	
<b>Champion:</b>	A. Macedonio	<b>Fecha de Inicio:</b>	20/05/2019	
<b>Green Belt / Black Belt:</b>	J. Ricardo Villa	<b>Fecha de Terminio:</b>	20/08/2019	
<b>Objetivos:</b>	Reducir un 40% el numero de sub ensamblés y al mismo tiempo el numero de piezas que presenten esta falla.			
	<b>Indicador</b>	<b>Baseline</b>	<b>Meta</b>	<b>Después de la mejora</b>
	Scrap	€ 13,527.36	€ 8,116.42	
<b>Caso del Negocio (Problema):</b>	Durante el mes de Abril el scrap ocasionado por HBKT fue de 1127.26, esto proyectado a 12 meses da una suma de 13527.36. Y se planea reducir a 8116.42 (a un 40%).			
<b>Miembros del Equipo</b>	<b>Rol</b>	<b>Nombre</b>	<b>% Tiempo Comprometido</b>	
	Green/Black Belt	J. Ricardo Villa	25%	
	Manufactura	Jorge Mora	5%	
	Calidad	Jorge Ramirez	5%	
	Producción	Federico Amastal	5%	
	Costos	Raul Martinez	5%	
	Metrologia	Julio Palma	5%	
	Técnicos SPC	Miguel Contreras	5%	
Técnico Mantenimiento	Valentin Salgado	5%		
<b>Alcance del Proyecto:</b>	Linea GL2 NAFTA, para versiones BMW Y DAIMLER, izquierdas, derechas y doble bloqueo.			
<b>Beneficios para el cliente externo</b>	Reducir la probabilidad de reclamo de cliente.			
<b>D M A I C</b> <b>Programacion</b> (Plan de seguimiento de proyecto)	<b>Fechas clave para completar la tarea</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Real</b>	<b>Estatus - Revisión</b>
	D - Definir	20/05/2019		
	M - Medir	21/06/2019		
	A - Analisis	20/07/2019		
	I - Mejora	02/08/2019		
C - Control	15/08/2019			
<b>Apoyo requerido:</b>				
<b>CONTROLLING</b>	<b>Total de impacto financiero calculado</b>	<b>Inicio</b>	<b>Fin</b>	
<b>Impacto Financiero Validado (€):</b>		Valida por: Analista Financiero		
<b>Aprobadores:</b>				
<b>Análisis de riesgo verificado? (ok/nok)</b>	Champion: Alfredo Macedonio		Ing. Roberto Pereira Director de planta	
<b>Preparado por:</b>	<b>Fecha:</b> 21-may-19	<b>Fecha de prox. Revisión:</b>		

Gráficas de tendencia de SCRAP 2019 GL2 NAFTA:

Gráfica mes de febrero 2019

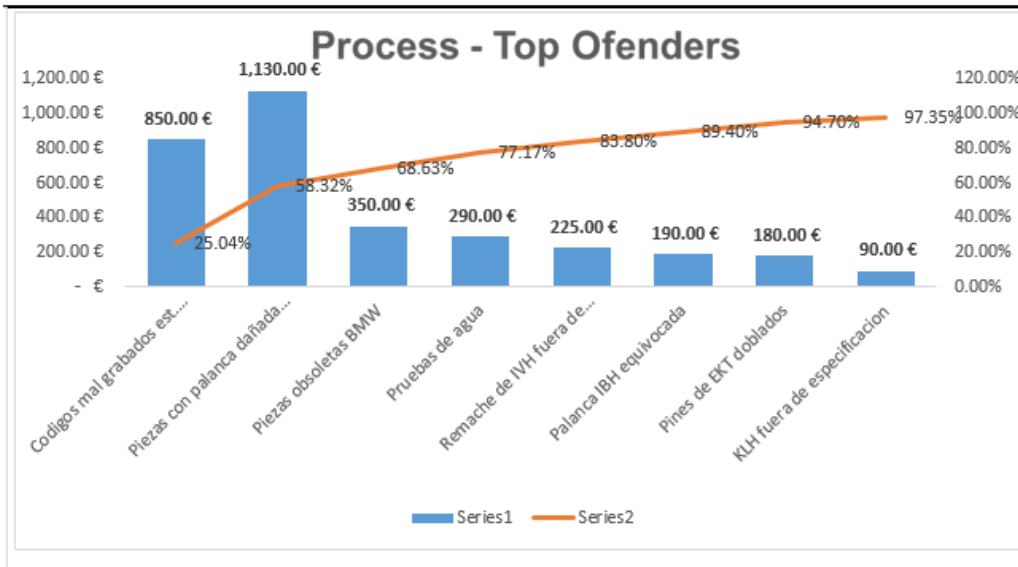


Fig. 11 SCRAP 28 febrero 2019. Cortesía de Kiekert de México S.A de C.V

Gráfica mes de marzo 2019

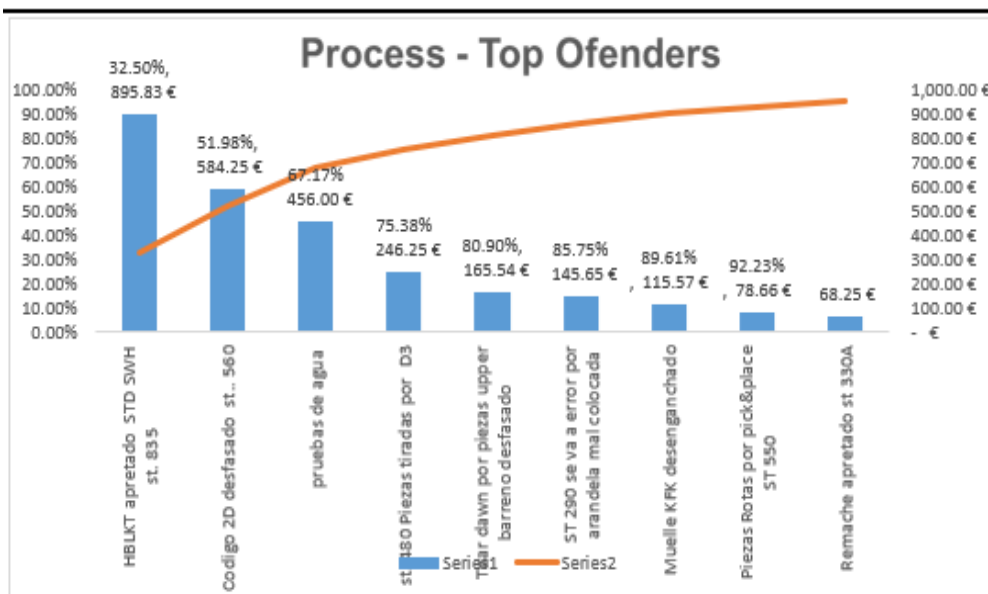


Fig. 12 SCRAP 31 marzo 2019. Cortesía de Kiekert de México S.A de C.V

Gráfica mes de abril 2019

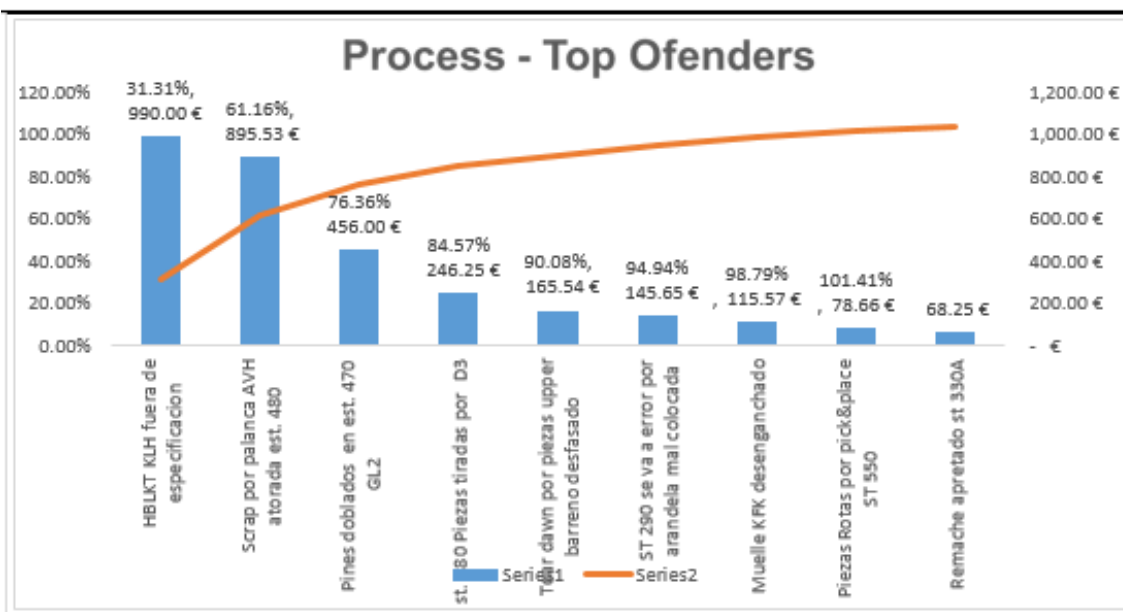


Fig. 13 SCRAP 30 abril 2019. Cortesía de Kiekert de México S.A de C.V

Tabla 03 Estudio R y R por atributos 1. Cortesía de Kiekert de México S.A de C.V.

kiekert de México Estudio de R&R por Atributos.										
Numero de Parte: 4054 3133		Nombre y numero del equipo evaluado:			Fecha del Estudio: 26/06/2019			Operador A:		
Nombre de la parte:		No. De Identificacion (Test Skill):			Fecha de Proximo Estudio:			Operador B:		
Caracteristica a Verificar Movimiento erroneo palanca kissi		Tipo de gage:			Especificaciones Sup e Inf:			Operador C:		
Tabla de Datos										
PART	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3	C-1	C-2	C-3	Code
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	*
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	*
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	*
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	*
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	*
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	*
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	*
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	*
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	*
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*
19	1	1	1	1	1	1	1	0	0	*
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	*
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	*
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*
25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	*
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*
27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	*
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*
29	1	1	1	1	1	1	1	1	0	*
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*
31	1	1	1	1	1	1	1	1	1	*
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*
33	1	1	1	1	1	1	1	1	1	*
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*
35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	*
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*
37	1	1	1	1	1	1	1	1	1	*
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*
39	1	1	1	1	1	1	1	1	1	*
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*
41	1	1	1	1	1	1	1	1	1	*
42	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*
43	1	1	1	1	1	1	1	1	1	*
44	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*
45	1	1	1	1	1	1	1	1	1	*
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*



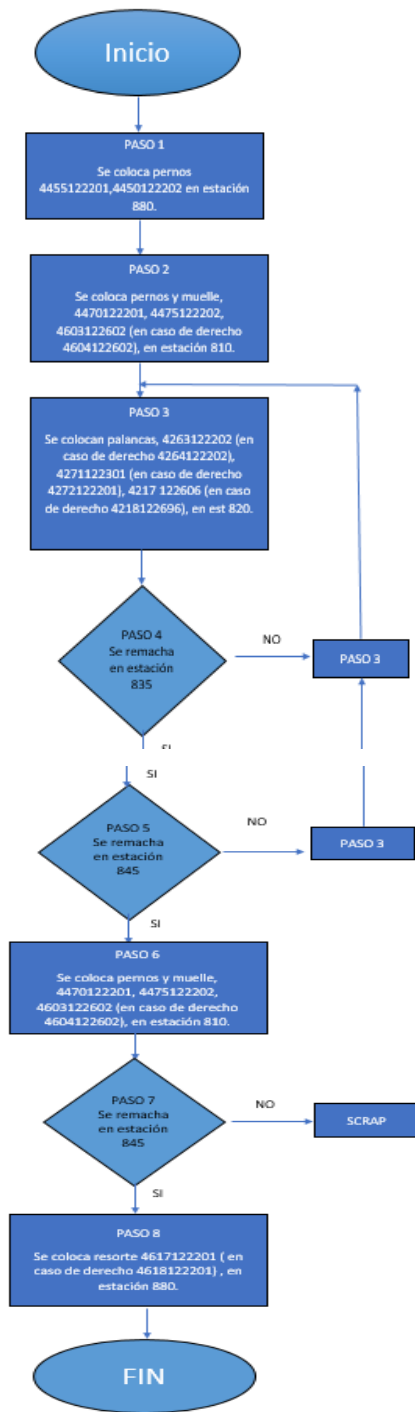


Diagrama 01 Mapeo de proceso de elaboración de HBLKT en Kiekert de México. Cortesía de Kiekert de México S.A de C.V

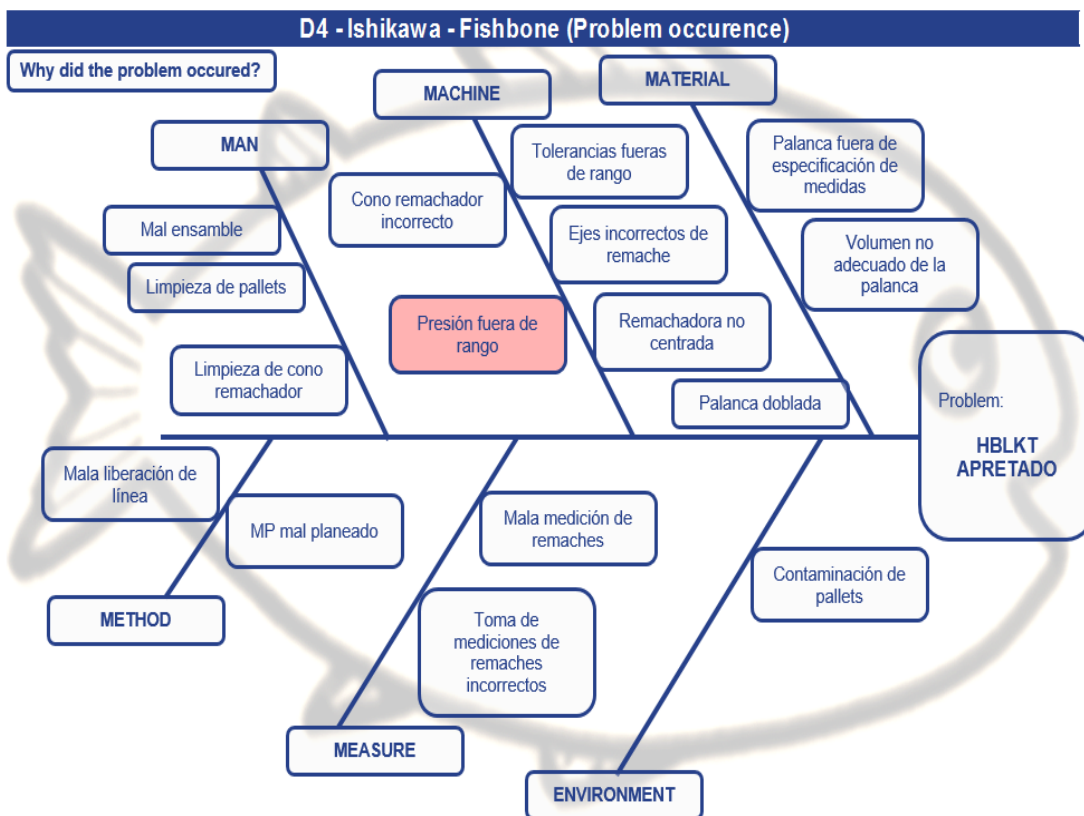


Diagrama 02 Diagrama Ishikawa para proyecto Six Sigma Green Belt- Reducción de HBLKT apretado en Kiekert de México. 27 junio 2019. Cortesía de Kiekert de México S.A de C.V

## Planes de acción SharePoint

Problem/Open Point	Revisar valvula proporcional
Action	Reducción de Scrap
Line	Línea GL2-NAFTA
Responsible	<input type="checkbox"/> Razo Juan
Support	<input type="checkbox"/> Villa Ricardo <input type="checkbox"/> Medina Luis <input type="checkbox"/> Amastal Federico <input type="checkbox"/> Larios Orlando
StartDate	8/22/2019
Due Date	9/6/2019
Validation	8/25/2019
Closed	8/25/2019
Result	Se realiza limpieza, lubricacion de bronce y cono, lubricacion de usillos y guías de transmision, verificación de nivel de aceite hidraulico y cambio de modulo de ajuste de valvula proporcional.
% Complete	100
Description	Revisar valvula proporcional en estación 835, para que cersiorar que sean las mismas presiones de salida.
Task Status	Completed
Mes	2019/08
Created at	8/22/2019 11:23 AM by <input type="checkbox"/> Villa Ricardo
Last modified at	8/29/2019 8:13 AM by <input type="checkbox"/> Garcia Angel

Fig14. Planes de acción SharePoint para proyecto Six Sigma para proyecto Six Sigma Green Belt- Reducción de HBLKT apretado. Cortesía de Kiekert de México S.A de C.V.

D4 - 5Why (Why did the problem occur?)				8D-Number	0
Problem description	Why didn't the <b>product development process</b> expect/ prevent/ detect the problem	Why didn't the <b>planning process</b> expect/ prevent/ detect the problem	Why didn't the <b>production process</b> prevent/ detect the problem	Why didn't <b>test-/validation processes</b> protect the customer for the problem	
5Why-responsible:					
Responsible: ("department, name")	Juan Ricardo Villa- Producción	Juan Ricardo Villa- Producción			
1. Why?	Por que la presión es elevada?	Por que no se revisa constantemente la valvula proporcional?			
2. Why?	Por que se eleva para cumplir el tiempo tacto	Por que no estaba incluida la revisión de valvula proporcional en MP'S			
3. Why?	Por que estaba lento el proceso de remachado				
4. Why?	Por que la presión estaba baja				
5. Why? (root cause)	Por que la valvula proporcional estaba desajustada				
Corrective action	Se ajusta valvula proporcional				

Diagrama 03 Diagrama 5 Por que para proyecto Six Sigma para proyecto Six Sigma Green Belt- Reducción de HBLKT apretado. Cortesía de Kiekert de México S.A de C.V.

Tabla 05 Materiales subensamble para versión BMW. Cortesía de Kiekert de México S.A de C.V

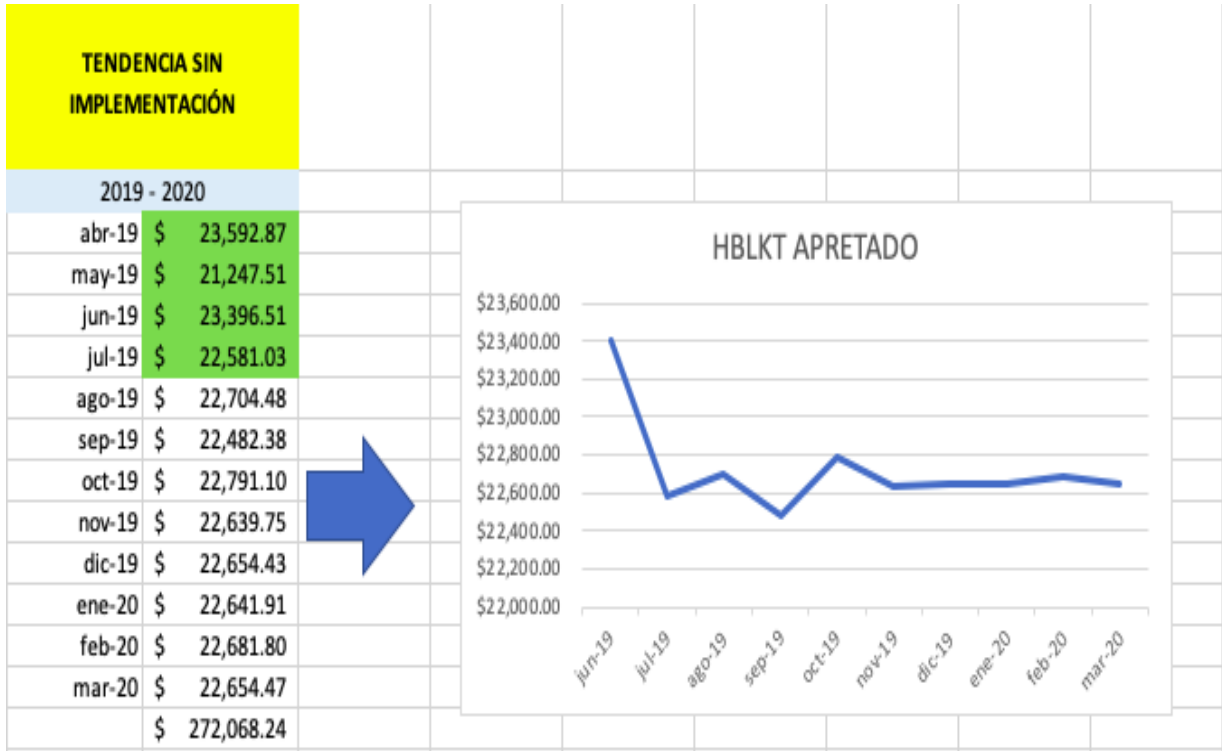
	Lista de materiales involucrados	
	Nombre de material	Núm. de material
BMW	ABH outside	4218122606
	VSP Versatk	4222122201
	BTH operating lever	4264122201
	KLH kupplung	4268122202
	KLH operating	4272122201
	STD stufendon KLH	4450122202
	STD stufendon ABH	4455122201
	STD stufendon SCH	4465122203
	STD stufendon VRH	4470122201
	STD stufendon SWH	4475122202
	STD stufendon SPF	4480122201
	SCF klh	4634122200
	Perno	4460122201
	Resorte espiral	4600122201
	IBH inside	4241310803
	Resorte SCD	4623122201
	SCF ABH	4617122201
	SCD SchloBdeckel	4123310805
	Arandela	4205122201
	Tornillo	8286045400
	SCD auBEn	4131310813
	VRS	4205122302
	AVH	4223122602
	STD shoulder	4400122303
	STD shoulder	4405122301
	Clip	4500310802
	VRH	4501122204
IVH	4557310803	
BTH complete	4811310803	

Tabla 06 Materiales subensamble para versión DAIMLER. Cortesía de Kiekert de México S.A de C.V.

		Lista de materiales involucrados	
		Nombre de material	Núm. de material
DAIMLER	ABH outside		4218122606
	VSP Versatk		4222122201
	BTH operating lever		4264122201
	KLH kupplung		4268122202
	KLH operating		4272122201
	STD stufendon KLH		4450122202
	STD stufendon ABH		4455122201
	STD stufendon SCH		4465122203
	STD stufendon VRH		4470122201
	STD stufendon SWH		4475122202
	STD stufendon SPF		4480122201
	SCF kih		4634122200
	Perno		4460122201
	Resorte espiral		4600122201
	IBH inside		4241122203
	Resorte SCD		4623122201
	SCF ABH		4617122201
	SCD SchloBdeckel		4123122603
	Arandela		4105122507
	CLIP bdz		4510122202
	AVH		4510122202
	STD shoulder abh		4205122201
	Tornillo		8286045400
	VRS set		4205122302
	BTH complete		4223122602
	STD shoulder		4400122603
	STD operating		4405122301
	VRH locking		4501122204
	SCD latch		4531122608
	Clip		4555122602
IVH inside		4571122602	

## Tendencia de SCRAP sin implementación de Proyecto Six Sigma Green Belt:

Tabla 07 Tendencia de SCRAP sin implementación proyecto 2019/20. Cortesía de Kiekert de México S.A de C.V.



## SCRAP con implementación de Proyecto Six Sigma Green Belt:

Tabla 08 SCRAP con implementación proyecto 2019/20. Cortesía de Kiekert de México S.A de C.V

