

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

### **IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ DE PROBLEMAS DE CALIDAD DE NATURALEZA COMPLEJA APLICADO AL CAMPO AUTOMOTRIZ**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MAGÍSTER (MSc) EN  
SISTEMAS AUTOMOTRICES**

**JOSÉ MAURICIO ALBÁN PABÓN**  
josealban@hotmail.com

**MARCO VINICIO BEDOYA MOLINA**  
marco.bedoya@hotmail.com

**DIRECTOR: MSc. ING. OSCAR IVAN ZAMBRANO OREJUELA**  
ivan.zambrano@epn.edu.ec

**Quito, Junio de 2013**

## DECLARACIÓN

Nosotros, José Mauricio Albán Pabón y Marco Vinicio Bedoya Molina declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

José Mauricio Albán Pabón

---

Marco Vinicio Bedoya Molina

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por José Mauricio Albán Pabón y Marco Vinicio Bedoya Molina, bajo mi supervisión.

---

Msc. Ing. Iván Zambrano O.  
DIRECTOR DE TESIS

## **AGRADECIMIENTO**

A la Unidad de Posgrados de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional por cumplir exitosamente con el programa de maestría llenando las expectativas generadas y ratificando su liderazgo como Universidad por su alto nivel académico demostrado en el transcurso de la misma.

## **DEDICATORIA**

Con mucho amor y cariño dedico el presente trabajo a mi familia:  
A mis padres José y Cecilia, que con su apoyo incondicional me han impulsado  
para seguir siempre adelante.  
A mis hermanos Jorge y Ma. Cecilia que son mi ejemplo a seguir.  
A mis sobrinos, los quiero mucho.  
A mi esposa, Yolibell, el amor de mi vida, que con su ejemplo de constancia y  
perseverancia me motiva día a día a concluir mis proyectos.  
A mi hija Yolibell Estefanía, que con toda su inocencia y ternura llena mi vida de  
alegría.

José Albán.

## **DEDICATORIA**

A los amores de mi vida y razón de ser: Fernando y Martín, mis hijos, que han acompañado con paciencia y amor este proceso de estudio que ha tomado más tiempo de lo planeado, y en especial a mi amiga y esposa Gaby por su fortaleza y sabiduría que han edificado nuestro hogar.

A la mujer que diaria e incansablemente me llena de bendiciones y que ha cumplido su papel de padre y madre a la vez, mi mamá, Carmita Sofía.

Su papá, esposo e hijo,  
Marco Bedoya Molina.

## RESUMEN

El presente trabajo muestra de manera sistemática y estructurada los pasos a seguir para encontrar con una efectividad del 95% la verdadera causa raíz de un problema de calidad en el campo automotriz. Inicia explicando cómo se debe definir un problema en base a la descripción del reclamo dada por un cliente. Esta información es primordial para entender la queja y necesariamente se debe confirmar si existe algún problema para finalmente encontrar la causa que origina este defecto.

Observar la falla, lograr reproducir y confirmar lo que el cliente reclama es el primer paso para entender el problema, luego se recomienda medir un contraste, y definir una estrategia que permita comparar el componente defectuoso con otro bueno para confirmar la variación. Este trabajo comprueba esta teoría con tres casos de estudio, en el primero la queja del cliente es un esfuerzo excesivo al abatir un asiento de su vehículo, donde luego del análisis, se encontró que la causa raíz que generó este inconveniente es el proceso de soldadura de los ganchos de sujeción del mecanismo de anclaje. Éste gancho está soldado fuera de la especificación requerida, y ocasiona problemas al accionar el abatible. En el segundo caso la queja del cliente es un ruido en el compartimento del motor, que luego del análisis se detecta que el problema está en un defecto de fabricación del asiento de la válvula de escape del cilindro 4 del motor. En el tercer caso la queja del cliente es una vibración del eje delantero, que luego del análisis se encuentra que la causa raíz es un asentamiento irregular de la superficie de contacto del aro con el rotor. Con esto se demuestra que las herramientas que se usan para encontrar la causa raíz de problemas son efectivas y sirven para cualquier tipo de inconvenientes.

## PRESENTACIÓN

El gran crecimiento del parque automotor, 113% en los últimos 10 años, en el Ecuador ha generado además de muchas fuentes de trabajo a todo nivel, un campo muy competitivo que es brindar un servicio técnico de calidad y a bajo costo, además de calidad a la primera vez en todas los mantenimientos tanto preventivos como correctivos.

De acuerdo a los estudios de mercado, el cliente Ecuatoriano cada vez es más exigente y tiene una cultura de calidad que ha sido generada por la competencia de las Automotrices. Al momento se tiene más de 670 mil vehículos rodando por las carreteras del País por lo que las grandes concesionarias automotrices evidentemente ya no se dan abasto, entonces en algunas ocasiones no se brinda un servicio de calidad, lo que obliga a muchos clientes a buscar alternativas como son talleres de servicio pequeños con una infraestructura limitada.

Dado lo anterior el enfoque de esta tesis es de un inicio dar a conocer como un problema de calidad puede impactar en las estadísticas de las automotrices y su necesidad imperiosa de resolver aquellos problemas que afectan el entusiasmo de sus clientes, imagen e indicadores de ventas. A través del uso y aplicación de herramientas estadísticas simples de solución de problemas un taller de servicio pequeño puede determinar la verdadera causa raíz de un problema de naturaleza compleja dando así un mejor servicio a sus clientes en el mismo tiempo y efectividad que una concesionaria certificada que usa estas metodologías.

Los autores de esta tesis tienen amplia experiencia en resolución de problemas aplicando la metodología *CAUSA X* en grandes talleres de servicio de la marca líder en el Ecuador como es CHEVROLET, ratificando así que su uso además aplica para aquellos talleres pequeños con visión de crecimiento y enfoque en el cliente final.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

|  |             |
|--|-------------|
| <b>DECLARACIÓN .....</b>   | <b>II</b>   |
| <b>CERTIFICACIÓN .....</b>   | <b>III</b>  |
| <b>DEDICATORIA .....</b>   | <b>V</b>    |
| <b>RESUMEN .....</b>   | <b>VII</b>  |
| <b>PRESENTACIÓN .....</b>  | <b>VIII</b> |
| <b>ÍNDICE DE CONTENIDO .....</b>   | <b>IX</b>   |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>   | <b>XIII</b> |
| <b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....</b>   | <b>XV</b>   |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>  | <b>XVI</b>  |
| <b>CAPÍTULO I .....</b>  | <b>1</b>    |
| <b>INTRODUCCIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>                             | <b>1</b>    |
| 1.1.- INTRODUCCIÓN .....   | 1           |
| 1.2.- ANÁLISIS Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                                  | 1           |
| 1.3.- OBJETIVOS .....  | 2           |
| 1.3.1.- OBJETIVO GENERAL .....   | 2           |
| 1.3.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....  | 2           |
| 1.4.- CUESTIONAMIENTOS .....   | 3           |
| 1.5.- JUSTIFICATIVOS .....   | 3           |
| 1.6.- HIPÓTESIS .....  | 4           |
| <b>CAPÍTULO II .....</b>   | <b>5</b>    |
| <b>PROCESO DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS .....</b>                                      | <b>5</b>    |
| 2.1.-DEFINICIÓN Y ANÁLISIS DEL PROBLEMA .....                                      | 5           |
| 2.1.1.-DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....   | 5           |
| 2.1.2.-ANÁLISIS DEL PROBLEMA .....   | 7           |
| 2.2.-GENERACIÓN DE POSIBLES SOLUCIONES INMEDIATAS Y MEDIDAS<br>DE CONTENCIÓN ..... | 7           |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.3.- INDICADORES DE GESTIÓN .....   | 8         |
| 2.3.1.-INDICADORES DE CALIDAD .....  | 9         |
| 2.3.2.-MÉTRICAS INTERNAS DE CALIDAD .....  | 9         |
| 2.3.3.-MÉTRICAS EXTERNAS DE CALIDAD .....  | 12        |
| 2.3.3.1.- Problemas de calidad reportados a través de un sistema de garantías..... | 12        |
| 2.3.3.2.- Problemas de calidad reportados a través de encuestas telefónicas .....  | 15        |
| 2.4.-FASES DE GESTIÓN DE PROCESOS .....  | 18        |
| 2.4.1.-CICLO PHVA (PLANEAR, HACER, VERIFICAR Y ACTUAR).....                        | 18        |
| 2.4.1.1.- Entendiendo la situación.....  | 18        |
| 2.4.1.2.- Planear.....   | 20        |
| 2.4.1.3.- Hacer.....   | 28        |
| 2.4.1.4.- Verificar .....  | 40        |
| 2.4.1.4.1.-Seguimiento de métricas en base a puntos de corte.....                  | 40        |
| 2.4.1.5.- Actuar .....   | 43        |
| 2.5.- FUNDAMENTO TEÓRICO DE ADMINISTRACIÓN DE PROCESOS.....                        | 48        |
| <b>CAPÍTULO III.....</b>   | <b>51</b> |
| <b>ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ.....</b>   | <b>51</b> |
| 3.1. GENERALIDADES.....  | 51        |
| 3.2.- ESCUCHAR AL CLIENTE .....  | 51        |
| 3.2.1.- ESCUCHANDO AL CLIENTE-CONCLUSIÓN .....                                     | 53        |
| 3.3.- OBSERVAR LA FALLA .....  | 53        |
| 3.3.1.- OBSERVAR LA FALLA-CONCLUSIÓN.....  | 55        |
| 3.4.- MIDIENDO EL CONTRASTE .....  | 56        |
| 3.4.1.- EL USO DEL ISOPLOT .....   | 57        |
| 3.4.1.1.- Midiendo el contraste-Conclusión.....                                    | 58        |
| 3.5.- BUSCANDO LA MAYOR INFLUENCIA A TRAVÉS DE UN ÁRBOL DE SOLUCIÓN.....           | 59        |
| 3.6.- DIAGRAMA DE ESTRATEGIA.....  | 59        |
| 3.6.1.- DIAGRAMA DE ESTRATEGIA .....   | 61        |
| 3.7.- EL MULTI-VARI.....   | 62        |

|  |    |
|--|----|
| 3.7.1.- EL MULTI VARI-CONCLUSIÓN.....                      | 64 |
| 3.8.- BÚSQUEDA DE COMPONENTES.....                         | 64 |
| 3.9.- COMPARACIÓN DE PARES.....                            | 69 |
| 3.9.1.- COMPARACIÓN DE PARES-CONCLUSIÓN .....              | 70 |
| 3.10.- CONFIRMACIÓN ESTADÍSTICA B VS C .....               | 70 |
| 3.10.1.- REGLAS B VS C .....                               | 72 |
| 3.9.1.1- Confirmación estadística B vs C- Conclusión ..... | 73 |
| 3.11.- ÁRBOL DE SOLUCIÓN DEL PROBLEMA. ....                | 73 |
| 3.12.- MONITOREANDO LOS RESULTADOS.....                    | 76 |
| 3.12.1- MONITOREO DE RESULTADOS- CONCLUSIÓN.....           | 78 |
| 3.13.-RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE NATURALEZA COMPLEJA.....  | 79 |
| 3.13.1.- APLICACIÓN 1 .....                                | 79 |
| RUIDO FUERTE EN EL MOTOR.....                              | 79 |
| 3.13.1.1.- Impacto en campo .....                          | 80 |
| 3.13.1.2.- Análisis realizado.....                         | 80 |
| 3.13.1.3.- Árbol de definición de problema .....           | 80 |
| 3.13.1.4.- Proceso de desarme.....                         | 82 |
| 3.13.1.5.- Árbol de definición de proyecto .....           | 82 |
| 3.13.1.6.- Sistema de medición por atributos .....         | 84 |
| 3.13.1.7.- Diagrama de estrategia .....                    | 84 |
| 3.13.1.8.- Búsqueda de componentes .....                   | 85 |
| 3.13.1.9.- Comparación de pares .....                      | 86 |
| 3.13.1.10.- Confirmación estadística B vs C.....           | 88 |
| 3.13.1.11.- Solución aplicada .....                        | 88 |
| 3.13.1.12.- Monitoreando los resultados.....               | 89 |
| 3.12.2.APLICACIÓN 2.....                                   | 91 |
| VIBRACIÓN EJE DELANTERO .....                              | 91 |
| 3.13.2.1.- Impacto en campo .....                          | 91 |
| 3.13.2.2.- Análisis realizado.....                         | 91 |
| 3.13.2.3.- Plan a seguir.....                              | 92 |
| 3.13.2.4.- Implementación de la solución .....             | 92 |
| 3.13.2.5.- Monitoreando los resultados.....                | 92 |
| 3.13.2.6.- Árbol de definición de problema .....           | 94 |

|  |            |
|--|------------|
| 3.13.2.7.- Árbol de definición de proyecto .....   | 94         |
| 3.13.2.9.- Confirmación estadística B vs C.....  | 95         |
| 3.13.2.10.- Diagrama de estrategia .....   | 97         |
| 3.13.2.11.- Búsqueda de componentes .....  | 98         |
| 3.13.2.12.- Comparación de diseño (modelo C vs modelo D) .....   | 99         |
| 3.13.2.13.- Confirmación estadística B vs C.....   | 100        |
| 3.13.2.14.- Monitoreando los resultados.....   | 101        |
| <b>CAPITULO IV.....</b>  | <b>102</b> |
| <b>ANÁLISIS, USO E IMPLEMENTACIÓN DE PROCEDIMIENTOS. ....</b>  | <b>102</b> |
| 4.1. USO Y APLICACIÓN DEL SISTEMA GLOBAL DE MANUFACTURA (GMS),<br>APLICADO A SOLUCIÓN DE PROBLEMAS. .... | 102        |
| 4.2. INDICADORES DE GESTIÓN E ÍNDICES DE CONTROL.....  | 103        |
| <b>CAPITULO V.....</b>   | <b>105</b> |
| <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>  | <b>105</b> |
| 5.1.- CONCLUSIONES .....   | 105        |
| 5.2.- RECOMENDACIONES.....   | 107        |
| <b>ANEXOS .....</b>  | <b>108</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1:</b> Proceso de descripción del problema .....   | 6  |
| <b>Figura 2:</b> Detalle de estaciones de verificación en una industria automotriz de bajo volumen ..... | 10 |
| <b>Figura 3:</b> Aporte en PPHV por problemas detectados en una EV .....                                 | 12 |
| <b>Figura 4:</b> Gráfico de IPTV por cada mes de producción en 2,6 y 12MIS.....                          | 14 |
| <b>Figura 5:</b> Valores de PPHV por modelo en base a encuesta telefónica. ....                          | 17 |
| <b>Figura 6:</b> Árbol de definición de problema. ....   | 19 |
| <b>Figura 7:</b> Fuentes que alimentan una lista de priorización de problemas (LPP)..                    | 21 |
| <b>Figura 8:</b> Proceso de resolución de un problema a través del tablero voz del cliente .....         | 22 |
| <b>Figura 9:</b> Tablero de administración visual la voz del cliente.....                                | 22 |
| <b>Figura 10:</b> Distribución de modelos por Ingeniero de calidad.....                                  | 26 |
| <b>Figura 11:</b> Esquema de la oportunidad de mejora ante un problema de calidad.                       | 29 |
| <b>Figura 12:</b> Esquema de la influencia de la estandarización para la mejora continua.....            | 30 |
| <b>Figura 13:</b> Ciclo PHVA.....  | 30 |
| <b>Figura 14:</b> Ciclo PHVA y el proceso 6 pasos.....   | 32 |
| <b>Figura 15:</b> Métodos tradicionales de solución de problemas .....                                   | 33 |
| <b>Figura 16:</b> Estrategia de convergencia de la Causa X .....   | 34 |
| <b>Figura 17:</b> Tipos de problema.....   | 35 |
| <b>Figura 18:</b> BOB el mejor de los mejores.....   | 38 |
| <b>Figura 19:</b> WOW el peor de los peores .....  | 39 |
| <b>Figura 20:</b> Distribución WOW y BOB en el entusiasmo del cliente.....                               | 39 |
| <b>Figura 21:</b> Distribución de entusiasmo del cliente .....   | 39 |
| <b>Figura 22:</b> Ejemplo de entusiasmo del cliente .....  | 40 |
| <b>Figura 23:</b> Impacto de un problema de calidad en las métricas externas.....                        | 41 |
| <b>Figura 24:</b> Impacto del punto de corte en las métricas externas de calidad.....                    | 42 |
| <b>Figura 25:</b> Impacto del punto de corte en las métricas externas de calidad.....                    | 44 |
| <b>Figura 26:</b> Árbol de definición de problema de reclamos del vehículo MPV7 .....                    | 52 |
| <b>Figura 27:</b> Árbol de definición de proyecto .....  | 53 |
| <b>Figura 28:</b> Distribución de esfuerzo del problema del abatible del asiento.....                    | 54 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Figura 29:</b> Diagrama de concentración de la segunda fila de asientos. ....                    | 55  |
| <b>Figura 30:</b> Isoplot de la fuerza necesaria para abrir el abatible del asiento.....            | 58  |
| <b>Figura 31:</b> Límite de satisfacción del cliente vs fuerza aplicada para abatir el asiento..... | 58  |
| <b>Figura 32:</b> Diagrama de estrategia para identificar posible mayor contraste.....              | 61  |
| <b>Figura 33:</b> Gráfica de Multi-Vari de asiento izquierdo de la segunda fila.....                | 63  |
| <b>Figura 34:</b> Diagrama de búsqueda de componentes.....  | 65  |
| <b>Figura 35:</b> Gráfico de búsqueda de componentes etapa I y II.....                              | 68  |
| <b>Figura 36:</b> Distribución unilateral de B y C .....  | 70  |
| <b>Figura 37:</b> Comparación entre pares B vs C .....  | 71  |
| <b>Figura 38:</b> Gráfico de B vs C .....   | 73  |
| <b>Figura 39:</b> Árbol general de solución del problema .....                                      | 75  |
| <b>Figura 40:</b> Monitoreo de acción correctiva en planta de producción .....                      | 77  |
| <b>Figura 41:</b> Monitoreo de acción correctiva en concesionarios.....                             | 78  |
| <b>Figura 42:</b> Árbol de definición de problema ruido de motor 1.8L.....                          | 81  |
| <b>Figura 43:</b> Válvulas de escape motor 1.8L WOW.....  | 82  |
| <b>Figura 44:</b> Árbol de definición de problema ruido de motor 1.8L.....                          | 83  |
| <b>Figura 45:</b> Diagrama de estrategia usado para ruido de motor 1.8L .....                       | 84  |
| <b>Figura 46:</b> Diagrama de búsqueda de componentes usado para ruido de motor 1.8L .....          | 85  |
| <b>Figura 47:</b> Puntos de referencia donde se tomaron las medidas .....                           | 87  |
| <b>Figura 48:</b> Monitoreo de acción correctiva en concesionarios para ruido de motor 1.8L .....   | 90  |
| <b>Figura 49:</b> Detalle de asentamiento del aro y el rotor de freno.....                          | 93  |
| <b>Figura 50:</b> Árbol de definición de problema .....   | 94  |
| <b>Figura 51:</b> Árbol de definición de proyecto .....   | 94  |
| <b>Figura 52:</b> Árbol de solución del problema .....  | 95  |
| <b>Figura 53:</b> Gráfico confirmación estadística B vs C.....                                      | 96  |
| <b>Figura 54:</b> Diagrama de estrategia, problema de vibración en eje delantero .....              | 97  |
| <b>Figura 55:</b> Diagrama de búsqueda de componentes.....  | 98  |
| <b>Figura 56:</b> Esquema del área de contacto entre aro y rotor .....                              | 99  |
| <b>Figura 57:</b> Gráfica de confirmación estadística B vs C.....                                   | 100 |
| <b>Figura 58:</b> Tendencia del problema luego de la acción correctiva.....                         | 101 |

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

|   |     |
|---|-----|
| <b>Ilustración 1:</b> Dispositivo a prueba de error que garantiza la holgura existente entre el gancho y el piso..... | 70  |
| <b>Ilustración 2:</b> Ubicación de los ganchos de anclaje en el piso del vehículo.....                                | 76  |
| <b>Ilustración 3:</b> Perfil del asiento de válvula defectuosa .....  | 87  |
| <b>Ilustración 4:</b> Re-trabajo de la válvula defectuosa con dispositivo de corrección                               | 89  |
| <b>Ilustración 5:</b> Presencia de óxido en componentes .....   | 93  |
| <b>Ilustración 6:</b> Palpador para medición del aro .....  | 96  |
| <b>Ilustración 7:</b> Componentes de un despliegue de plan de negocios.....   | 104 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabla 1:</b> Mediciones con dinamómetro de la fuerza para mover el abatible del asiento..... | 57  |
| <b>Tabla 2:</b> Fuerza de liberación del asiento de la segunda fila (en libras) .....           | 63  |
| <b>Tabla 3:</b> Comparación de pares.....   | 69  |
| <b>Tabla 4:</b> Mediciones de alturas del gancho.....   | 73  |
| <b>Tabla 5:</b> Diagrama de comparación de pares usado para ruido de motor 1.8L ...             | 86  |
| <b>Tabla 6:</b> Diagrama de B vs C usado para ruido de motor 1.8L .....                         | 88  |
| <b>Tabla 7:</b> Datos para la confirmación estadística B vs C.....                              | 100 |



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1.- INTRODUCCIÓN

Todos los elementos mecánicos y/o electrónicos que componen un automóvil son susceptibles a fallar, por tal motivo es necesario un equipo que analice en base a la verbalización del cliente, el modo de falla, así como también determinar la causa raíz del problema, establecer una solución definitiva y punto de corte para cerrar el ciclo.

Dentro de las incidencias de calidad, se presentan algunos modos de falla intermitentes y complejos cuya solución rápida y efectiva no se la encuentra fácilmente, entonces es el momento de un análisis profundo apoyándose en herramientas de solución de problemas, las mismas que permiten de una manera estructurada y efectiva llegar a la causa raíz del problema.

### 1.2.- ANÁLISIS Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los pequeños y grandes talleres de servicio día a día acuden vehículos por mantenimientos preventivos y/o correctivos, siendo que en éste último se presentan fallas en distintos componentes del vehículo, que no necesariamente están ligados con problemas de calidad sino también pueden estar ligados a un mal uso por parte del cliente o desconocimiento del funcionamiento de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

Si bien es cierto que el taller de servicio debe dar una pronta solución al reclamo de un cliente, también es necesario un correcto diagnóstico y solución al problema, puesto que si esto no se cumple el problema regresa y la satisfacción del cliente se ve seriamente afectada.

Actualmente los diagnósticos técnicos dentro del taller de servicio tienen muchas oportunidades de mejora<sup>1</sup>, puesto que desde la descripción del problema no siempre es clara y evidentemente los pasos siguientes no tienen sustento lógico, entonces es necesario crear una cultura de diagnóstico, la misma que debe ser

---

<sup>1</sup> **Fuente propia**, de acuerdo a información levantada con encuestas de satisfacción de cliente en talleres de servicios.

estructurada, lógica y fácil de aplicar, con la finalidad de dar una pronta respuesta al cliente final y tener efectividad en la solución dada.

### **1.3.- OBJETIVOS**

#### **1.3.1.- OBJETIVO GENERAL**

- Identificar y analizar la causa raíz de problemas de calidad de naturaleza compleja, reportados por clientes finales, a través de una metodología simple y estructurada.

#### **1.3.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diagnosticar correcta y estructuradamente una no conformidad o problema de calidad, utilizando herramientas de solución de problemas.
- Priorizar el enfoque al cliente, mejorando el flujo de comunicación entre taller de servicio y cliente final, para disminuir el tiempo de solución de no conformidades y costos involucrados en todos los procesos de reparación y/o mantenimiento automotriz.
- Disminuir tiempos de entrega de vehículo en el taller.
- Establecer una guía de diagnóstico para la correcta definición de un problema a partir de un reclamo inicial.
- Involucrar a todo el personal del taller de servicio, para crear así un equipo multidisciplinario en la definición y análisis de causa raíz de una no conformidad o problema de calidad reportado.
- Desarrollar un procedimiento que permita una solución técnica efectiva de los problemas comunes reportados.

#### **1.4.- CUESTIONAMIENTOS**

- ¿Se mejoran los diagnósticos técnicos en los talleres de servicio usando la metodología planteada?
- ¿Se logran optimizar los tiempos de operación estandarizados en la recepción y entrega de los vehículos?
- ¿Las herramientas usadas para el diagnóstico pueden realmente determinar la verdadera causa raíz del problema?
- ¿Los tiempos empleados para el diagnóstico, usando las herramientas de solución de problemas son flexibles con los tiempos de operación del taller de servicio y tiempos de entrega hacia el cliente final?

#### **1.5.- JUSTIFICATIVOS**

Como una parte fundamental dentro de los procesos de mejora continua y atención al cliente final, está dar solución rápida y eficiente a los problemas de calidad del producto reportados a partir de la adquisición de un vehículo a cualquiera de los grandes constructores automotrices. En base a eso y a las experiencias recolectadas del campo no existe un proceso detallado y estructurado para definir un problema a partir de un reclamo por parte de un cliente, además que una vez planteado y reportado éste último, los tiempos de respuesta se prolongan considerablemente para analizar e identificar la causa raíz del problema, afectando directamente el índice de satisfacción del cliente, además del buen nombre y prestigio de los distintos manufactureros automotrices. Actualmente no es sólida la cultura que permita usar una metodología para resolver problemas de calidad de producto reportados. El proyecto planteado hace referencia a una secuencia lógica y estructurada a seguir para plantear el problema, tal como; la definición del mismo, el análisis de causa raíz, la solución, la implementación de la solución y el seguimiento en campo de la evolución a partir de un punto de corte definitivo que elimina la incidencia o problema de calidad reportado.

El no usar un árbol de definición de problema, dificulta el análisis, puesto que puede resultar un problema puntual o aislado que no amerita agotar todos los esfuerzos de un equipo multi disciplinario.

Por lo mencionado anteriormente el proyecto planteado minimiza los tiempos de respuesta para resolver una determinada incidencia o problema de producto reportado, además de garantizar la efectividad de la solución, e incrementar sin lugar a duda el índice de satisfacción de los clientes finales, que es el objetivo fundamental de toda organización.

## **1.6.- HIPÓTESIS**

- Cuando no se utiliza una metodología adecuada para diagnosticar cualquier incidencia o problema de calidad, puede ocasionar insatisfacción en clientes finales.
- La metodología y herramientas de solución de problemas planteado, proporciona una disminución de tiempos de operación y del costo de reparación.
- El uso de un correcto proceso de solución de problemas permite encontrar la verdadera causa raíz de un problema con un 95 % de efectividad, garantizando así que el cliente no retorne al taller del servicio por el mismo problema. Además, si potencialmente existen otros clientes con el mismo modo de falla, estas herramientas permiten estandarizar la operación de reparo y responder de manera oportuna al cliente, mejorando los tiempos de respuesta al cliente. Esto es calidad a la primera vez.

## **CAPÍTULO II**

### **PROCESO DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS**

Para identificar y analizar la causa raíz de problemas de calidad de naturaleza compleja aplicados al campo automotriz, se parte muchas veces de un problema o una situación en la que no se conoce con certeza o con toda claridad a donde se quiere ir, la verbalización inicial del cliente cuando explica el problema se la conoce como descripción del problema, interpretar el problema y tratar de reproducirlo sería primordial para entender el mismo.

En muchas ocasiones se desconoce si la herramienta adecuada para solucionar el problema está entre las técnicas que se dominan ya que muchas veces no existen técnicas que puedan ser suficientemente efectivas para resolver el problema.

La destreza para resolver genuinos problemas es un verdadero arte que se aprende con paciencia y considerable esfuerzo, enfrentándose con tranquilidad, a multitud de problemas diversos, tratando de obtener el mejor partido posible de los muchos seguros fracasos iniciales, observando los modos de proceder, comparándolos con los de los expertos y procurando ajustar adecuadamente los procesos de pensamiento a los de ellos.

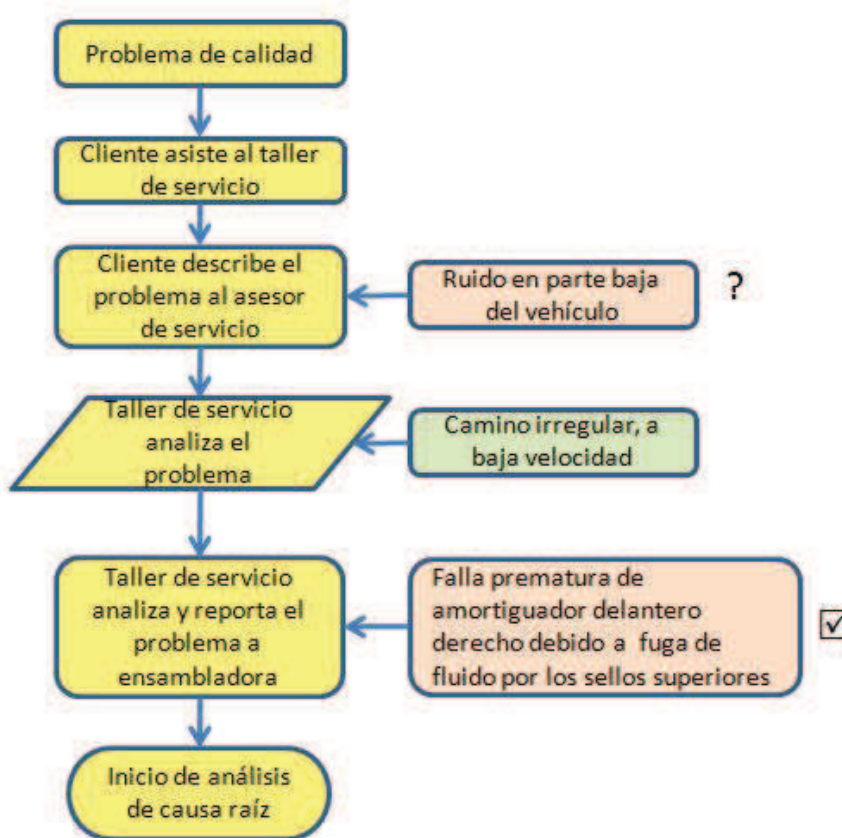
#### **2.1.-DEFINICIÓN Y ANÁLISIS DEL PROBLEMA**

##### **2.1.1.-DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

En los talleres de servicio de una red de concesionarios día a día ingresan a sus instalaciones clientes con diferentes necesidades y solicitudes las mismas que deben ser atendidas y resueltas con un alto sentido de urgencia y calidad a la primera vez.

Los asesores de servicio reciben al cliente y registran en una orden de trabajo las necesidades o reclamos del mismo, eso es lo que se conoce como la descripción del problema<sup>2</sup>, la misma que no tiene un respaldo o fundamento técnico. Partiendo de esto el personal técnico capacitado del taller de servicio inicia el proceso para definir el problema en base a una descripción dada inicialmente por el cliente final, además de las condiciones en las que ocurrió para poder entenderlo mejor; mientras que esto no se comprenda, no tiene caso pasar a la siguiente etapa.

La definición del problema parte de una descripción inicial, y la misma está soportada por un fundamento y criterio técnico, además de una preliminar causa raíz así como también de una acción de contención y/o solución. La figura 1 muestra con claridad el proceso y la diferencia entre la descripción y definición del problema.



**Figura 1:** Proceso de definición del problema

<sup>2</sup> **Descripción del problema ó Y VERDE:** es lo que se resolverá a través del uso de una herramienta de solución de problemas denominado CAUSA X.

### **2.1.2.-ANÁLISIS DEL PROBLEMA**

Una vez definido el problema, para resolverlo es preciso analizar:

- Los resultados que se esperan.
- La información de entrada que nos suministran.
- El proceso al que se requiere someter esos datos a fin de obtener los resultados esperados.
- Áreas de trabajo, fórmulas y otros recursos necesarios.

Considerando estos puntos el taller de servicio encuentra una solución definitiva al problema reportado por el cliente y para cerrar el ciclo de solución se reporta el problema y la solución propuesta a la planta manufacturera de vehículos.<sup>3</sup>

## **2.2.-GENERACIÓN DE POSIBLES SOLUCIONES INMEDIATAS Y MEDIDAS DE CONTENCIÓN**

### **2.2.1.- SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA**

Al analizar el problema, posiblemente se tenga varias formas de resolverlo; lo importante es determinar cuál es la mejor alternativa: la que produce los resultados esperados en el menor tiempo, al menor costo y con la calidad adecuada. Claro que aquí también es muy válido el principio de que las cosas siempre se podrán hacer de una mejor forma.

### **2.2.2.-DIAGRAMACIÓN**

Una vez que se conoce como resolver el problema, se procede a graficar la lógica de la alternativa seleccionada. Eso es precisamente un diagrama de flujo.

Se analiza el problema recopilando hechos e información: Implica la recopilación de la información necesaria para trabajar en el problema a fin de familiarizarse con todas las causas posibles.

---

<sup>3</sup> **Planta manufacturera de vehículos:** Hace referencia a empresas que ensamblan vehículos en el Ecuador o en el exterior (vehículos SUP)

Se desarrollan soluciones alternativas: Implica probar todas las diferentes formas para solucionar un problema y un análisis del impacto tanto positivo como negativo.

Este paso consiste en el proceso de seleccionar la mejor o las mejores soluciones alternativas del grupo de soluciones posibles que se han encontrado. La alternativa ideal puede no ser la mejor en ese momento. La mejor alternativa se determina en base no solamente en su eficiencia, o porque es la solución más rápida, sino además se consideran factores tales como la calidad, seguridad, el presupuesto, tiempo disponible, la capacidad del personal para ejecutarla, etc.

### **2.3.- INDICADORES DE GESTIÓN**

En toda actividad organizacional es necesario medir su desempeño, sin distinguir a qué tipo de actividad se dedique. Una organización empresarial como una industria automotriz necesita saber cómo está trabajando cada uno de sus subsistemas organizacionales frente a un entorno altamente competitivo y agresivo.

Un sistema de medición es un mecanismo sistemático y permanente de monitoreo del avance, resultado y alcance de la operación diaria de la organización y dependencias, para evaluar el cumplimiento de su quehacer organizacional, a través de indicadores y metas.

Los estándares de calidad determinan el nivel mínimo y máximo aceptable para un indicador. Si el valor del indicador se encuentra dentro del rango significa que se está cumpliendo con el criterio de calidad que se había definido y que las cosas transcurren conforme a lo previsto. Si, por el contrario, se está por debajo del rango significa que no se cumple el compromiso de calidad y se debe actuar en consecuencia, o bien la apuesta fue demasiado optimista para los medios disponibles. Por el contrario, si se está por encima, o bien se tiene que redefinir el criterio o, desde luego, se está gastando en términos de esfuerzo más de lo que



se pensaba que era necesario, o siendo pesimistas para fijar el rango o se peca de inexpertos.

El estándar, por consiguiente, determina el mínimo nivel que comprometería la calidad de ese proceso. Por debajo del estándar, la práctica, producto o servicio, no reúne calidad suficiente.

### **2.3.1.-INDICADORES DE CALIDAD**

Son aquellos que se asocian a los resultados y operación de los procesos clave de una organización y se determinan con base en los factores y componentes críticos de éxito, esto es, el desarrollo de acciones concretas y los resultados finales de los procesos que garanticen el logro de los objetivos. Los indicadores de calidad miden si las acciones más relevantes que realiza la organización, contribuyen al logro de los resultados. En una industria automotriz se consideran principalmente dos tipos de indicadores de calidad, éstos son internos y externos.

### **2.3.2.-MÉTRICAS INTERNAS DE CALIDAD<sup>4</sup>**

El sistema de calidad de una industria automotriz sin lugar a duda tiene sus indicadores, los mismos que permiten medir el desempeño y calidad de los vehículos que pasan por cada una de las estaciones de verificación ubicadas al término del proceso de cada operación, sean estas suelda de carrocerías, pintura y vestidura interior/exterior del vehículo. La figura 2 detalla el sistema de calidad con una estación de verificación EV al término de cada proceso, y en cada una se levanta información de los problemas de calidad demeritados.

---

<sup>4</sup> Fuente propia

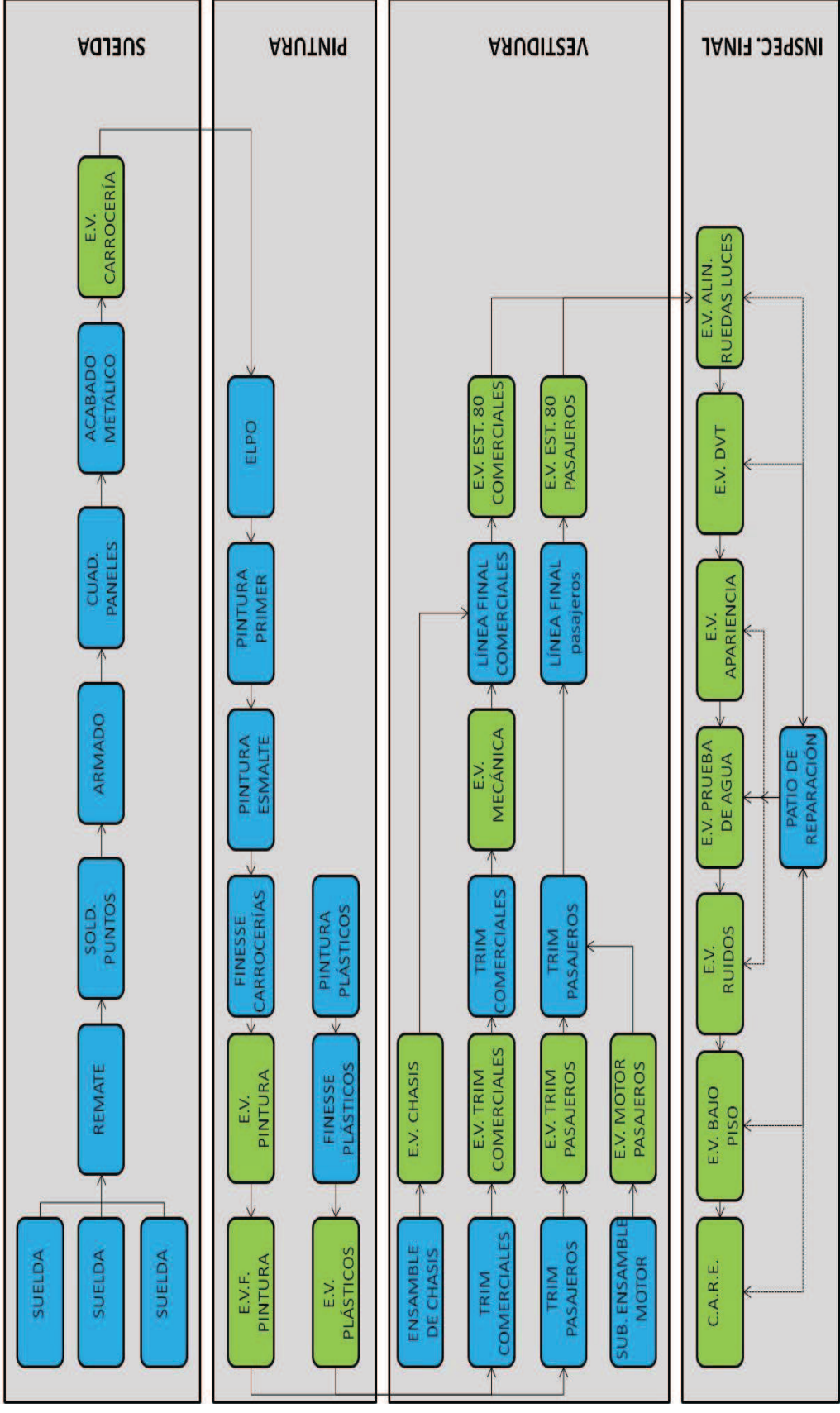


Figura 2: Detalle de estaciones de verificación en una industria automotriz de bajo volumen

La métrica usada es el PPHV que significa problemas por cada 100 vehículos inspeccionados, por sus siglas en inglés problems per hundred vehicles. Esta métrica es aplicable en ensambladoras de bajo volumen de producción, y para tener un mejor entendimiento del uso de éste indicador se adjunta un ejemplo.

Estación de Verificación: Suelda carrocerías

Unidades producidas por día: 200 unidades en dos turnos.

Unidades inspeccionadas: 200 unidades en dos turnos.

Número de defectos encontrados en la EV: 14

Fórmula usada:  $\frac{(\text{Número de defectos encontrados})}{(\text{Número de unidades inspeccionadas})} \times 100$

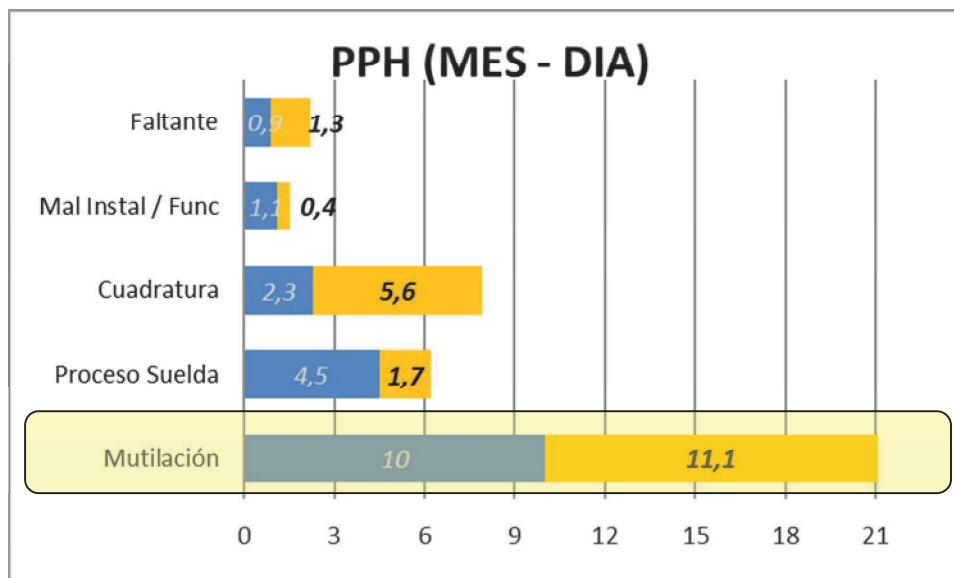
Reemplazo de valores:

$$\frac{14}{200} \times 100 = 7 \text{ PPH}$$

El resultado obtenido de 7 PPH en la estación de verificación de suelda de carrocerías se interpreta como 7 defectos por cada 100 vehículos inspeccionados.

Este valor mide la calidad de los vehículos, y en base a esto se verifica si está dentro de los objetivos planteados para posteriormente usar herramientas de priorización, Pareto, y tener enfoque en los problemas críticos a solucionar, logrando así alcanzar los objetivos propuestos a la línea de producción y al global de la planta ensambladora.

La figura 3 muestra los problemas de calidad al término del turno, donde el más crítico se considera aquel que aporta con la mayor cantidad de PPHV.



**Figura 3:** Aporte en PPHV por problemas detectados en una EV

Cada defecto de calidad está tabulado por un código específico, una vez que se detecta uno, se lo ingresa al sistema, y éste a su vez tabula la información haciendo el TOP de problemas detectados por cada EV y envía reportes automáticos a los responsables de la operación, retroalimentando así efectivamente a los responsables, y los mismos inician el proceso de análisis de causa raíz con la finalidad de brindar soluciones efectivas y punto de corte al problema reportado.

### 2.3.3.-MÉTRICAS EXTERNAS DE CALIDAD<sup>5</sup>

#### 2.3.3.1.- Problemas de calidad reportados a través de un sistema de garantías

Una vez que la unidad producida es liberada por la última estación de verificación C.A.R.E. (customer acceptance review & evaluation) la misma va a los patios de almacenamiento y posteriormente se dirige a los concesionarios para ser comercializada.

La métrica usada es el IPTV que significa Problemas o Incidencias por cada 1000 Vehículos vendidos, por sus siglas en inglés incidences per thousand vehicles.

<sup>5</sup> Referencia propia

Esta métrica es aplicable para medir la calidad de los vehículos en campo, y para tener un mejor entendimiento del uso de éste indicador se adjunta un ejemplo.

Unidades producidas al mes: 3200 unidades en dos turnos.

Unidades vendidas al concesionario: 2800 unidades

Unidades vendidas al cliente final: 2300 unidades.

Número de incidencias reportadas por el cliente: 125 incidencias de toda la red de concesionarios.

Fórmula usada:  $\frac{(\text{Número de incidencias reportadas por el cliente})}{(\text{Número de unidades vendidas al cliente})} \times 1000$

Reemplazo de valores:

$$\frac{125}{2300} \times 1000 = 54.34 \text{ IPTV}$$

Una vez que el concesionario determina técnica y objetivamente que es un problema de calidad de producto y debe ser tratado como una garantía, la procesa e ingresa la misma a sistemas globales conectados en red que usan las ensambladoras, y así llega la información a la planta ensambladora para analizarla e iniciar a tomar tanto medidas preventivas como correctivas a las principales incidencias reportadas.

El resultado obtenido de 54.34 IPTV se interpreta como el número total de incidencias por cada 1000 vehículos vendidos al cliente final.

Dentro de los indicadores de campo es importante diferenciar las incidencias reportadas por los clientes finales en base al tiempo de exposición de las unidades a partir de la fecha de compra, es decir se consideran como fallas prematuras o relacionadas al proceso productivo las que ocurren dentro de los primeros 2 meses en servicio o 2 MIS (months in service), fallas de funcionamiento u operación las que se presentan dentro de los 6 meses en servicio o 6 MIS y como fallas de durabilidad a largo plazo o de diseño las que se

presentan dentro de los 12 meses en servicio o 12 MIS a partir de la fecha de compra del vehículo.

La figura 4 muestra una gráfica de tendencia de los IPTV por cada mes de producción en 2,6 y 12 MIS de exposición. La figura 4a muestra el detalle del periodo de exposición.

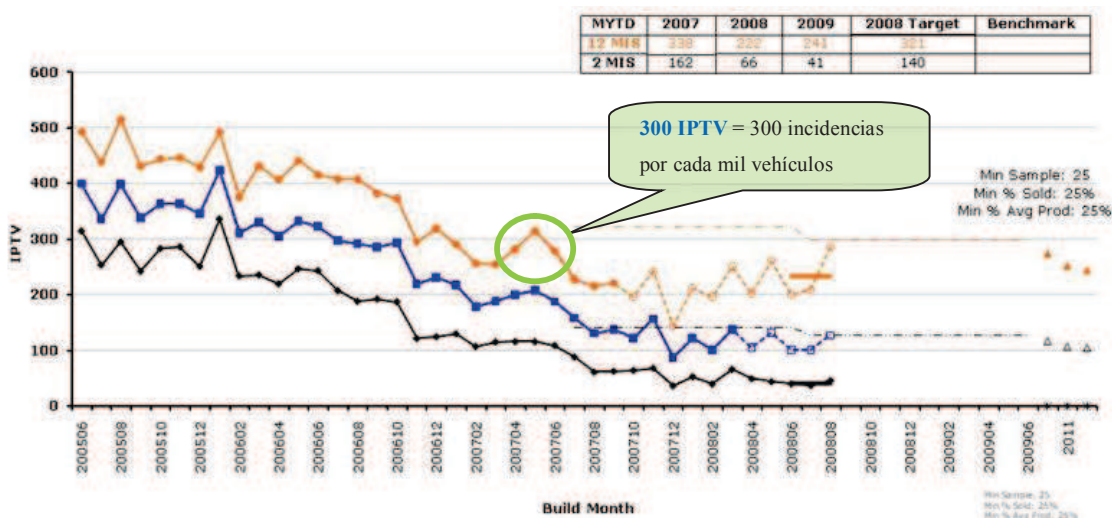


Figura 4: Gráfico de IPTV por cada mes de producción en 2,6 y 12MIS

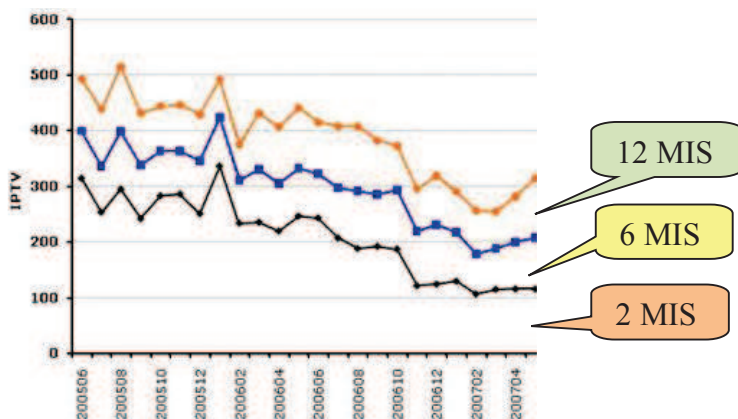


Fig. 4a.-Detalle en período de exposición

El taller de servicio detalla y registra en un sistema global las incidencias o problemas de calidad mes a mes, las mismas que aportan para que el valor de IPTV se incremente, es decir, éste valor se incrementa directamente proporcional al número de incidencias o problemas de calidad registrados.

Estos valores de IPTV están sometidos a continua revisión y análisis así como también se verifica si los mismos están dentro de los objetivos planteados para posteriormente usar herramientas de priorización y tener enfoque en los problemas críticos a solucionar, logrando alcanzar los objetivos propuestos en campo, disminuyendo las incidencias detectadas por el cliente final e incrementando los índices de satisfacción.

#### **2.3.3.2.- Problemas de calidad reportados a través de encuestas telefónicas<sup>6</sup>**

Una vez que los vehículos producidos son vendidos al concesionario (venta wholesale) y posteriormente al cliente final (venta retail), inician su período de servicio o fase de 2 MIS como se detalló anteriormente.

Este estudio es usado por muchas industrias manufactureras interesadas en medir la calidad de sus productos, basándose en la retroalimentación que recibe de su cliente final.

Las encuestas de calidad dan inicio en esta fase y fundamentalmente consisten en hacer llamadas telefónicas a los clientes finales de períodos específicos de producción quienes tienen sus vehículos hasta 90 días después de haber sido comprados, por tal razón también son consideradas fallas prematuras. La muestra de vehículos tomada para hacer las encuestas telefónicas es en base al volumen de producción de cada modelo, además se recomienda que un modelo ingrese a la encuesta cuando al menos la proyección de ventas es superior a 1200 unidades por año.

---

<sup>6</sup> **Encuestas telefónicas**, fuente:

<http://espanol.answers.yahoo.com/question/index?qid=20060911212352AALp86S>

Las encuestas son realizadas por personal capacitado, el mismo que usa un formato estándar que contempla todos los ítems funcionales y apariencia del vehículo, con esto se tiene una o más verbalizaciones de un mismo cliente, las mismas que son diferenciadas como sigue a continuación:

*2.3.3.2.1.- Fallas relacionadas al ensamble.-* Son aquellas detectadas fácilmente por el cliente y que evidentemente se salieron del estándar y son directamente relacionadas con el proceso de ensamble ya sea manual o semiautomático. Como ejemplo se puede citar que el cliente percibe una mala alineación en la instalación de la guantera; este tipo de reclamos puede ser fácilmente solucionado por un personal capacitado tanto del taller de servicio, o dentro de la planta ensambladora.

*2.3.3.2.2 Fallas relacionadas con el diseño.-* Son aquellas detectadas fácilmente por el cliente y que hacen referencia al diseño en sí del vehículo y que no involucran ningún proceso manual o semiautomático de ensamble. Como ejemplo se puede citar que el cliente percibe que la guantera es muy pequeña como para almacenar objetos personales; esto sin lugar a duda no puede ser resuelto por personal técnico del taller de servicio o planta ensambladora sino más bien directamente por la fuente que diseñó el vehículo.

La métrica usada es también el PPHV que significa Problemas por cada 100 Vehículos vendidos.

Esta métrica es aplicable para medir la calidad de los vehículos en campo, y para tener un mejor entendimiento del uso de éste indicador se adjunta un ejemplo.

Unidades producidas en determinado período: 3200 unidades en dos turnos.

Unidades vendidas al concesionario: 2800 unidades.

Unidades vendidas al cliente final: 2300 unidades.

Unidades encuestadas: 600 unidades.

Verbalizaciones levantadas: 800; cada reclamo genera una verbalización.



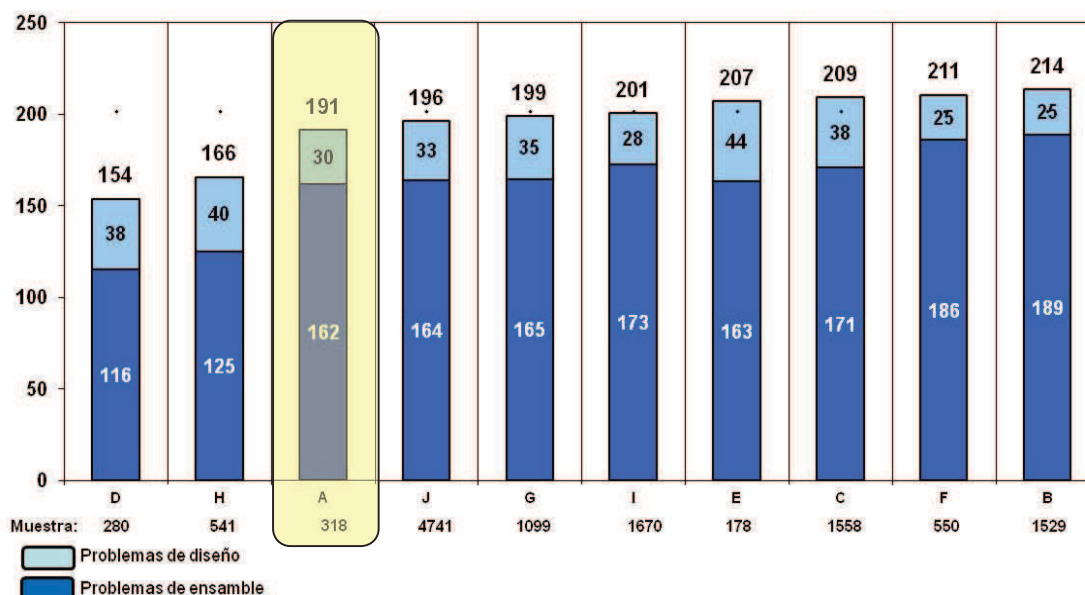
Fórmula usada:  $\frac{(\text{Cantidad de verbalizaciones levantadas})}{(\text{Cantidad de unidades encuestadas})} \times 100$

Reemplazo de valores:

$$\frac{800}{600} \times 100 = 133,33 \text{ PPH}$$

El resultado obtenido de 133,33 PPH por la encuestadora externa se interpreta como 133 defectos por cada 100 vehículos vendidos, es decir se reporta en este período de producción 1,3 defectos por vehículo encuestado. Este valor mide la calidad de los vehículos, y en base a esto se verifica si está dentro de los objetivos planteados para posteriormente usar herramientas de priorización y tener enfoque en los problemas críticos a solucionar, logrando así alcanzar los objetivos propuestos por la planta manufacturera.

La figura 5 muestra un cuadro con los valores de PPH tanto de problemas de ensamble como de diseño obtenidos por modelo.



**Figura 5:** Valores de PPHV por modelo en base a encuesta telefónica.

Si se toma como referencia el modelo **A**, de una muestra de 318 vehículos se obtuvo un valor total de 191 PPH con 600 verbalizaciones aproximadamente, de

los cuales 162 PPH corresponden a problemas atribuidos al ensamble y 30 PPH a problemas de diseño.

Estos valores de PPH por modelo y total de planta manufacturera están sometidos a continua revisión y análisis así como también se verifica si los mismos están dentro de los objetivos planteados para posteriormente usar herramientas de priorización y tener enfoque en los problemas críticos a solucionar, logrando alcanzar los objetivos propuestos en campo, y disminuyendo las incidencias detectadas por el cliente final e incrementando así los índices de satisfacción.

## **2.4.-FASES DE GESTIÓN DE PROCESOS**

### **2.4.1.-CICLO PHVA (PLANEAR, HACER, VERIFICAR Y ACTUAR)**

El ciclo PHVA es una serie de actividades que buscan la mejora continua y cíclica de todos los procesos, entonces esto se convierte en el nuevo estándar a ser atendido con nuevos planes para futuras mejoras. Esta herramienta es muy usada dentro del campo automotriz, para tener claro el concepto de cada etapa se cita un breve concepto de cada una.

**ENTENDIENDO LA SITUACIÓN:** conduce a una buena y estructurada planificación.

**PLANEAR** mejoras en las prácticas actuales utilizando herramientas estadísticas.

**HACER** o realizar los pasos del plan de mejora.

**VERIFICAR**, chequear o investigar para determinar si cumpliendo el plan se obtienen las mejoras deseadas.

**ACTUAR** es prevenir la recurrencia y estandarizar la mejora como nueva práctica a ser mejorada.

#### **2.4.1.1.- Entendiendo la situación<sup>7</sup>**

El primer paso para una óptima aplicación de este proceso es entender claramente la situación de lo que acontece, y particularmente en esta tesis esto se aplica o basa a hechos reales tales como son los indicadores de gestión

---

<sup>7</sup> Referencia propia

anteriormente mencionados y no de opiniones, es decir se parte de un objetivo planteado de IPTV para atenciones por garantías y de PPH para métricas internas de estaciones de verificación dentro de una manufacturera de vehículos como para las encuestas telefónicas. Una vez planteados los objetivos se hace seguimiento del desempeño de los mismos y se analiza si éstos se encuentran dentro de lo esperado, la situación luego del análisis indica que los objetivos no se han cumplido y que el IPTV de 12 MIS se encuentra fuera de objetivo. Entonces el siguiente paso es iniciar la segmentación a través del uso de un árbol de definición del problema para tener enfoque de trabajo y entender la situación actual y desde ahí se partiría para establecer un plan tal como se contempla en el ciclo PHVA.

La figura 6 muestra un árbol de definición de problema, indicando a través de una sencilla segmentación para dar enfoque en lo que se debe trabajar e iniciar la etapa de planeación.

### Árbol de definición de problema

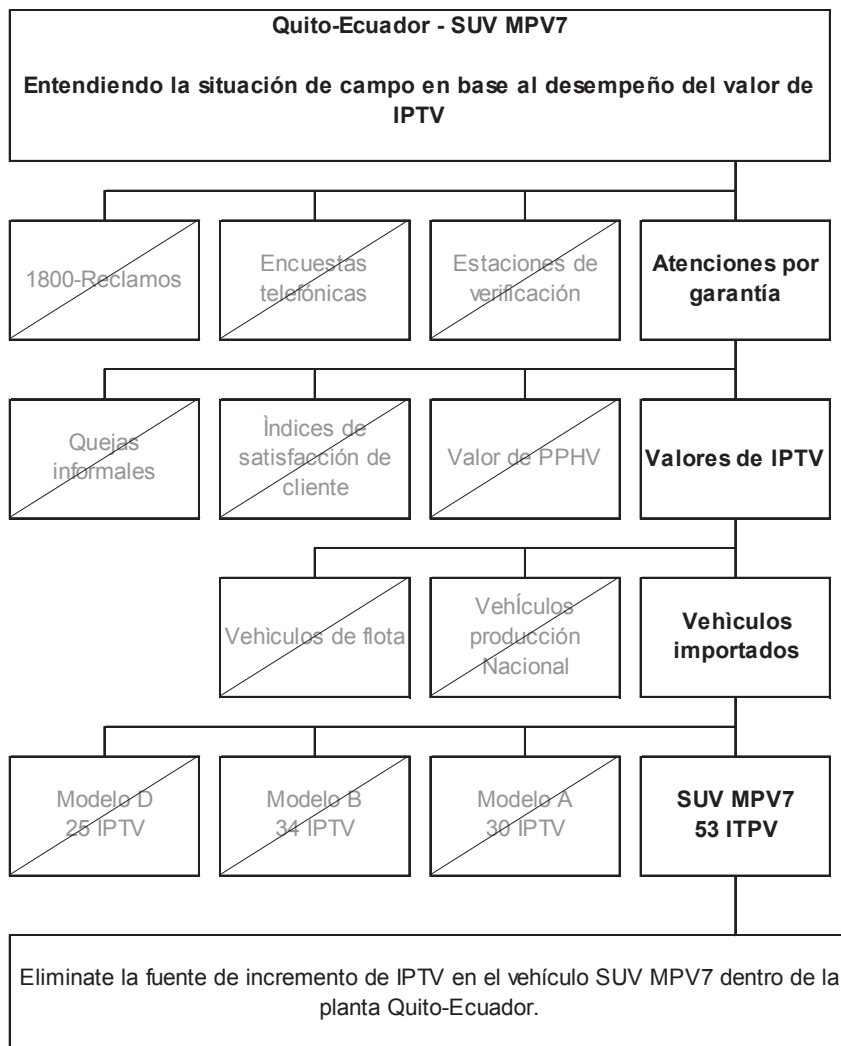


Figura 6: Árbol de definición de problema.

En resumen se tiene que existen problemas de calidad que afectan notablemente el valor de IPTV en el período de 12 MIS en los vehículo importados, y de estos, focalizados en el SUV MPV7 que sacan del objetivo a toda la manufacturera de vehículos Quito-Ecuador, entonces la meta es reducir el valor de 53 IPTV en el modelo SUV MPV7.

#### **2.4.1.2.- Planear.**

Una vez que se tiene un indicador que muestra la realidad del desempeño del modelo SUV MPV7 en campo y se entiende claramente el foco de trabajo, entonces hay que establecer un plan visual a fin de alcanzar los resultados definidos.

Este plan debe estar al alcance de todos para que pueda ser verificado durante todo el proceso de solución. Es importante priorizar los planes en base a su importancia y criticidad, cada uno debe tener varias tareas asignadas además que cada una de ellas debe tener un responsable claramente identificado con fechas de revisión y compromiso.

La información que se tiene a través del sistema de garantías debe ser administrada y gestionada por el equipo de calidad y equipo de solución de problemas. Algunas de las principales herramientas usadas para llevar a cabo un plan exitoso de solución de problemas, se detallan a continuación:

##### *2.4.1.2.1.- Voz del cliente war room<sup>8</sup>*

Es un tablero de administración visual, donde se detalla el proceso de solución de uno o varios problemas que son controlables por la planta manufacturera<sup>9</sup>.

Este tablero muestra aquellos problemas que se consideran críticos ya sea por ocurrencia y/o severidad que previamente han sido priorizados en base a varios factores.

Como principal propósito se puede mencionar la contención de problemas reportados por el cliente final de una manera rápida y efectiva a través de un paso

---

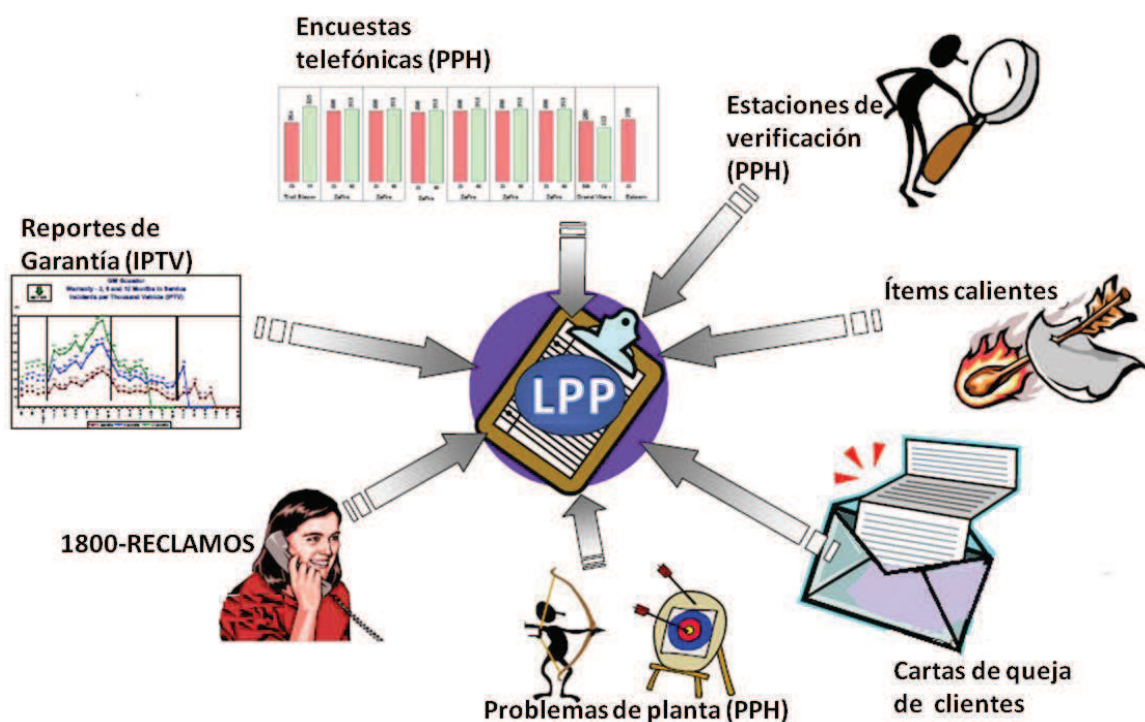
<sup>8</sup> **War room:** GMU (General Motors University) documento 14.5

<sup>9</sup> **Controlables por la planta manufacturera:** Problemas relacionados con el proceso de una industria automotriz más no con el diseño de partes

dos o solución temporal hasta la implementación de la solución definitiva dada por el fabricante.

Existen varias fuentes que alimentan al tablero y para ingresar los problemas de calidad a solucionar deben ser priorizados, esto es dependiendo de su criticidad, recurrencia, costo, etc.

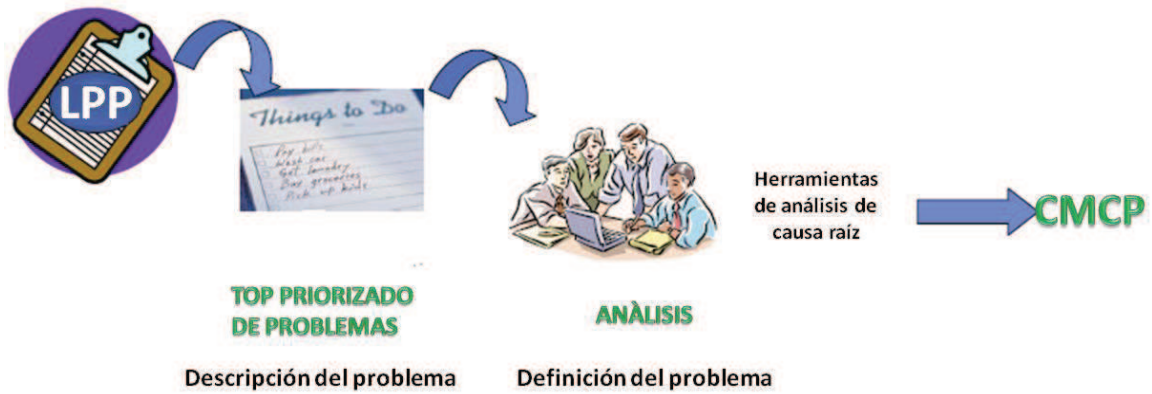
La figura 7 muestra un esquema de las fuentes que alimentan una lista de priorización de problemas (LPP) previo a que ingresen al tablero de control.



**Figura 7:** Fuentes que alimentan una lista de priorización de problemas (LPP)

Una vez que se han priorizado todos los problemas de calidad a través de una lista de priorización de problemas se genera una lista única que será ingresada y documentada en el tablero de control de la voz del cliente para determinar la definición del problema basado en una descripción del mismo, posteriormente pasa a una fase de resolución del problema que comprende las fases de contención, análisis de causa raíz, solución definitiva, implementación de la solución y finalmente seguimiento de las acciones anteriormente aplicadas.

La figura 8 muestra el proceso de resolución de los problemas ingresados al tablero de la voz del cliente.



**Figura 8:** Proceso de resolución de un problema a través del tablero voz del cliente

El tablero de la voz del cliente tiene varios elementos, y a su vez cada uno tiene un determinado proceso y aporte a la solución del problema expuesto en el mismo. La figura 9 detalla un ejemplo de administración visual a través del tablero de la voz del cliente o war room.



**Figura 9:** Tablero de administración visual la voz del cliente

Dentro de las cinco categorías del tablero de la voz del cliente se citan las siguientes:

**Descripción de problema (1).**-Trata acerca de la completa descripción del problema encontrado en campo. En este caso debe ser clara para facilitar la definición y solución del problema tal como se mencionó en el punto 2.1.

En esta etapa debe ser definido un responsable del problema quien a su vez tiene la jerarquía más alta dentro del área que se ha destinado para solucionar el problema reportado, y como se detalla en la Fig. 8. Debe ser colocada una fotografía del responsable así como también el detalle del equipo de soporte con sus respectivos nombres. Los miembros del equipo de soporte son de distintas áreas tales como calidad, ingeniería de producto, ingeniería de procesos y calidad de proveedores con la finalidad de facilitar la rápida resolución y documentación del problema.

**Análisis de causa raíz (2).**- En esta fase se muestra el detalle o tipo de herramienta de análisis de causa raíz del problema tales como el uso de 6 pasos o si el problema es más complejo se usan herramientas estadísticas, las mismas que se detallan en el capítulo 3.


**Hojas CVC; control, verificación y confirmación (3).**- Control: se detalla como las acciones tomadas en la estación o puesto de trabajo de la línea de ensamblaje donde se origina el problema; con esto se asegura al 100% que el problema no vuelva a repetirse. De esta etapa se puede tomar un punto de corte inicial que puede ser emitido a la red de concesionarios y debe ser considerado como contención hasta la emisión del punto de corte definitivo que se da al término de todas las etapas del tablero de la voz del cliente.

Verificación: es aquella que se hace a través de una estación de verificación EV, la misma que es subsiguiente a la estación de trabajo que generó el problema y confirma las acciones tomadas por ésta completando así un chequeo al 200%.

Confirmación: es el chequeo final que puede ser funcional o de apariencia y que usualmente son las estaciones EV finales como CARE<sup>10</sup> o auditoría de calidad y con esto se confirma la completa contención del problema al 300% por ende es necesario hacer un chequeo semanal de la efectividad de las acciones tomadas.

**Métricas externas (4).**- Una vez que se ha definido el punto de corte en el punto 2 y se asegura una contención y efectividad de las acciones tomadas al 300% como se detalla en el punto 3, se hace seguimiento a la evolución del problema en campo a través del desempeño de las métricas de IPTV y PPH, y si las acciones son sólidas y se adaptan a lo que el cliente solicita, estas sin duda irán disminuyendo progresivamente en el tiempo. Esto es lo que se debe detallar en esta fase que sin duda da al responsable del equipo y al equipo de soporte la visión de ver que si lo que se ha ejecutado en la planta de ensamblaje es lo correcto.

**Métricas internas (5).**- Esta fase hace referencia al seguimiento del desempeño de las acciones tomadas pero dentro de la planta ensambladora, y generalmente se hace un barrido de todas las estaciones de verificación para confirmar que no solo en la estación subsiguiente no se ha presentado el problema sino más bien en todas. Este seguimiento se hace en referencia a la disminución de los valores de PPH. Es necesario hacer seguimiento continuo del avance de problema expuesta en el tablero de la voz del cliente y es por eso que se debe ejecutar revisiones quincenales como mínimo lideradas por la Gerencia de la planta ensambladora con todos los responsables y a su vez cada etapa debe ser medida de acuerdo a su avance y tiempo de respuesta, y es así que el criterio usado es como se detalla a continuación:

 Punto de corte definido, no existen casos reportados en los 2 últimos meses tanto en métricas internas como externas.

 CVC definida, análisis de causa raíz en proceso, solución final en proceso.

 Problema definido, CVC no definida.

---

<sup>10</sup> CARE: Sus siglas en inglés son Customer Acceptance Review and Evaluation



La condicionante para que un problema pueda salir de la exposición del tablero de voz del cliente o war room es que ambas métricas tanto interna como externa deben ser favorables denotando que el problema ha sido eliminado.

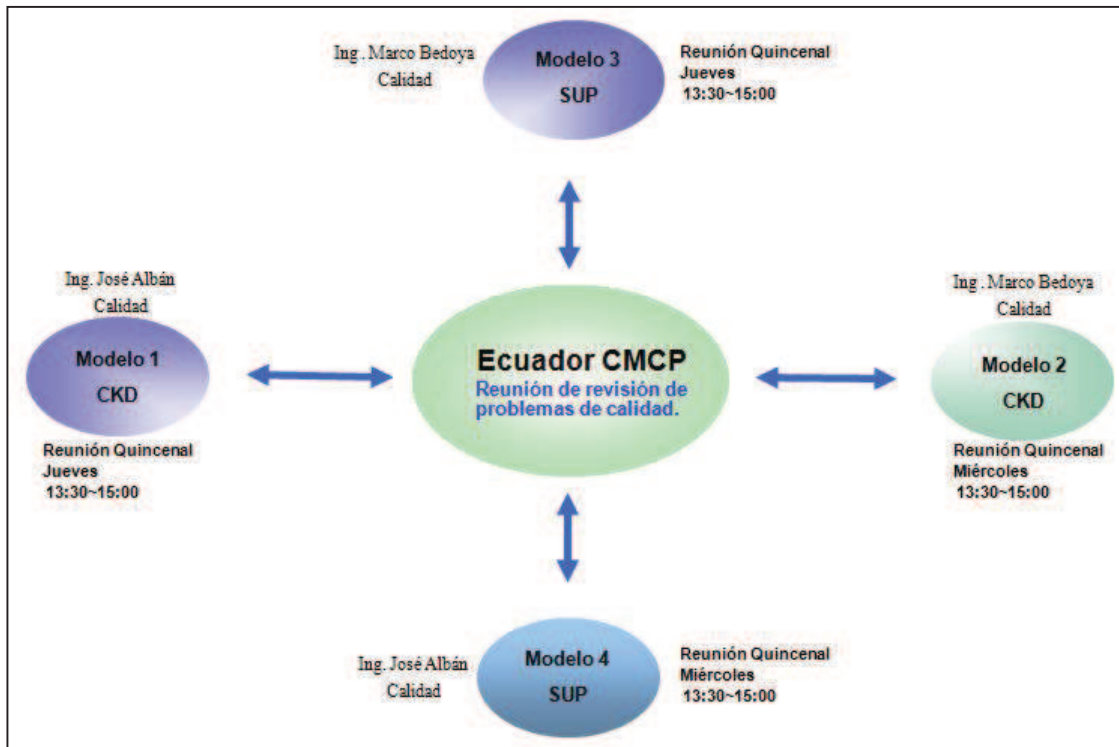
#### *2.4.1.2.2.- Comité de mejora continua de producto (CMCP) interno y externo*

El comité de mejora continua de producto es una herramienta empleada para administrar y solucionar los problemas de calidad reportados por el cliente final que se hayan generado en un vehículo, con el objetivo de alcanzar las métricas internas y externas de calidad propuestas por una planta manufacturera de vehículos.

El comité de mejora continua del producto está integrado por un equipo multidisciplinario de cada una de las áreas de la organización con el objetivo de lograr la sinergia, involucramiento y rápida respuesta de todos en pos de solucionar eficientemente un problema de calidad.

El CMCP además está integrado por el liderazgo de la organización con el objetivo de romper obstáculos que dificulten la pronta solución de los problemas de calidad, ya sea por su naturaleza compleja de solución o por impacto directo de costo; con esto a diferencia del WAR ROOM en este foro se discuten problemas de calidad relacionados tanto al diseño de las partes como al proceso de ensamble.

Un ingeniero de calidad es el encargado de dirigir la junta, el mismo que muestra previamente el desempeño de las métricas de calidad tanto internas como externas así como también los problemas TOP de calidad, ítems calientes y quejas de las encuestas telefónicas. Para optimizar los recursos y lograr una reunión efectiva se asigna un Ingeniero de calidad por cada modelo existente, es decir se lleva una reunión de CMCP por cada modelo que se encuentre en manos del cliente final. La fig. 10 muestra un ejemplo de distribución de plataformas o modelos existentes generado por un Ingeniero de calidad.



**Figura 10:** Distribución de modelos por Ingeniero de calidad

La metodología de priorización de los problemas se mantiene usando la LPP<sup>11</sup>. Los problemas son asignados a los responsables e inicia el proceso de solución, el mismo que tiene un seguimiento quincenal con horas y fechas establecidas, acordadas previamente entre todo el equipo.

#### 2.4.1.2.3.- Metodología 7 diamantes<sup>12</sup>

Es un proceso diseñado para ubicar la causa raíz de un problema, variación o falla en el proceso de manufactura (proceso, calidad de partes, oportunidad de mejora en el diseño, etc.), aplicando cuestionamientos estructurados y secuenciales. Su objetivo principal es dar una metodología secuencial y

<sup>11</sup>**LPP:** Lista priorizada de problemas, la misma que se basa en seleccionar los problemas TOP en base a su impacto en seguridad, costo y recurrencia.

<sup>12</sup> Metodología 7 Diamantes: Referencia <http://ingelinux.wordpress.com/2009/10/03/tecnica-7-diamantes-para-la-resolucion-de-problemas/>

estructurada para el análisis y solución de problemas dentro de una planta de ensamble, sin necesidad de recurrir inmediatamente a la aplicación de complejas herramientas de ingeniería estadística, como 'Causa X' o '6 Sigma'. Es aplicable a problemas de cualquier área de manufactura.

Existen ciertas preguntas claves que se deben hacer secuencialmente en cada diamante, para ubicar la causa raíz del problema, cada diamante tiene un área responsable para realizar el respectivo análisis.

**Diamante 1.** ¿Es el proceso correcto?

**Diamante 2.** ¿Se está usando la herramienta correcta?

**Diamante 3.** ¿Es la parte correcta?

**Diamante 4.** ¿La calidad de la partes es la correcta?

**Filtro 5a.** ¿Se requiere el soporte de Ingeniería para resolver el problema?

**Diamante 5a.** ¿Lo resuelve un cambio en el proceso?

**Diamante 6.** ¿Lo resuelve un cambio en la parte?

**Diamante 7.** ¿Requiere aplicar ingeniería estadística para resolverlo?

### **Responsabilidades y pasos**

Diamantes del 1 al 3: Manufactura. ¿Corremos el proceso de acuerdo a Diseño?

Diamante 4: Calidad de proveedores y/o Proveedores. ¿El problema fue generado en operaciones anteriores o en la fuente o proveedor?

En los pasos anteriores se evalúa la estabilidad del proceso: la respuesta debe ser automática e inmediata sobre el proceso y toda la información debe ser documentada adecuadamente.

Si el proceso no está cumpliendo con los requerimientos del diseño, entonces debe corregirse y validarse.

Filtro 5a Ingeniería de Control de Proceso

Diamante 5. Ingeniería de procesos. El problema se resuelve reduciendo la variación del proceso

Diamante 6. Ingeniería de diseño. Cambio de Ingeniería

Diamante 7. Ingeniería estadística. El problema es demasiado complejo y se requiere de análisis y recursos adicionales.

Los Diamantes 5 al 7 ocurren cuando el proceso de manufactura cumple con los requerimientos del diseño y el problema aún persiste. A partir del diamante 5 se

debe asignar un proyecto de ingeniería: Lean, Causa X, 6 Sigma, etc. Si el resultado del proyecto indica que el problema radica en las partes o en el proceso, entonces se regresa al diamante correspondiente (1 al 4).

Una de las ventajas de usar esta técnica es que cada área de la organización se enfoca en lo que puede controlar. Se van descartando, de manera secuencial y estructurada, los posibles contribuyentes al problema y evita las soluciones a 'prueba y error' que hacen tan ineficientes y costosos a los departamentos de ingeniería y que desgraciadamente están tan de moda.

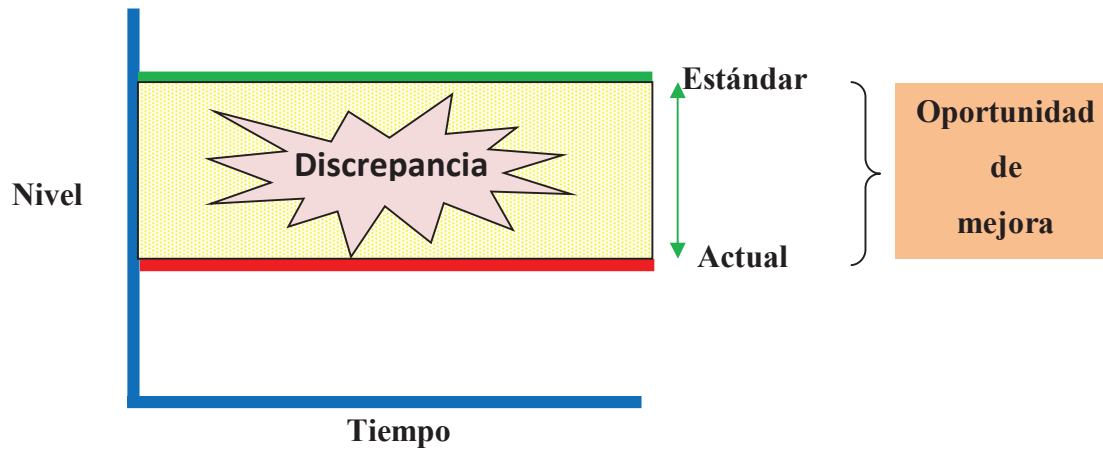
#### **2.4.1.3.- Hacer**

Consiste en llevar a cabo lo planeado, llevando un control adecuado. Si en la etapa de planificación se definen indicadores, aquí es el momento en que se deben ejecutar las acciones planeadas para cumplir los indicadores. Si se definen mecanismos de control de los procesos, aquí se ve la eficacia de esos mecanismos de control para llevar adelante lo planeado. En esta etapa, es en donde aparecen problemas, en donde se realizan procesos que dan como resultado productos y/o servicios.

##### *2.4.1.3.1.-6 Pasos.*

Un problema de calidad es definido como una discrepancia entre una situación deseada o estándar y una situación actual o problema de calidad, dado este contraste la situación debe ser observada y/o manejada como una oportunidad para mejorar.

El proceso de solución de problemas puede ser aplicado en todas las áreas funcionales de una organización, logrando así la sinergia de cada uno y alcanzar un objetivo común de búsqueda de causa raíz y solución a las quejas reportadas por el cliente final. La figura 11 detalla esquemáticamente la oportunidad detectada entre el estándar deseado y la situación actual ante un problema de calidad, además del tiempo de exposición del mismo.



**Figura 11:** Esquema de la oportunidad de mejora ante un problema de calidad.

Entre las metodologías tradicionales de solución de problemas se puede citar a las siguientes:

- Buscar una rápida solución tan pronto sea posible.
- Confiar en experiencias pasadas o juicios personales.
- Direccional síntomas, versus causa raíz.
- Focalizarse en la prevención versus la eliminación.

Los resultados tradicionales de aplicar improvisadas soluciones a su vez son:

- La solución implementada no siempre es la mejor o incluso es una solución eficaz para lograr el estado deseado.
- Problemas transferidos a alguien más.
- Recursos desperdiciados.
- Oportunidades desperdiciadas para encontrar la verdadera causa raíz.
- Malos resultados por la aplicación de acciones curita además de intentar apagar incendios.
- No dar lugar a una solución sostenible en el tiempo, además de aceptable.

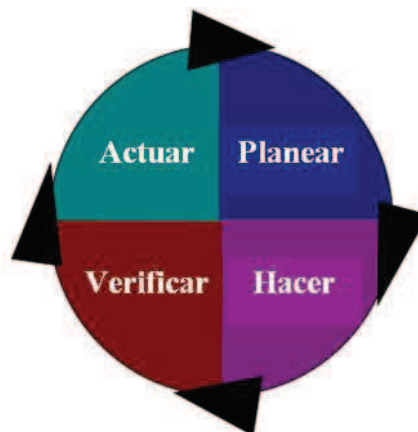
Sin embargo pese a lo detallado anteriormente es necesario tener un estructurado proceso de solución de problemas el mismo que a su vez debe tener un proceso de estandarización luego de evaluación de la solución definitiva implementada con el objetivo de asegurar su estabilidad y sostenibilidad en el tiempo logrando así cerrar el ciclo de la mejora continua como se muestra esquemáticamente en la figura 12.



**Figura 12:** Esquema de la influencia de la estandarización para la mejora continua

Dentro de los seis pasos a seguir a su vez se puede aplicar la metodología del ciclo PHVA ya que representa un alto nivel de enfoque en la solución de un problema.

La figura 13 representa el ciclo PHVA, el mismo que debe cumplirse de una forma cíclica.



**Figura 13:** Ciclo PHVA

Los seis pasos a seguir se detalla a continuación:

- Identificación y descripción del problema.

En este paso se intenta claramente identificar el problema de calidad reportado, establecer la prioridad y objetivo de solucionarlo. Una vez identificado el problema, no se debe involucrar a la posible solución del mismo.

Para efecto de esta tesis se selecciona como input un problema de calidad de naturaleza compleja reportado por un cliente final, entre los sistemas más usados se puede mencionar:

-Establecer la prioridad.

-Asegurarse que el problema fue completamente entendido antes de asignar y direccionar los recursos para resolverlo.

-Establecer una clara definición del problema así como también los objetivos a alcanzarse.

- Análisis de causa raíz.

En este paso se pretende vincular el problema “evento” a la variable responsable, causa raíz, dentro del sistema o proceso que este produzca, entre los sistemas más usados se puede mencionar:

-Identificar el proceso o sistema responsable.

-Desglose de procesos o sistemas claves involucrados en el problema.

-Identificar las mayores variables dentro de cada paso o componente.

-Observar los contrastes que puedan existir.

-Consolidar todos los análisis.

-Finalmente identificar la causa raíz.

- Generar, planear y seleccionar soluciones.

Este paso provee un estructurado enfoque para identificar soluciones y desarrollar un detallado plan de implementación, entre los sistemas más usados se puede mencionar:

-Participación activa de todos los grupos funcionales para desarrollar potenciales soluciones.

-Identificar las mejores soluciones basadas sobre resultados de análisis.

-Establecer fechas de compromiso y responsables por cada una de las soluciones propuestas.

-Revisión permanente de estatus.

- Solución definitiva e implementación de las soluciones.

Este paso provee un estructurado enfoque para implementar las medidas de contención dentro del proceso actual, entre los sistemas más usados se puede mencionar:

-Establecer un plan de pruebas de validación

-Comunicar oportunamente cualquier cambio a los equipos involucrados.

-Implementar las soluciones.

- Evaluación y seguimiento de las acciones tomadas.

Este paso mide el impacto de la medida de contención y provee un estándar que determina el cierre del problema reportado, entre los sistemas más usados se puede mencionar:

- Medir las variables claves del proceso después de implementar la solución.
- Establecer estaciones de verificación para monitorear los cambios.
- Evaluar la efectividad de las medidas de contención.
- Cierre del problema (si no se cumple esto retornar al paso1).

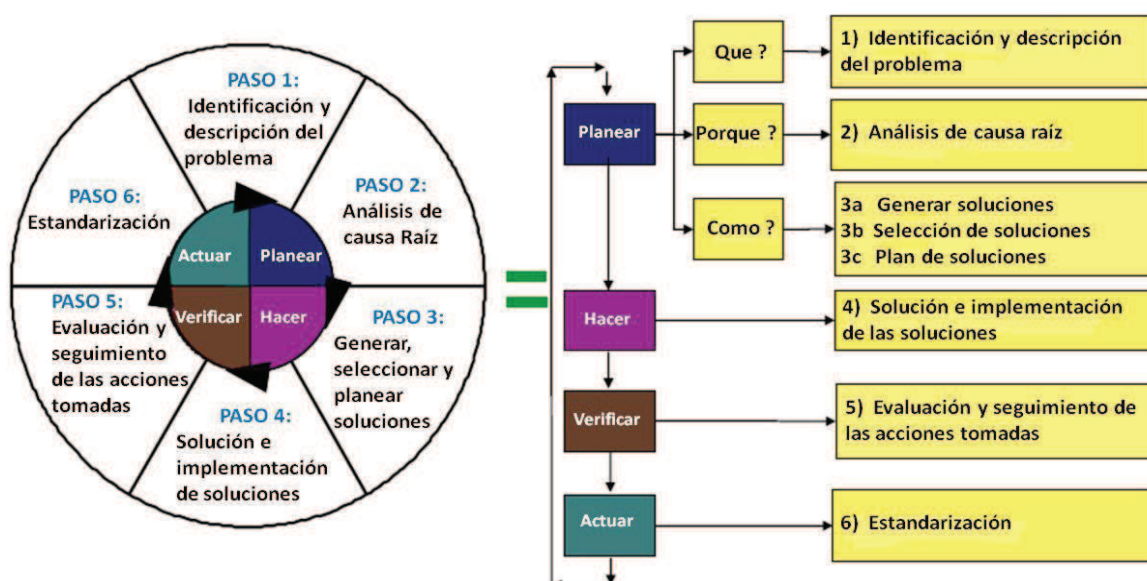
- Estandarización.

Este paso establece las medidas de contención y estandarización dentro del proceso, además establece un límite de desempeño del sistema, entre los sistemas más usados se puede mencionar:

- Permanente incorporación de mejoras dentro del sistema o proceso.
- Actualización periódica de los estándares aplicables.
- Continuo entrenamiento de la organización.
- Permanente seguimiento asegurando las suficientes revisiones o auditorías de los sistemas de las estaciones de trabajo para mantener el nuevo nivel de desempeño.

Los seis pasos de solución de problemas están vinculados con cada fase del PHVA y representa las acciones estándar que se deben tomar para direccionar a un problema.

La figura 14 muestra la vinculación de los seis pasos con el ciclo PHVA.



**Figura 14:** Ciclo PHVA y el proceso 6 pasos.



Dentro de los principales beneficios de aplicar los seis pasos para solución de problemas se tiene:

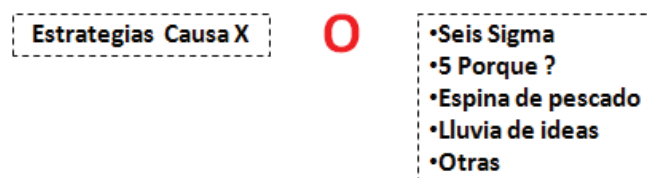
- Ayuda a aprender cómo resolver los problemas lógicamente y sistemáticamente aplicando una metodología común.
- No se enfoca únicamente en el síntoma, sino más bien en encontrar la causa raíz del problema.
- Previene la recurrencia de los problemas a través de la estandarización.
- Establece puntos de control dentro de varios intervalos.
- Esta metodología involucra tanto individual como colectiva participación de los miembros de la organización.

#### 2.4.1.3.2.-Causa X

Dentro de la industria automotriz existen múltiples plantas que fabrican las mismas cosas; algunas buenas, algunas malas, considerando que son los mismos procesos y las mismas partes.

##### 2.4.1.3.2.1.- Estrategias Causa X vs Métodos tradicionales de solución de problemas.

Existen muchas herramientas para solución de problemas que están disponibles en la Industria Automotriz como se observa en la figura 15. Una diferencia entre ellas y la Causa X, es que la Causa X busca el contraste entre las partes buenas y malas para entender cuál es la diferencia entre ellas. La gran mayoría de las metodologías tradicionales de solución de problemas únicamente busca las partes malas, resolviendo así únicamente la mitad del problema planteado.



**Figura 15:** Métodos tradicionales de solución de problemas

La segunda diferencia de la Causa X y otras metodologías de resolución de problemas es que la Causa X es una estrategia de convergencia como se muestra esquemáticamente en la figura 16.



**Figura 16:** Estrategia de convergencia de la Causa X

Los especialistas en solución de problemas se enfocan en obtener el conocimiento del modo de falla y no las soluciones que podrían arreglar la falla. Como especialistas constantemente se formulan preguntas para eliminar lo que no causa la falla.

La metodología Causa X no está buscando vías para arreglar problemas que cualquier técnico competente podría hacerlo, al contrario las estrategias Causa X buscan ganar un entendimiento de cómo los problemas realmente trabajan.

Entre las principales guías de las estrategias Causa X se tiene:

- Escuchar al cliente.- ¿Por qué ellos están insatisfechos?
- ¿Cuáles fueron las condiciones presentadas cuando el problema ocurrió? Velocidad, temperatura, medio ambiente, condiciones de manejo o rpm.
- Entender la física de la parte o como ésta realmente trabaja.- Entradas y/o salidas.
- ¿Cómo la parte interacciona con otras?  
Conexiones eléctricas, ajustes mecánicos o sensores.

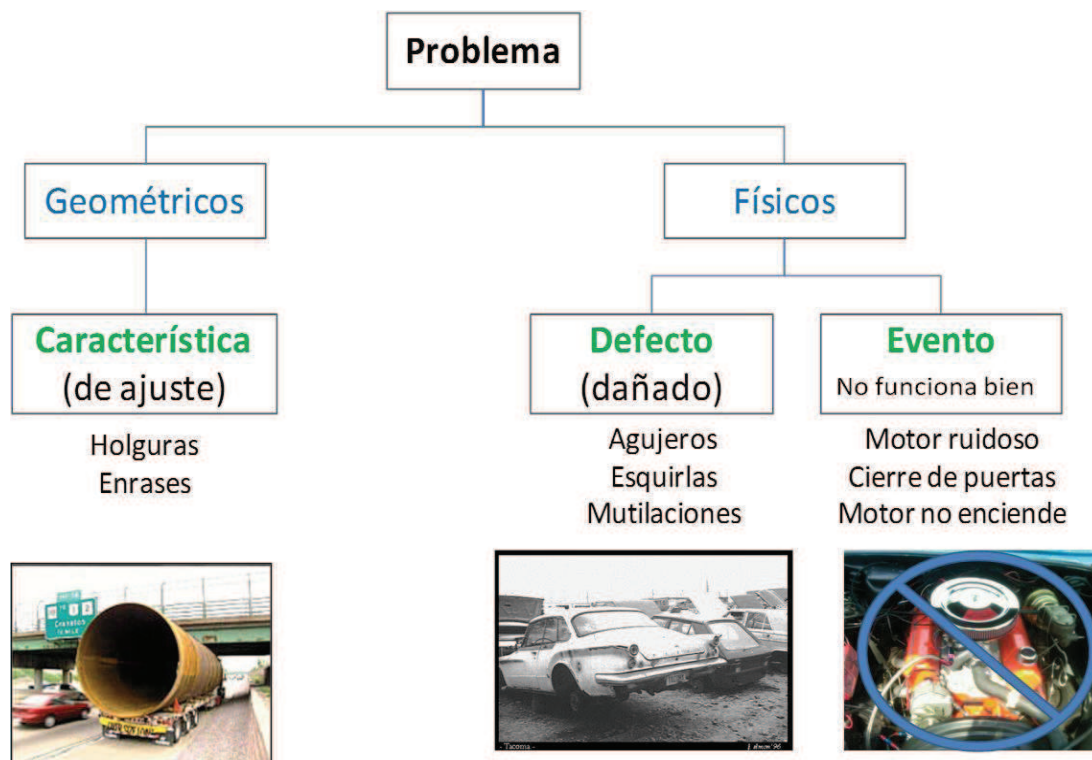
¿Qué puede hacer la Causa X por los especialistas en la solución de problemas?

1. Escuchar al cliente.
2. Observar la falla.
3. Medir el contraste.
4. Converger para la mayor influencia.

5. Confirmar la mayor influencia.
6. Implementar el control.

Los tipos de problemas que se pueden resolver a través de la Causa X son los físicos y de geometría.

La figura 17 muestra los tipos de problemas que se pueden resolver a través de la Causa X así como también su división de acuerdo al caso.



**Figura 17:** Tipos de problema.

Dentro de los problemas físicos se tiene los tipos DEFECTO y EVENTO.

Los problemas de calidad tipo defecto no son más que la evidencia dejada después de un evento no deseado, o a su vez eventos no repetibles y pueden ser cuantificados como atributos: parte buena / parte mala.

Como ejemplo de problemas tipo DEFECTO se puede citar:

- Rayas
- Trizaduras

- Suciedades de pintura
- Óxidos
- Golpes y ondulados
- Pernos rotos

Los problemas de calidad tipo evento requieren de la acción de una fuerza o energía para que se presenten, además se presentan en ese momento (ejemplo, al inicio, al medio o al final) y pueden ser medidos por sistemas de medición por atributo o variable (número).

Como ejemplo de problemas tipo EVENTO se puede citar:

- Esfuerzo de cierre de puertas
- Ruidos en distintas zonas
- Vibraciones
- Problemas eléctricos
- Dificultad de ingreso de marchas
- Durante el ajuste de un perno, este se rompe

Dentro de los problemas geométricos se tiene el de tipo CARACTERÍSTICA.

Los problemas de calidad tipo característica son aquellos que por su forma física generan un malestar al cliente final y pueden ser medidos con un sistema de medición variable.

Como ejemplo de problemas tipo CARACTERÍSTICA se puede citar:

- Holguras entre paneles
- Enrases
- Diámetros (concentricidad)
- Altura y longitud

Entendiendo el mundo físico de cada parte es muy importante para el especialista en solución de problemas

Es importante entender la física de funcionamiento de las partes que se pretende analizar y para ello se puede dividir en las siguientes categorías para evidenciar todas las variables:

¿Cómo trabaja la parte?

- Estática
- Dinámica

¿Qué tipo de entradas tiene?

- Eléctrica
- Mecánica
- Química

¿Qué tipo de salidas tiene?

- Mecánica → elevador de vidrios
- Térmica → Frenos
- Fricción → Frenos
- Eléctrica → Batería
- Visual → Emblemas

¿Cómo está la parte sujeta al vehículo?

- Sujeción mecánica
- Conectores eléctricos
- Adhesivos.

Como especialista de solución de problemas, es muy importante que se entienda el mundo físico de cómo operan las partes. Cuando una parte falla, el rol del especialista en solución de problemas es muy similar a la de un investigador de una escena del crimen. Es su trabajo entender como la parte fue puesta a trabajar y como esta falló. Esta es la evidencia forense que permitirá tener éxito para resolver el problema.

#### 2.4.1.3.2.2.- Terminologías Causa X.

La Y VERDE<sup>13</sup> es la verbalización que el cliente final menciona cuando llega al taller de servicio autorizado, es decir cosas como; ruido de viento, esfuerzo de cierre de puertas, encendida luz de check engine<sup>14</sup> o problema en el asiento.

La Y VERDE es lo que el especialista en solución de problemas resuelve con la finalidad de recuperar nuevamente la satisfacción total del cliente final.

La Causa X es la influencia de mayor variación encontrada en la definición del problema y pueden existir otras pequeñas causas pero siempre existe una sola Causa X, y todo esfuerzo de control no importa si no se controla ésta.

Cuando se menciona “mayor variación” quiere decir que siendo un mismo proceso existen diferencias entre partes, y para efecto de estudio y análisis de causa raíz a través de la Causa X se requiere tener una parte buena y otra mala para tener así el contraste necesario.

La parte buena debe ser certificada con la finalidad de tener un total contraste, entonces siempre debe ser la mejor de la mejor o BOB, por sus siglas en inglés Best Of Best. Entonces éstas serán las partes que generen el entusiasmo de los clientes. Si se tiene una distribución en base a la satisfacción de los clientes, típicamente estas partes caen en el extremo de la distribución como se detalla la figura 18.

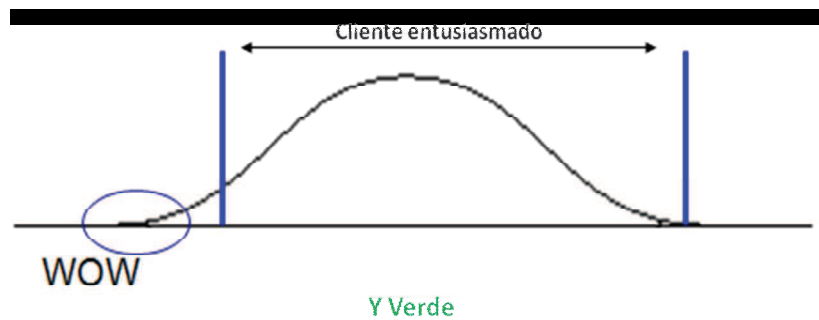


**Figura 18:** BOB el mejor de los mejores

<sup>13</sup>Y verde hace referencia al color del dinero, y resolverla implica no solamente ganancia económica sino también muchos clientes satisfechos.

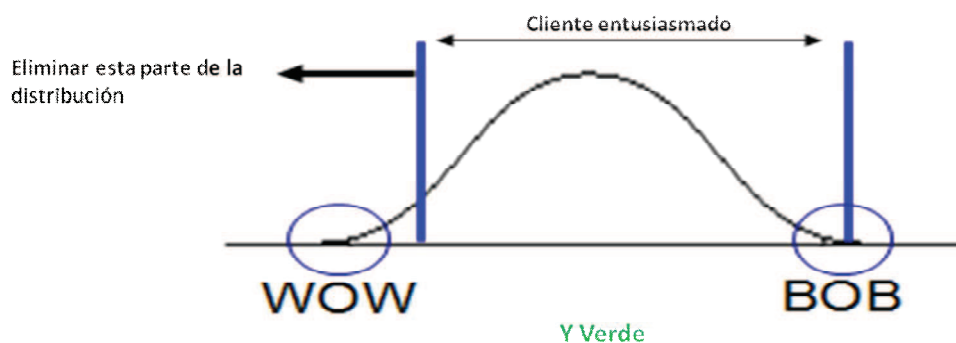
<sup>14</sup> **Check Engine:** Luz indicadora de anomalías en el sistema eléctrico de un vehículo mostrada en el panel de instrumentos.

De igual forma se debe tener una parte certificada como mala o WOW, por sus siglas en inglés: Worst Of Worst y a diferencia de las partes BOB, éstas son las que a los clientes no les gusta o por alguna influencia no cumplen con las especificaciones, por ende afectan directamente a su entusiasmo, típicamente estas partes caen en el extremo de la distribución como se detalla en el esquema de la figura 19 que es el lado opuesto de las partes BOB.



**Figura 19:** WOW el peor de los peores

Las partes BOB y WOW no son necesariamente las partes buenas y las malas, simplemente están en los lados opuestos de la distribución. Las partes BOB y WOW son iguales en todos los sentidos excepto por la diferencia del Y verde como se detalla en la figura 20.



**Figura 20:** Distribución WOW y BOB en el entusiasmo del cliente

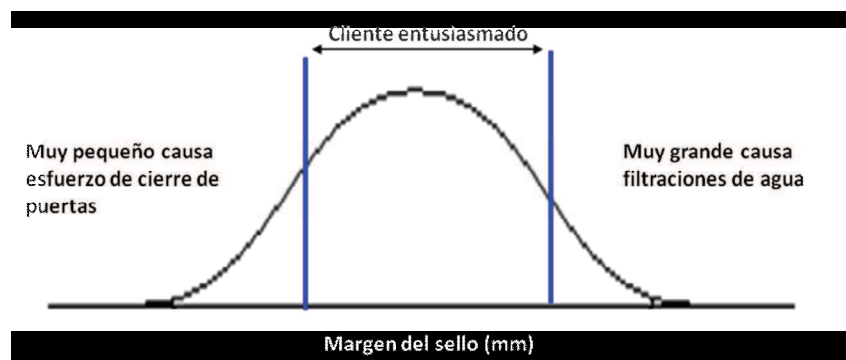
Mucho depende del problema que esté bajo estudio puesto que el BOB y WOW pueden estar muy juntos como se detalla en la figura 21.



**Figura 21:** Distribución de entusiasmo del cliente

¿Cómo seleccionamos un el BOB y WOW en esta distribución?

Entonces el BOB y WOW depende del problema que se inicie a resolver. La figura 22 muestra que dentro de la distribución tiene en lados opuestos al BOB y al WOW, pero así también se indica que si son muy separados ocasiona algún problema de calidad que hace regresar a un cliente al concesionario, entonces dependiendo del tipo de problema se puede seleccionar un BOB y WOW.



**Figura 22:** Ejemplo de entusiasmo del cliente

#### 2.4.1.4.- Verificar

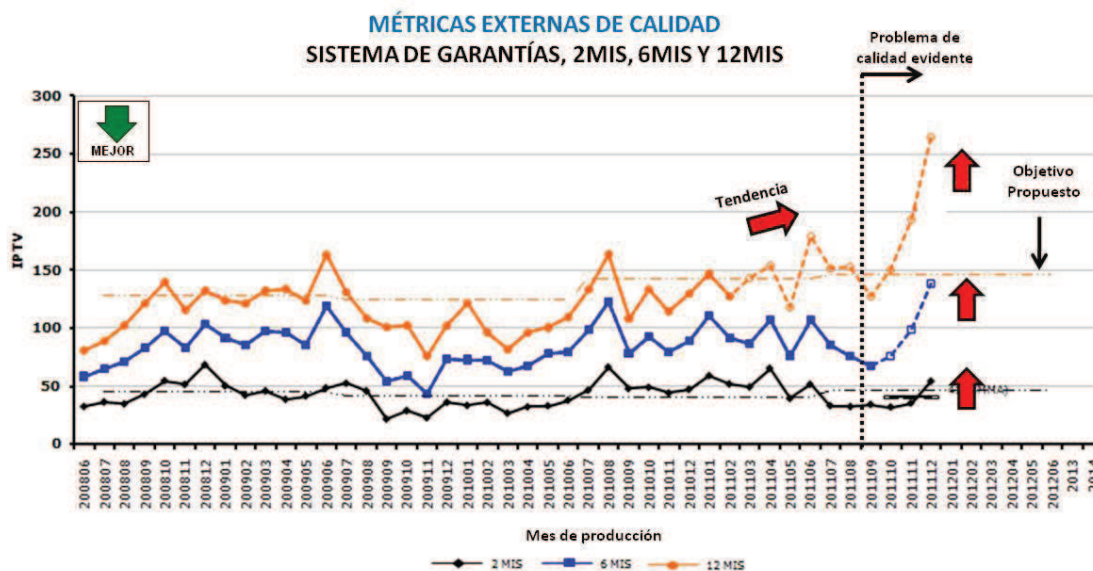
Es la evaluación de los resultados de la tarea ejecutada, y consiste en realizar el seguimiento de los procesos, productos y servicios respecto a las métricas establecidas en el plan inicial, garantizando así que lo planeado y ejecutado tenga un control periódico y estandarizado.

##### 2.4.1.4.1.-Seguimiento de métricas en base a puntos de corte

Una vez determinada la causa raíz del problema a través de cualquier herramienta de solución, se define el punto de corte que no es más que el detalle con fecha de inicio de producción, lote, modelo y/o número de chasis de la primera unidad que sale con la mejora desde la plata de ensamblaje.



La figura 23 muestra en detalle de tendencia de las métricas externas de calidad cuando se genera un problema de calidad a partir de un mes específico de producción, y se evidencia el impacto en los períodos de 2,6 y 12 MIS<sup>15</sup>.



**Figura 23:** Impacto de un problema de calidad en las métricas externas.

A partir del mes de producción Septiembre 2011 se evidencia un incremento preocupante de las métricas externas de calidad en especial en el período 6 y 12 MIS, alcanzando 265 IPTV en el período de 12 MIS; por lo que el equipo de solución de problemas inicia el análisis hasta su solución, que sin duda tiene un punto de corte o quiebre del problema presentado en manos de clientes finales. Definido esto, hay que evaluar la afectación existente en todos los vehículos usados, es decir vehículos en manos de clientes finales o vehículos en campo antes de las mejoras propuestas (punto de corte).

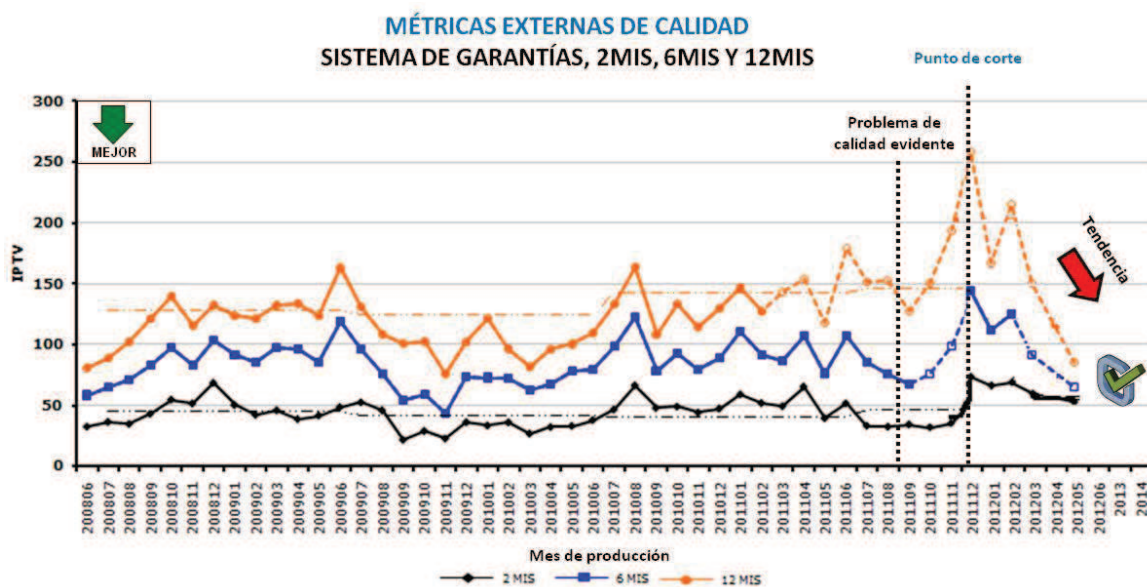
La figura 24 muestra la mejora en la tendencia de las métricas externas de calidad a partir de la implementación del punto de corte propuesto. Por consiguiente el valor máximo de 265 IPTV en el período 12MIS del mes de Sep. 2011 disminuyó hasta 75 IPTV en el mes de Mayo 2012 a partir del punto de corte dado en el

<sup>15</sup> MIS: Cantidad de meses que los vehículos están siendo usados a partir de la compra. (Months In Service)

mes de Dic. 2011, es decir alrededor del 325% de mejora en relación al número inicial.

Se debe considerar que el porcentaje de efectividad de un punto de corte no es el 100% ya que existen factores externos (condiciones climáticas, geográficas y culturales) que influyen en que la solución propuesta no sea efectiva.

Por ejemplo, un ruido de carrocería (medido en Db), luego de implementar el punto de corte, para algunos clientes puede ser imperceptible mientras que para otros puede estar presente el problema con menor grado de intensidad, pese que se encuentre dentro de los estándares (Db) del fabricante.



**Figura 24:** Impacto del punto de corte en las métricas externas de calidad.

Este indicador está sujeto a revisión continua para garantizar que la estandarización del proceso se cumpla y se mantenga la solución propuesta en el tiempo como se menciona en el ciclo PHVA.

Hay que recalcar que anterior a las mejoras propuestas por el punto de corte para disminuir o eliminar un problema de calidad existe un universo de vehículos involucrados que no tienen las soluciones implementadas.

#### 2.4.1.5.- Actuar

Se refiere a la estandarización del proceso que alcanza los resultados de mejora, o la solución de problemas para determinar e interpretar acciones correctivas.

Cada vez que un ítem es verificado, la acción potencial existe. Si el progreso está por encima del plan no se necesita acción, a menos que la innovación tenga que ser mantenida en seguimiento.

En este caso, las innovaciones deben considerarse para la estandarización como la base para el próximo ciclo de mejora continua.

Dentro de la industria automotriz este punto es uno de los más críticos puesto que lo más difícil es estandarizar y mantener las operaciones funcionando de una manera óptima, por tal motivo es responsabilidad del área de aseguramiento de calidad hacer auditorías cada dos meses en las estaciones de trabajo con la finalidad de auditar la correcta aplicación de las acciones implementadas en el tiempo.

##### 2.4.1.5.1.-Boletines de servicio<sup>16</sup>

Una vez implementado satisfactoriamente un punto de corte se evidencia que existe un universo de vehículos involucrados que son anteriores a las mejoras propuestas, y entonces el siguiente paso es atender todos estos casos con la finalidad de cubrir y/o corregir todos los defectos de calidad ocasionados, sea por el proceso productivo de una planta ensambladora y/o fuente diseñadora del vehículo.

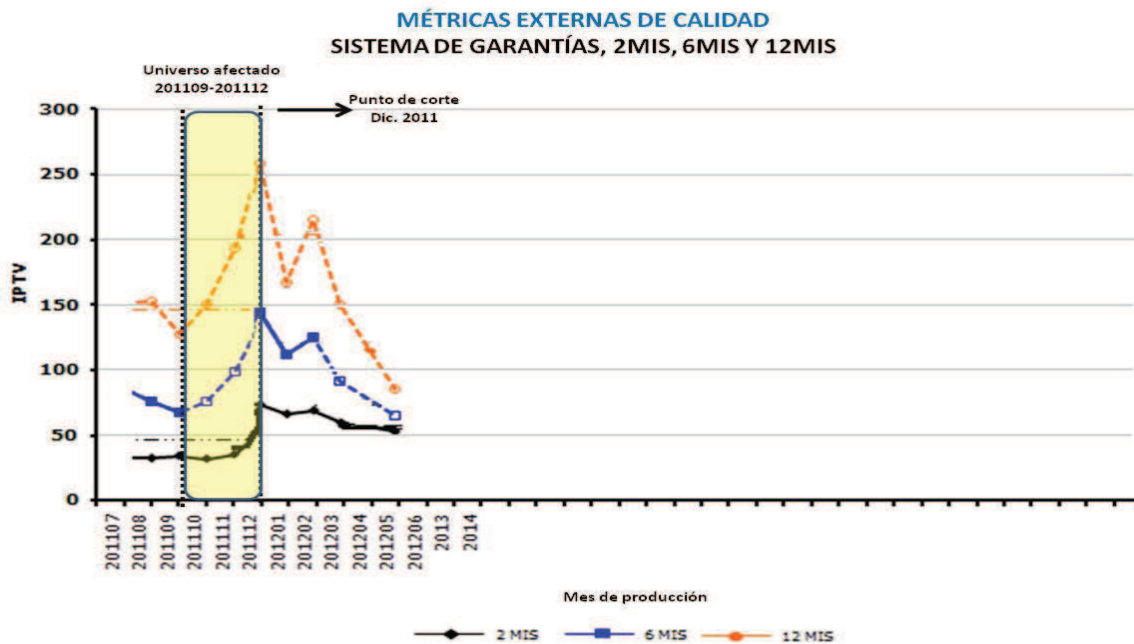
Para esto se envían boletines de servicio que detallen las reparaciones a ser efectuadas cuando el cliente final llegue a cualquier taller de servicio autorizado. El alcance de los boletines de servicio es atender desde problemas de apariencia (ejemplo: rayas en la pintura de la carrocería) hasta problemas de calidad que

---

<sup>16</sup>**Boletines de servicio:** Documentos con información técnica confidencial de uso exclusivo de una red autorizada de servicio posventa creados para solucionar efectiva y oportunamente problemas de calidad reportados por un cliente final.

involucren algún tipo de riesgo para el cliente final (ejemplo: problemas de frenado).

La figura 25 muestra marcado en amarillo los meses de producción afectados por un problema de calidad y que son anteriores a las mejoras planteadas a partir del mes de Diciembre del 2011.



**Figura 25:** Impacto del punto de corte en las métricas externas de calidad.

Con esta información se inicia el rastreo de unidades producidas con el equipo de manufactura y ventas para determinar el universo afectado en esos meses específicos de producción, además del alcance que tendrá el boletín de servicio.

Con esto se puede citar como ejemplo:

- Unidades Producidas entre Sep. 2011 y Dic. 2011: 2500 vehículos
- Unidades vendidas a concesionarios: 2000 vehículos.
- Unidades vendidas a clientes finales: 1200 vehículos.

Estrategia a seguir:

1. Formar un grupo de trabajo para reparar las unidades en stock (patios de almacenamiento) en la planta manufacturera (500 vehículos).

2. Enviar un comunicado a la red de talleres de servicio autorizados para que a su vez formen grupos de trabajo y reparen las unidades previa la entrega al cliente final (800 vehículos).
3. Dependiendo de la criticidad del problema y decisión del fabricante se puede contactar a los clientes finales a través de un servicio 1800 y/o prensa escrita para que se acerquen al taller de servicio autorizado de su preferencia para resolver el problema de calidad de su vehículo.
4. Fin del ciclo, e inicia nuevamente con el análisis de métricas de calidad

#### *2.4.1.5.2.-GM difference<sup>17</sup>*

El propósito fundamental de éste concepto es garantizar las prácticas de calidad en el taller, mediante algunos estándares que involucran a todo el personal, desde administrativos hasta operativos, haciendo énfasis en el servicio al cliente, para que éste se sienta seguro y regrese para futuros mantenimientos o para solucionar posibles problemas que pueda encontrar en el tiempo.

La principal herramienta que se debe utilizar es “correcto a la primera vez”.

#### **Proceso correcto a la primera vez**

##### **Definición:**

- Garantizar que los vehículos son atendidos (diagnosticados y reparados) correctamente desde la primera vez.

##### **Propósitos:**

- Lograr un buen funcionamiento del Taller, para tener un servicio correcto a la Primera vez.
- Mejorar el tiempo de entrega (permanencia del vehículo), optimizar y usar de forma eficiente los equipos, herramientas e instalaciones del taller de servicio.

##### **Responsables:**

- Gerente General
- Gerente de Servicio /Posventa

---

<sup>17</sup> **GM Difference:** Estrategia de servicio de General Motors para desarrollar clientes para toda la vida

- Gerente de Repuestos /Posventa
- Coordinador GMD Líder de Calidad
- Asesores de servicio Jefes / Supervisores de Taller
- Técnicos del Taller
- Verificación – personal de limpieza
- Responsable de la caja y facturación

### **Garantizar un diagnóstico correcto**

Para hacer un adecuado diagnóstico es necesario que se haya realizado una adecuada orden de trabajo por el asesor de servicio con la información suministrada por el cliente.

El método para realizar los diagnósticos se describe en varios Manuales de Servicio de cada producto (físicos, electrónicos y pagina WEB) y en el TECH 2 (software de diagnóstico con MDI). Debe estar soportado con la información suministrada en la orden de trabajo y complementado con las habilidades requeridas para reparaciones especializadas.

- Es fundamental usar la historia actual de servicio del vehículo y cuando sea apropiado, completar los formularios / formatos necesarios para garantizar un diagnóstico certero.
- Se debe implementar las prácticas descritas en el proceso de escalamiento de diagnósticos,
- Se debe asegurar que la información técnica esté disponible para los Técnicos del taller.

El software de diagnóstico es un método recomendado para obtener y guardar el historial del vehículo por su facilidad de almacenamiento y la velocidad en la cual se obtiene la información del cliente.

### **Reunión diaria de planificación de trabajo (15 minutos antes de comenzar la jornada)**

Se recomienda al iniciar, identificar trabajos que faltan por concluir de los propietarios de los vehículos.

Administrar y acelerar los trabajos atrasados o pendientes.

Determinar las razones de esta situación y planear su finalización, asignar más recursos de ser necesario.

Determinar que técnicos están disponibles.

Garantizar que las herramientas, equipos e información estén disponibles.

Se debe ordenar los repuestos como sea necesario. Tener en cuenta las consideraciones necesarias para los trabajos exigentes o difíciles.

Todos los trabajos que no se realicen en el taller (tercerizados) deben ser sometidos a una compuerta de calidad. EV<sup>18</sup>

Si por alguna razón el Taller tiene limitaciones para realizar una reparación de forma adecuada, debe soportarse en algún otro Taller de la marca o casa Matriz

En caso que tampoco el concesionario pueda realizar la labor, se debe acudir a un agente externo y se debe verificar la calidad del trabajo realizado para evitar cualquier inconformidad por parte del cliente.

El trabajo tercerizado debe estar alineado con los tiempos de las órdenes de trabajo/reparación O/T<sup>19</sup> para cumplir con las expectativas de entrega del cliente.

Se deben registrar e informar los términos de garantías de los trabajos tercerizados. Hay que garantizar que el cliente se sienta a gusto con un buen trato y un trabajo efectivo, a fin de que regrese al taller en su próximo mantenimiento.

---

<sup>18</sup> **EV:** Estación de verificación o compuerta de calidad, que permite detectar y filtrar errores para evitar que se entregue un producto de mala calidad al cliente final.

<sup>19</sup> **Reparación O/T:** Trabajos realizados por terceros diferentes al taller de servicio.

## **2.5.- FUNDAMENTO TEÓRICO DE ADMINISTRACIÓN DE PROCESOS.**

Tomando en cuenta que todo trabajo o actividad es un proceso o parte de un proceso, entonces todo producto y/o servicio es producido a través de procesos. Por lo tanto, si se desea que una empresa pueda mejorar la calidad de sus productos y servicios, el punto de partida son los procesos.

Un proceso es cualquier actividad o grupo de actividades que emplee un insumo, le agregue valor a éste y suministre un producto a un cliente interno o externo.

Administración de procesos es asegurarse de que todos los procesos claves trabajen en armonía para maximizar la efectividad organizacional. La meta es alcanzar una ventaja competitiva a través de una mayor satisfacción del cliente. Las herramientas y técnicas principales usadas en estos procesos son: diagrama de flujo, tormenta de ideas, votación, diagrama de Pareto y gráficas. Si estas son implementadas eficazmente, se obtienen tres resultados principales:

- Un lenguaje común para documentar y comunicar actividades y decisiones para procesos clave en el mejoramiento de procesos de calidad total
- Un sistema de indicadores de calidad total encadenado con todas las áreas
- Ganancias inmediatas y a largo plazo, a través de la eliminación de desperdicio, cuellos de botella y trabajo doble.

Además, la administración de procesos involucra tres componentes principales:

**Entradas:** Recursos del ambiente externo, incluyendo productos o salidas de otros subsistemas.

**Procesos de transformación:** Las actividades de trabajo que transforman las entradas, agregando valor a ellas y haciendo de las entradas, las salidas del subsistema.

**Salidas:** Los productos y servicios generados por el subsistema, usados por otro sistema en el ambiente externo.



## **Implantando Administración de Procesos<sup>20</sup>**

Las entradas apropiadas no son suficientes más si son necesarias para producir salidas apropiadas. El diseño, proceso y salida basados en las necesidades de los beneficiarios, definen entradas apropiadas. Las entradas apropiadas maximizan el sistema, mientras las entradas inapropiadas, crean limitaciones en el sistema. Por consiguiente, es más fácil pensar en entradas apropiadas o inapropiadas, que en términos de calidad.

Desgraciadamente, el conocimiento de las salidas no nos provee la base para identificar problemas que incurren durante el proceso de desarrollo del producto

Los pasos para llevar a cabo la administración de procesos son:

### **Identificar los procesos principales.**

Este paso parece fácil para las instituciones educativas, porque la mayoría tienen su misión basada en educación, investigación, y servicio a la comunidad, como sus propósitos principales.

### **Análisis de Procesos**

Se inicia con un esfuerzo en especificar el propósito de los procesos principales en estudio. La identificación de las necesidades y expectativas del cliente deben involucrar a los clientes como la principal fuente de información. Usualmente es útil desarrollar un diagrama de flujo del proceso que está siendo estudiado. Al examinar el diagrama de flujo, podemos obtener discernimiento sobre las fuentes de los problemas, como pasos innecesarios, y puntos de retraso. Los procedimientos para desarrollar un diagrama de flujo de procesos incluyen:

**Definición de Límites:** Los límites del proceso en estudio deben de ser especificados.

**Recolección de Datos:** Se necesita la recolección de datos sobre el proceso y las actividades relacionadas.

---

<sup>20</sup> Tomado del libro: Gestión por procesos de Antonio Solé Cabanes

**Listado de Actividades secuenciales:** Los pasos involucrados en el proceso deben ser identificados en el orden en que ocurren, es decir, entrada, proveedor, primeras acciones, salida de la actividad, quien recibe las salidas, etc.

**Estudio del diagrama de flujo:** El dibujar el diagrama de flujo proveerá, información sobre datos que faltan, pasos redundantes, retrasos potenciales, etc.

### **Identificar los problemas**

Esto involucra la utilización de medidas de rendimiento y la recolección de datos del proceso en estudio.

Cuando surgen dificultades o problemas, por lo general la primera reacción es responsabilizar a otros. Así se gastan los recursos equivocadamente tratando de justificar los errores culpando a otros, en vez de invertir estos recursos en la búsqueda de las verdaderas causas de nuestros problemas.

### **Cultura de la Administración de Procesos**

No se puede inspeccionar la calidad de un producto al final de la línea de producción. La calidad requiere no solo la detección de defectos, sino también su prevención. Requiere la eliminación de pasos innecesarios, y el aseguramiento de los procedimientos apropiados. Todo trabajo es un proceso. Los detalles de los procesos organizacionales, son importantes porque son la substancia organizacional, que ultimadamente produce resultados. Si los detalles están malos, el proceso está mal. Si el proceso está mal, los resultados son malos. Por ende, la calidad requiere atención en los detalles.

### **No se puede mejorar un proceso sin datos.**

Las causas comunes de los problemas son atribuibles al proceso y no al trabajador. Las causas especiales de los problemas son atribuibles a eventos excepcionales de los procesos. La eliminación de estos requiere que la detección sea lo más pronto posible. Agregar pasos a un proceso, agrega oportunidades para nuevos problemas. Se debe hacer un proceso lo más simple posible.

## CAPÍTULO III

### ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ

Como se ha mencionado anteriormente existen varias herramientas de solución de problemas, siendo la Causa X la más eficiente y efectiva forma de encontrar la verdadera causa raíz de un problema de calidad de naturaleza compleja<sup>21</sup>. Entonces para resolver un problema de calidad de forma definitiva se logra a través de la eliminación total de la causa raíz logrando así que el cliente final no retorne al taller de servicio autorizado y se logra no solo su entusiasmo sino que esté encantado con el trabajo realizado.

#### 3.1. GENERALIDADES.

Para efecto práctico de esta tesis se detalla la resolución de dos problemas críticos de calidad<sup>22</sup> a través del uso de la herramienta estadística Causa X.

Los problemas de calidad han sido seleccionados por su alto impacto en las métricas tanto internas como externas, es decir que en su momento generan problemas dentro de la planta de ensamblaje como en manos del cliente final una vez que el vehículo fue vendido.

#### 3.2.- ESCUCHAR AL CLIENTE

Las verbalizaciones del cliente son importantes ya que las mismas se convierten en informaciones que puede ser transformadas a un diagrama de Pareto, a su vez

---

<sup>21</sup>**Problema de naturaleza compleja:** Problema de calidad el cuál posterior a usar los métodos de solución tradicionales no se identifica la verdadera causa raíz. Autor Ing. Marco Bedoya

<sup>22</sup> **Proceso de solución de un problema:** Un proceso de solución de problemas es basado en ganar conocimiento profundo de cómo realmente funcionan.

el cliente da la alerta para definir qué problema de calidad necesita ser resuelto como prioridad 1.

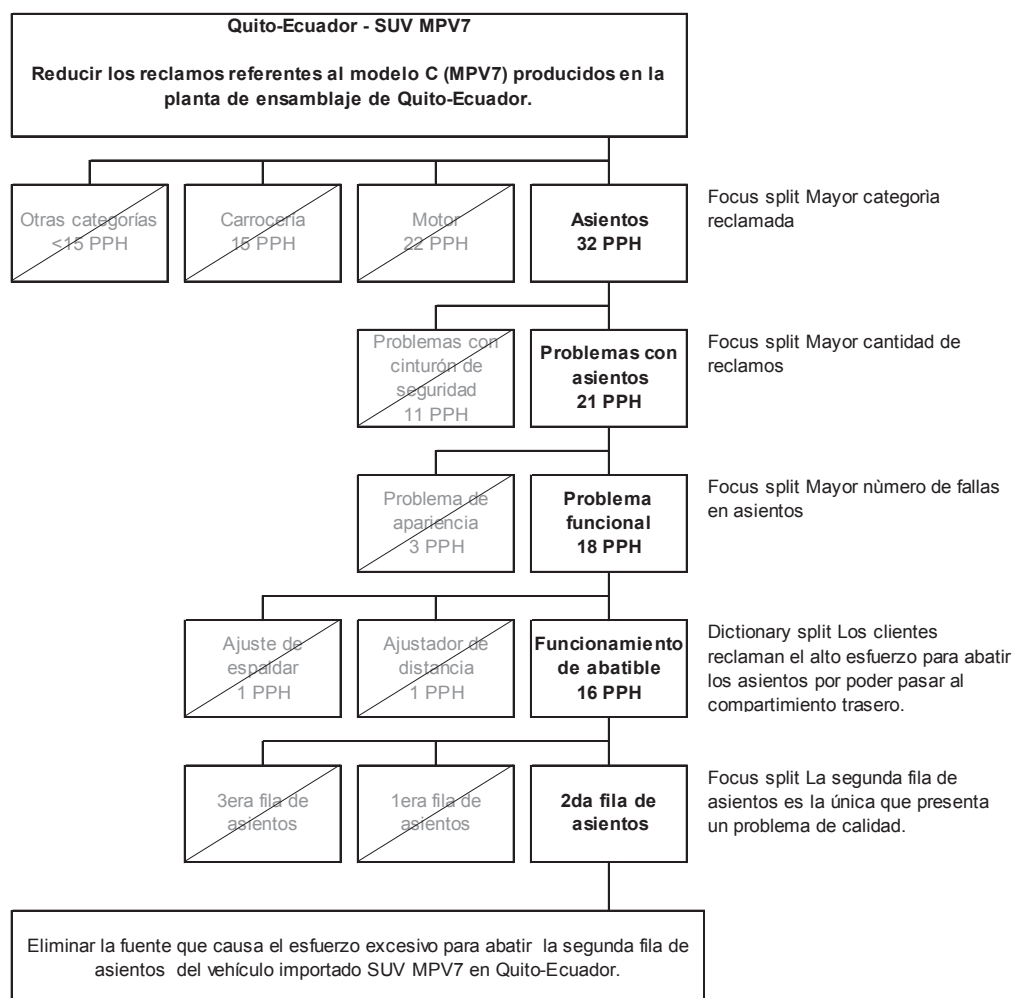
Para entender la situación actual como se menciona en el capítulo 2, la alternativa es usar un árbol de definición del problema; el cuál es una herramienta para asesorar gerentes y definir claramente los proyectos que puedan ser direccionados a los Ingenieros especialistas en la solución de problemas.

El árbol de definición de problemas utiliza datos atributivos en forma de reclamaciones, fallas, costos, etc. para identificar qué proyecto es el más importante.

Para efecto de esta tesis se aplica la metodología Causa X para los problemas TOP 1 y 2 como se detalla en la figura 26.

El primer reclamo o Y verde del cliente es que es difícil liberar el asiento para pasar a la tercera fila de asiento, considerado eso se procede a revisar los datos de garantías y se elabora el árbol de definición de problema, el cual se detalla abajo.

## Arbol de definición de problema



**Figura 26:** Árbol de definición de problema de reclamos del vehículo MPV7

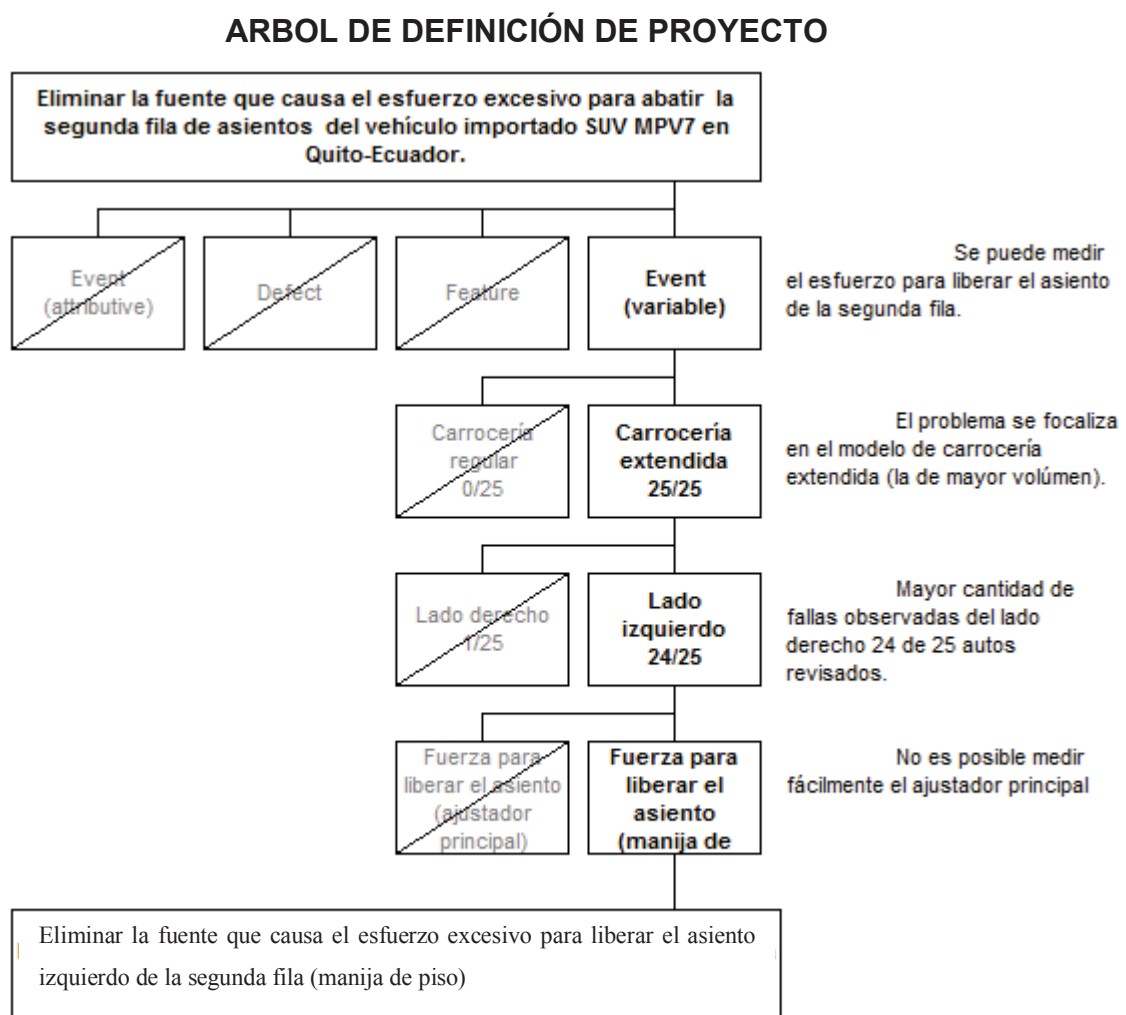
### 3.2.1.- ESCUCHANDO AL CLIENTE-CONCLUSIÓN

El reclamo del cliente o Y verde, luego de revisar las bases de garantía y establecer el respectivo árbol de definición de problema es: Eliminar la fuente que causa el esfuerzo adicional para liberar la segunda fila de asientos del vehículo importado SUV MPV7 en Quito Ecuador.

### 3.3.- OBSERVAR LA FALLA

Partiendo de la Y verde que es una distribución del desempeño de un evento o característica que incomoda al cliente, se puede mencionar:

Para el caso del problema en el asiento de la segunda fila se tiene que es una Y verde por evento, pueden ser deseados o no deseados, además que puede ser medible.



**Figura 27:** Árbol de definición de proyecto

Una vez ejecutado el árbol de definición de problema se tiene que desarrollar un árbol de definición de proyecto, mostrado en la figura 27, el mismo que es una herramienta para convertir un proyecto atributivo en uno de variable medible (Y verde), además de ser un resumen de todas las decisiones hechas por el equipo técnico para converger a la Causa X o a su vez desarrollar una variable Y verde. Un árbol de definición de proyecto convierte un proyecto técnico en un Y verde que puede ser una falla o una distribución de desempeño.

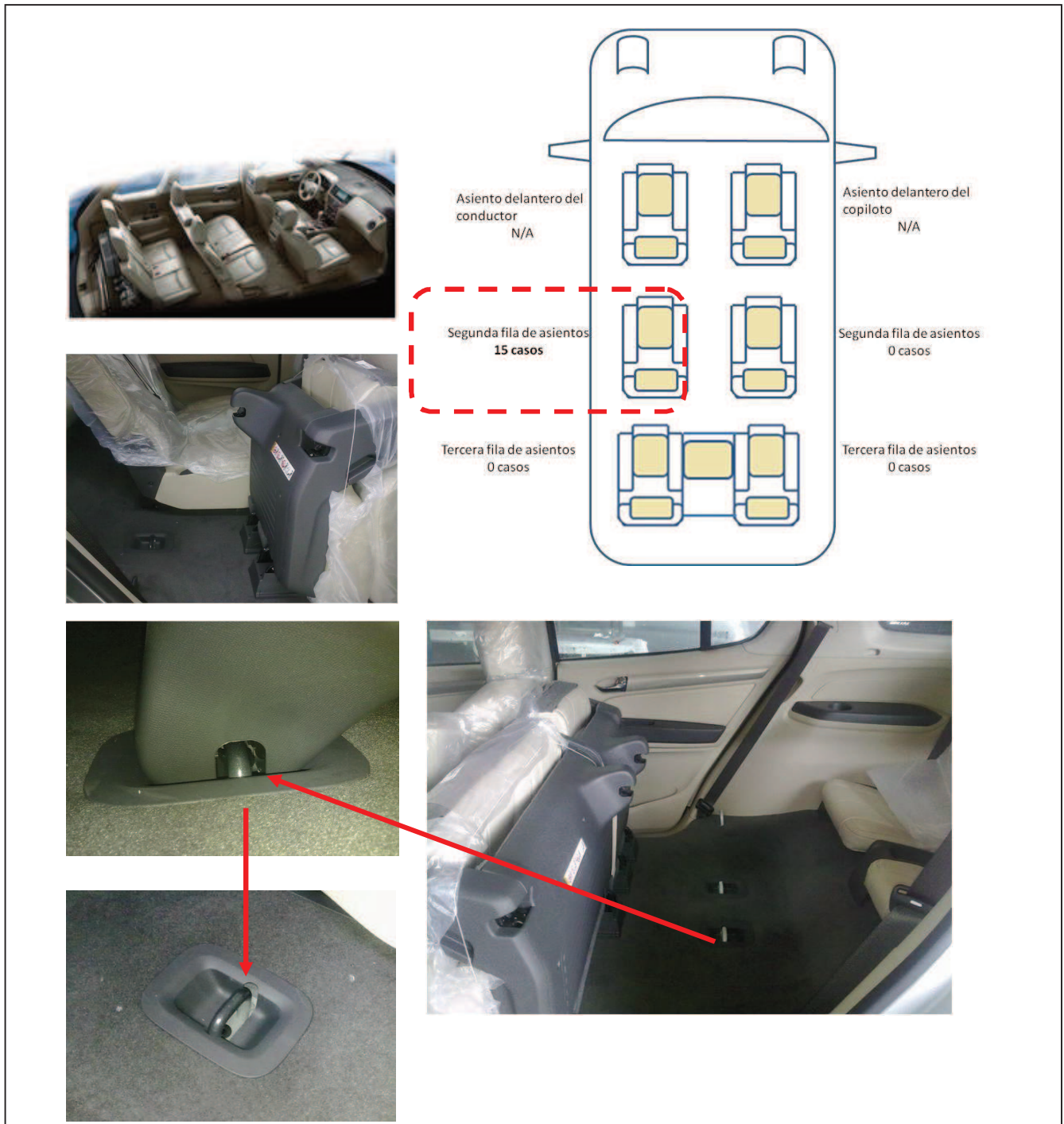
Distribución de esfuerzo del problema



**Figura 28:** Distribución de esfuerzo del problema del abatible del asiento

Una vez definido el árbol de definición de problema y proyecto es conveniente hacer un diagrama de concentración, como lo muestra la figura 28 y que no es más que una medición por atributos de localización de un defecto, característica o figura y es utilizado para monitorear la localización de un defecto atributivo en relación a región o configuración de proceso o producto para encontrar algún patrón no aleatorio.

La figura 29 muestra la denotación numérica de “Duro” para abatir el asiento izquierdo de la segunda fila de asientos de un total de 20 vehículos auditados.



### 3.3.1.- OBSERVAR LA FALLA-CONCLUSIÓN

Se tiene que todos los carros WOW presentan problemas de dureza al momento de abatir la segunda fila de asientos del lado izquierdo. El valor de la Y verde

comprendido entre 20 a 45 lb es la satisfacción del cliente, es decir que con esos valores el cliente no tiene problemas para liberar el asiento izquierdo de la segunda fila.

### 3.4.- MIDIENDO EL CONTRASTE

Existen dos tipos de medición; el de atributo y el de variables.

Hablando del sistema de medición por atributos, este posibilita obtener conocimiento, muchas veces insatisfactorio o superficial. Como ejemplo de mediciones que se ejecutan a través de atributos pueden ser: Fuga-no fuga, abre-no abre, hace ruido-no hace ruido, tiene esfuerzo-no tiene esfuerzo. Más puede ser utilizado para desarrollar un plan de ataque a un problema.

Los riesgos de utilización de atributos son:

- Pérdida de información
- Menor nivel de confianza
- Más difícil de identificar verdaderos BOB y WOW

El éxito de resolución de este problema de calidad es trabajar para que este proyecto pueda llegar a desarrollar un sistema de medición por variables.

Para encontrar el contraste se debe trabajar con eventos muchas veces, repetitivamente en ambos vehículos BOB y WOW dentro de las mismas condiciones de análisis, ejemplo; esfuerzo de abatir el asiento izquierdo de la segunda fila, el BOB siempre estará suave y el WOW siempre tendrá un esfuerzo extra para liberarlo.

Para tener un buen sistema de medición se debe considerar que tenga una buena apreciación y así estar más cerca de la verdad, debe ser preciso para así tener las mismas respuestas de repetidas mediciones y por último se debe tener la habilidad de discriminar, que posibilita comparar una muestra con una próxima. La única forma de saber si un sistema de medición es bueno o suficiente es haciendo un ISOPLOT<sup>23</sup>.

---

<sup>23</sup> **Isoplot:** herramienta estadística que valida el sistema de medición empleado.



### 3.4.1.- EL USO DEL ISOPLOT

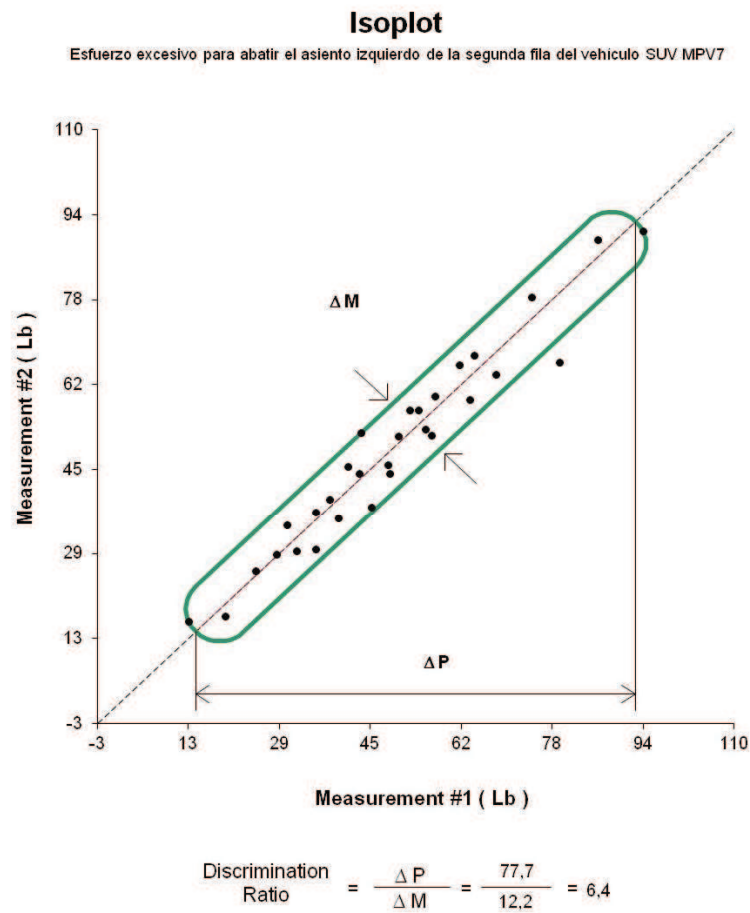
El Isoplot es una herramienta utilizada para determinar si el sistema de medición puede discriminar entre un vehículo BOB y WOW y debe ser aplicado cuando se dude acerca de la efectividad del sistema de medición que se está utilizando.

Para el proyecto de esfuerzo excesivo en el asiento izquierdo de la segunda fila del SUV MPV7 se utiliza un sistema de medición por variable y se obtienen resultados en libras, además que se podía medir el esfuerzo necesario para liberar el asiento. Los datos tomados fueron recolectados para verificar la efectividad de un dinamómetro como herramienta de medición. ¿Ese es un buen sistema de medición? ¿Cuál es el  $\Delta M$  en libras?

**Tabla 1:** Mediciones con dinamómetro de la fuerza para mover el abatible del asiento

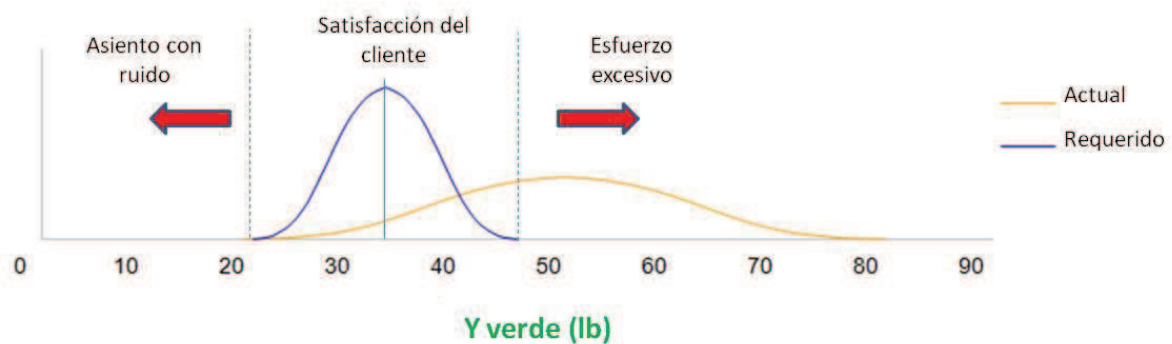
|    | 1ERA MEDICIÓN | 2DA MEDICIÓN |    | 1ERA MEDICIÓN | 2DA MEDICIÓN |
|----|---------------|--------------|----|---------------|--------------|
| 1  | 43.5          | 44.7         | 16 | 63.9          | 67.1         |
| 2  | 55.2          | 53.1         | 17 | 50.4          | 51.8         |
| 3  | 54            | 56.8         | 18 | 45.6          | 38.3         |
| 4  | 28.7          | 29.2         | 19 | 93.9          | 90.8         |
| 5  | 56.3          | 52           | 20 | 35.7          | 37.2         |
| 6  | 48.9          | 44.7         | 21 | 67.8          | 63.6         |
| 7  | 25            | 25.9         | 22 | 13.1          | 16.4         |
| 8  | 74.1          | 78.3         | 23 | 38.2          | 39.7         |
| 9  | 52.5          | 56.8         | 24 | 35.7          | 30.1         |
| 10 | 39.7          | 36.1         | 25 | 61.3          | 65.4         |
| 11 | 32.4          | 29.7         | 26 | 79.1          | 65.9         |
| 12 | 19.6          | 17.4         | 27 | 48.5          | 46.4         |
| 13 | 56.9          | 59.4         | 28 | 85.9          | 89.2         |
| 14 | 63.1          | 58.8         | 29 | 43.8          | 52.4         |
| 15 | 30.7          | 34.7         | 30 | 41.5          | 46           |

La figura 30 muestra el ISOPLOT que valida el sistema de medición, mientras que en la figura 31 se muestra de manera gráfica los límites de satisfacción del cliente para abatir del asiento.



**Conclusion: El sistema de medición puede discriminar entre BOB y WOW**

**Figura 30:** Isoplot de la fuerza necesaria para abrir el abatible del asiento



**Figura 31:** Límite de satisfacción del cliente vs fuerza aplicada para abatir el asiento

La gráfica del isoplot muestra una variación de  $\Delta M = 12,2$  Lb que significa la variación entre las mediciones tomadas y  $\Delta P = 77,7$  que es resultado de la diferencia entre el valor más alto de las mediciones (92) y el menor (14).

Si  $\Delta P/\Delta M \geq 6$  entonces el sistema de medición es capaz de discriminar dentro del rango de variación obtenido dentro de las 30 muestras aleatorias utilizadas. Para efecto de este problema de calidad, el valor obtenido de 6,4 valida las mediciones tomadas a través de un dinamómetro.

### **3.5.- BUSCANDO LA MAYOR INFLUENCIA A TRAVÉS DE UN ÁRBOL DE SOLUCIÓN**

Es una herramienta para describir como el mundo físico es dividido en cada paso hasta encontrar la Causa X.

Se usa un árbol de solución cuando una variable medible de nuestro Y verde es desarrollada. Un árbol de solución organiza la investigación cuando un proyecto define una Y verde variable.

### **3.6.- DIAGRAMA DE ESTRATEGIA**

El diagrama de estrategia demuestra diferentes modos de comparar BOB y WOW. Un diagrama de estrategia describe como fueron observadas las diferentes familias de variación que son aplicadas a este proyecto, y documenta cuál de ellas presenta el mayor contraste entre BOB y WOW en relación a los valores de Y verde.

Las reglas para un diagrama de estrategia son:

- Pensar siempre en la física del proyecto.- Es un evento o una característica y además entender de cómo funciona el problema.
- Comenzar con la menor familia de variación aplicable al Y verde.- ¿Cuál es la menor familia donde podemos observar ambos BOB y WOW?
- Construir la próxima mayor familia, utilizando una ventana constante derivada de la familia de variación anterior.

Para efecto del problema a solucionar, la estrategia sería la siguiente:

- Una reclamación de cliente es un evento: Dificultad para liberar el asiento para pasar a la tercera fila de asientos.
- El problema ocurre en los dos estilos de carrocería: carrocería extendida y carrocería regular.
- El técnico comenta que consigue arreglar el asiento dando un golpe en el punto de anclaje del mismo.
- El diagrama de concentración muestra que todos los WOW ocurren del lado izquierdo, lado del conductor.
- Física del asiento: Cuatro ganchos en “U” están soldados en el piso metálico del vehículo. Cuando la palanca del asiento es accionada, un cable suelta el trinquete de los dos ganchos traseros, eso libera la parte trasera del asiento y entonces puede ser abatido para que el cliente tenga acceso a la tercera fila de asientos.
- La fuerza requerida por el cliente es de 20 a 45 lb, la fuerza actual es entre 13 a 93 lb.
  
- ¿Cómo queda el diagrama de estrategia?

La figura 32 muestra el diagrama de estrategia usado para encontrar el mayor contraste y la estrategia a seguir para resolver el problema de calidad reportado.



**Figura 32:** Diagrama de estrategia para identificar posible mayor contraste.

### 3.6.1.- DIAGRAMA DE ESTRATEGIA

El mayor contraste encontrado es entre asiento-asiento mismo del vehículo, ya que permite analizar las diferencias entre ambos, optimizando los tiempos de movimiento y análisis.

Pero también existe un buen contraste en la estrategia de vehículo a vehículo. Para seleccionar la mejor opción es necesario el uso de la herramienta Multi-Vari

### **3.7.- EL MULTI-VARI**

El multi-vari organiza múltiples variables medibles que ayudan a identificar contrastes y es utilizado cuando el diagrama de estrategias no genera gran contraste entre BOB y WOW.

Se toma entonces la menor familia del diagrama de estrategia, cuando ésta normalmente es la de tiempo a tiempo.

Se toman muestras estratégicas en grupos, en el orden que fueron producidas, no muestras aleatorias, posteriormente se escoge las muestras de acuerdo con las familias de variación del diagrama de estrategias, y por último se grafica las mediciones tomadas en un mismo gráfico.

Las reglas del Multi-Vari empleadas se detallan a continuación:



1. Tomar muestras consecutivas.
2. Tomar un mínimo de tres muestras por familia.
3. El Multi-Vari necesita mostrar todo el rango de variación de nuestro Y Verde.

Se puede identificar el mayor contraste en la familia que contiene la mayor variación (contraste) del Y verde. Atención con esa familia ya que es en esa donde vive la Causa X.

Se toman tres muestras de vehículos de chasis extendido en cuatro horas distintas del mismo turno pero en dos diferentes días. Se mide la fuerza de liberación del asiento de la segunda fila (en libras) del lado del pasajero (derecho) y del lado del conductor (izquierdo).

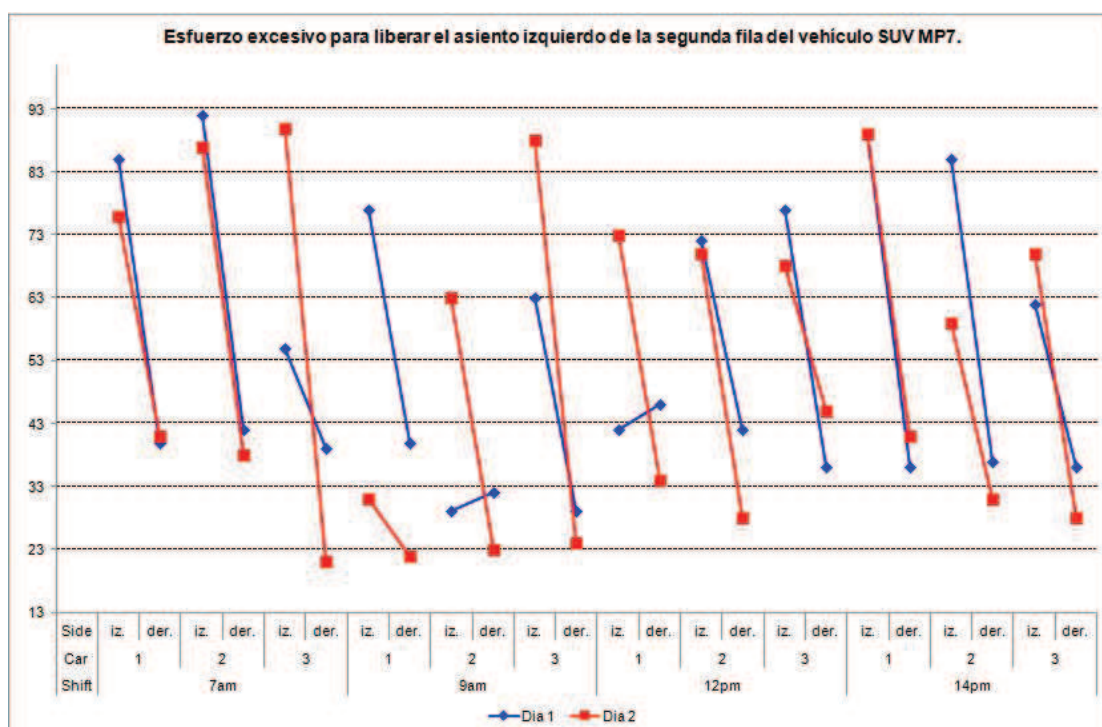
Los datos obtenidos fueron:

**Tabla 2:** Fuerza de liberación del asiento de la segunda fila (en libras)

| Hora | SUV<br>MPV7<br> | Dia 1               |                   | Hora | SUV<br>MPV7<br> | Dia 2               |                   |
|------|--|---------------------|-------------------|------|---|---------------------|-------------------|
|      |  | Lado izquierdo (Lb) | Lado derecho (lb) |      |   | Lado izquierdo (lb) | Lado derecho (lb) |
| 7am  | Vehículo 1   | 85                  | 40                | 7am  | Vehículo 1  | 76                  | 41                |
|      | Vehículo 2   | 92                  | 42                |      | Vehículo 2  | 87                  | 38                |
|      | Vehículo 3   | 55                  | 39                |      | Vehículo 3  | 90                  | 21                |
| 9am  | Vehículo 1   | 77                  | 40                | 9am  | Vehículo 1  | 31                  | 22                |
|      | Vehículo 2   | 29                  | 32                |      | Vehículo 2  | 63                  | 23                |
|      | Vehículo 3   | 63                  | 29                |      | Vehículo 3  | 88                  | 24                |
| 12pm | Vehículo 1   | 42                  | 46                | 12pm | Vehículo 1  | 73                  | 34                |
|      | Vehículo 2   | 72                  | 42                |      | Vehículo 2  | 70                  | 28                |
|      | Vehículo 3   | 77                  | 36                |      | Vehículo 3  | 68                  | 45                |
| 2pm  | Vehículo 1   | 89                  | 36                | 2pm  | Vehículo 1  | 89                  | 41                |
|      | Vehículo 2   | 85                  | 37                |      | Vehículo 2  | 59                  | 31                |
|      | Vehículo 3   | 62                  | 36                |      | Vehículo 3  | 70                  | 28                |

Graficando los valores obtenidos de la fuerza tomada se tiene que la mayor variación o contraste se encuentra lado a lado y también carro a carro.

La figura 33 muestra la gráfica de datos obtenidos de la toma de mediciones de fuerza para el Multi Vari.



**Figura 33:** Gráfica de Multi-Vari de asiento izquierdo de la segunda fila.

### 3.7.1.- EL MULTI VARI-CONCLUSIÓN

Para efecto de esta tesis se opta por la estrategia lado a lado, es decir se analiza la variación de esfuerzo para liberar el asiento entre el lado derecho e izquierdo de la misma fila de un mismo vehículo.

Una vez determinada la estrategia a seguir siempre es necesario levantar un flujo del proceso, indicando cada operación, la secuencia del flujo de materia prima y orden cronológico, alistar las entradas y equipos con su función básica. Hay que considerar que la salida de un proceso puede ser una característica Causa X de un producto.

### 3.8.- BÚSQUEDA DE COMPONENTES

Esta herramienta debe ser utilizada cuando los contrastes BOB/WOW estuvieran en componentes o sub conjuntos que pueden ser desmontados o montados sin ser destruidos o que sufran desgaste (ejes, suspensiones, etc.).

La estrategia parte entonces para un intercambio de partes entre sistemas BOB y WOW para identificar cual familia contiene la Causa X.

Dentro de la búsqueda de componentes se puede mencionar las tres estrategias seguidas, las cuales se detallan a continuación:

- **Estrategia 1.-** Entendiendo la influencia del proceso de montaje.

En este proceso se determina si el proceso de montaje influencia la diferencia entre BOB y WOW.

Paso 1.- Se selecciona el BOB y WOW de los extremos de la distribución (isoplot).

Paso 2.- Desmontar y montar BOB y WOW a la condición original.

Paso 3.- Desmontar y montar BOB y WOW tres veces seguidas y marcar al final de cada montaje el valor de Y verde, esto genera un total de 4 mediciones para cada conjunto –original más tres desmontajes /montajes.

Paso 4.- Graficar los datos del diagrama de búsqueda de componentes (figura 34) y verificar que la regla 1 y 3 son atendidas.

Debe existir separación completa entre los valores de BOB y WOW. Además la magnitud de la Y verde, o diferencia entre las medianas, debe ser mayor que la



amplitud media multiplicada por una constante, como se detalla en la figura a continuación

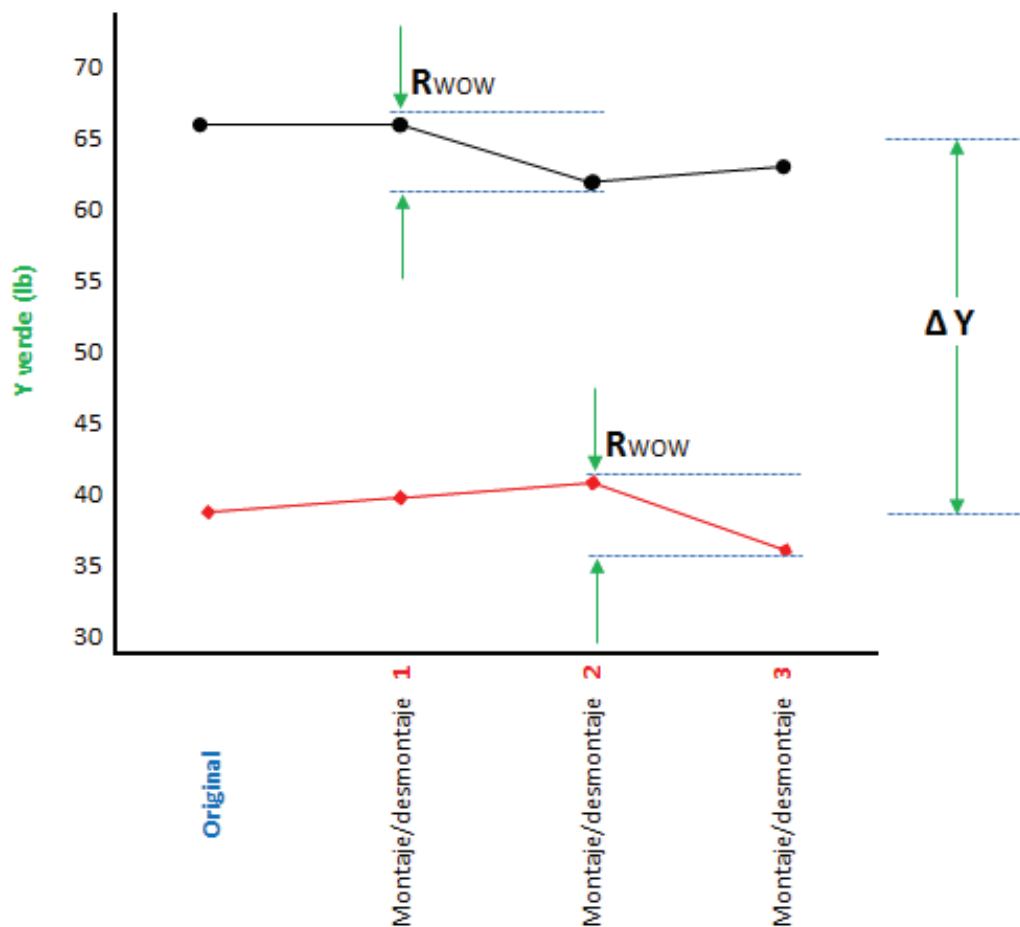


Figura 34: Diagrama de búsqueda de componentes

$$\Delta Y \geq V_1 \cdot R$$

$$R = \frac{R_{BOB} + R_{WOW}}{2}$$

Donde:

Y= Valor de la Mediana

R= Rango de variación

V<sub>1</sub> = Factor Algorítmico (constante)

Resolviendo las operaciones para el problema de calidad en mención se tiene:

1.- Tomar medidas de esfuerzo

|                    | <b>WOW</b> | <b>BOB</b> |
|--------------------|------------|------------|
| Original           | 92.1       | 13.5       |
| Desmontaje/Montaje | 91.6       | 12.8       |
| Desmontaje/Montaje | 93.5       | 14.1       |
| Desmontaje/Montaje | 92.4       | 12.9       |

2.- Ordenar los datos de menor a mayor tanto de BOB como WOW y obtener la mediana (Y) de los dos valores del centro, como se detalla a continuación:

| <b>WOW</b>  |                | <b>BOB</b>    |
|-------------|----------------|---------------|
| 91.6        |                | 12.8          |
| <b>92.1</b> | } <b>92.25</b> | <b>12.9</b>   |
| <b>92.4</b> |                | <b>13.5</b>   |
| 93.5        |                | 14.1          |
|             |                | } <b>13.2</b> |

3.- Determinar el valor del rango (R) de variación de BOB y WOW, el mismo que es la diferencia entre extremos, como se detalla a continuación.

$$R_{BOB} = 14.1 - 12.8$$

$$R_{BOB} = 1.3$$

$$R_{WOW} = 93.5 - 91.6$$

$$R_{WOW} = 1.9$$

4.- Ordenar los valores obtenidos de medianas y rangos, como se detalla a continuación.

|            | Estrategia<br>1<br>Mediana<br>(Y) | Estrategia<br>1<br>Rango<br>(R) |
|------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| <b>BOB</b> | <b>13.2</b>                       | <b>1.3</b>                      |
| <b>WOW</b> | <b>92.25</b>                      | <b>1.9</b>                      |

5.- Aplicando las fórmulas para obtener la mediana y el rango se tiene:

$$R = \frac{R_{BOB} + R_{WOW}}{2}$$

$$R = \frac{1.3 + 1.9}{2}$$

$$R = 1.6$$

$$\Delta Y \geq V_1 \cdot R$$

$$92.25 - 13.2 \geq (0.89 \times 1.6)$$

$$79.3 \geq 1.42$$

Este valor de la mediana (Y) concluye que el problema no se encuentra en el proceso de montaje del asiento izquierdo de la segunda fila en el vehículo, por lo que es necesario pasar a la estrategia 2 de la búsqueda de componentes.

- **Estrategia 2.-** Entendiendo la influencia de las piezas/conjunto.

Una vez pasada la estrategia 1, el siguiente paso es iniciar el **intercambio de la partes**. El objetivo es buscar una pieza, subconjunto o combinación de piezas que transformen un BOB en WOW, y un WOW en BOB.

En muchas ocasiones se encuentra una inversión completa BOB/WOW al intercambiar una pieza. Para verificar si una pieza/subconjunto tiene alguna influencia en el Y verde, es necesario establecer los límites de decisión, que utilizan los datos de montaje/desmontaje, estos sirven de límite superior e inferior para la estrategia 2. Cualquier punto que cruce los límites de decisión es considerado como la Causa X.

Los límites de decisión se dan por la ecuación  $LD = Y \pm (V_{II} \cdot R)$ .

Donde:

LD= Límite de decisión

Y= Valor de la Mediana

R= Rango de variación

$V_{II}$  = Factor Algorítmico (constante)

Paso1.- Se toman datos adicionales de fuerza una vez intercambiadas las partes, y se tienen datos como los que se detallan a continuación:

|                    | WOW  | BOB  |                |
|--------------------|------|------|----------------|
| Original           | 92.1 | 13.5 | } Estrategia 1 |
| Desmontaje/Montaje | 91.6 | 12.8 |                |

|                                 |      |      |                |
|---------------------------------|------|------|----------------|
| Desmontaje/Montaje              | 93.5 | 14.1 | } Estrategia 2 |
| Desmontaje/Montaje              | 92.4 | 12.9 |                |
| Intercambio de asiento          | 90.3 | 14.2 |                |
| Intercambio de moldura plástica | 87.9 | 15.2 |                |
| Desmontar la alfombra           | 88.0 | 15.1 |                |
| Retorno a condición original    | 90.2 | 13.6 |                |

Paso 2.- Determinar los límites de decisión para BOB y WOW.

$$LD_{BOB} = Y \pm (V_{II} \cdot R).$$

$$LD_{BOB} = 13.2 \pm (1.31 \times 1.6)$$

$$LD_{BOB} = (11.1, 15.3)$$

$$LD_{WOW} = Y \pm (V_{II} \cdot R).$$

$$LD_{WOW} = 92.3 \pm (1.31 \times 1.6)$$

$$LD_{WOW} = (90.2, 94.4)$$

Una vez definidos los valores de los límites superiores e inferiores de BOB y WOW se debe graficar los mismos para evidenciar fácilmente donde existe el contraste y vive la Causa X.

La figura 35 muestra la gráfica de búsqueda de componentes y a su vez muestra el contraste tanto en el proceso como al intercambiar componentes entre asientos de lado izquierdo y derecho de un mismo vehículo.

### BUSQUEDA DE COMPONENTES ETAPA I & II

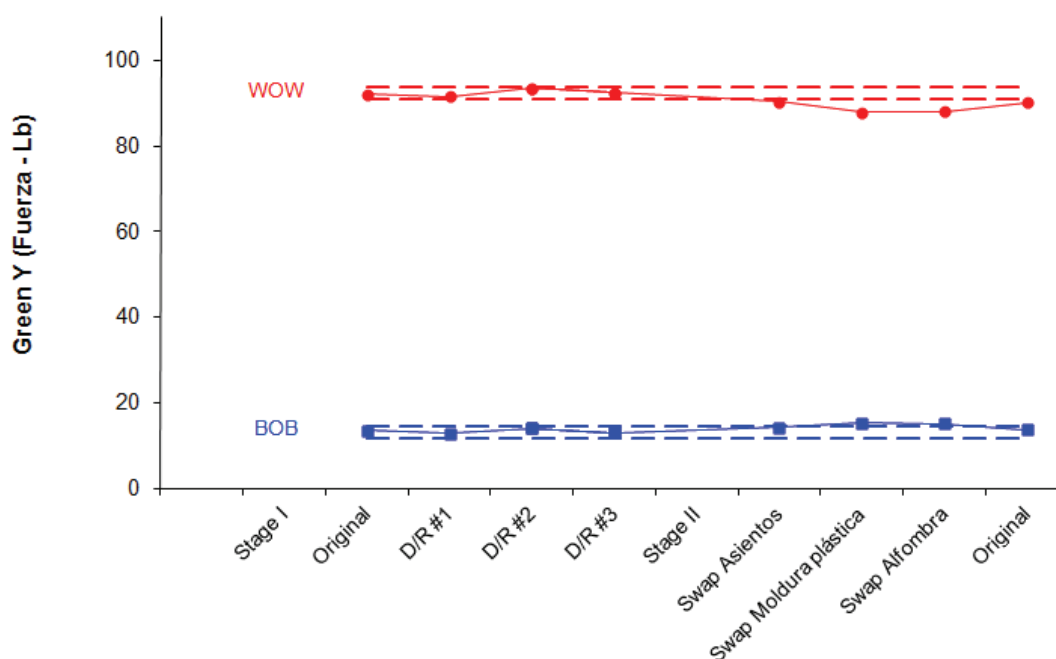


Figura 35: Gráfico de búsqueda de componentes etapa I y II

El gráfico muestra que en la etapa I y II no existe un cruce total entre BOB y WOW lo que indica que el problema no está en el proceso ni en las partes sino más bien en el resto: en la carrocería.

### 3.9.- COMPARACIÓN DE PARES

La comparación de pares es una herramienta de generación de pistas cuando el problema de calidad no puede ser dividido en componentes o conjuntos menores. El agregado de la comparación de pares está en seleccionar **pares lógicos** que tomen los extremos de la Causa X.

Los pares lógicos pueden ser utilizados para converger hacia el candidato más probable de la Causa X a través de la eliminación de otros candidatos cuyo patrón de comportamiento no es consistente con una condición de extremos de BOB y WOW.

Adicionalmente ayuda a visualizar comportamientos constantes entre los pares: Aumenta ↗ disminuye ↘ o se mantiene ---- y aquella tendencia que se mantenga entre 5 pares de piezas, indica donde está la variación y el punto en el cuál se tiene que trabajar.

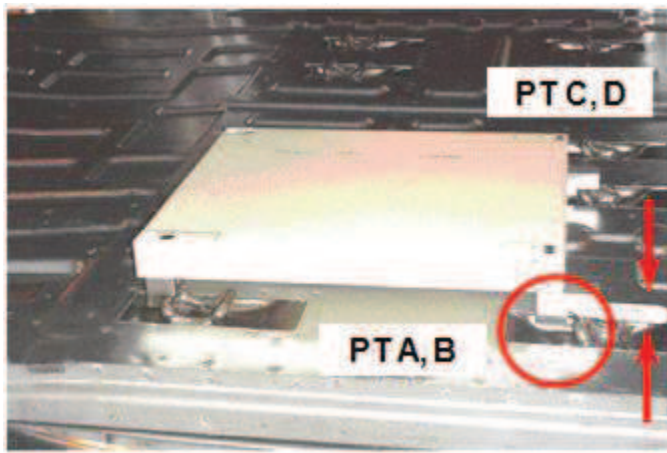
**Tabla 3:** Comparación de pares

#### COMPARACIÓN DE PARES

Esfuerzo excesivo para liberar el asiento izquierdo de la segunda fila del vehículo SUV MP7

| Punto | Y Verde (lb) | Par 1 |     | Par 2 |     | Par 3 |     | Par 4 |     | Par 5 |     |
|-------|--------------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|
|       |              | BOB   | WOW | BOB   | WOW | BOB   | WOW | BOB   | WOW | BOB   | WOW |
|       |              | 14    | 92  | 20    | 95  | 17    | 89  | 20    | 92  | 15    | 90  |
| A     | Gancho A     | 0.5 ↗ | 4.5 | 1 ↗   | 6   | 0 ↗   | 5   | 1.5 ↗ | 5.5 | 1 ↗   | 5   |
| B     | Gancho B     | 4.1 ↘ | 3.6 | 4 ↘   | 3.9 | 4.1 — | 4.1 | 4.1 ↘ | 3.7 | 4 ↘   | 3.9 |
| C     | Gancho C     | 0 —   | 0   | 0 —   | 0   | 0 —   | 0   | 0 —   | 0   | 0 —   | 0   |
| D     | Gancho D     | 3.9 ↗ | 4.3 | 3.8 ↗ | 4.2 | 4.1 ↘ | 4   | 3.8 — | 3.9 | 3.9 — | 3.9 |

El candidato a Causa X es la altura del gancho externo !



Candidato a *Causa X*

La galga de 6mm indica que el gancho se encuentra bajo.

**Ilustración 1:** Dispositivo a prueba de error que garantiza la holgura existente entre el gancho y el piso.

En la tabla detallada arriba se muestra que las mediciones de altura del gancho A muestran un patrón de crecimiento en todos los cinco pares lógicos, entonces el candidato o Causa X que genera el esfuerzo excesivo para liberar el asiento de la segunda fila se encuentra en una holgura fuera de especificación del gancho A. Es decir que los vehículos sin problema de esfuerzo tienen una altura del gancho A desde 0 a 1.5mm y los vehículos que presentan problemas de esfuerzo tienen una altura de gancho entre 4.5 a 6mm.

### 3.10.- CONFIRMACIÓN ESTADÍSTICA B VS C

Posterior a identificar un candidato a Causa X a través de la comparación de pares, el próximo paso es probar estadísticamente con un elevado nivel de confianza que ese candidato es realmente la Causa X.

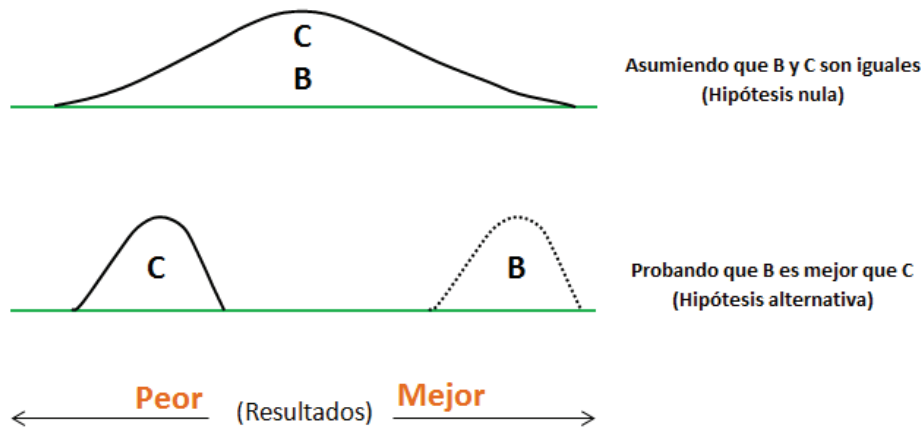
Existe una familia entera de pruebas B vs C. Nos vamos a aquella que es considerada la más común.

**Donde:**

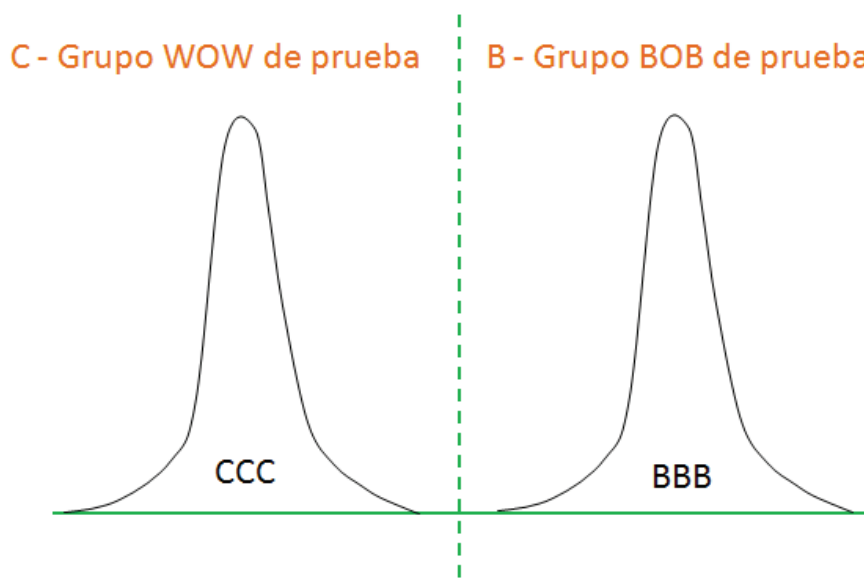
B= Mejor modo

C=Modo Actual

En la fig. 36 se muestra los tipos de diagramas B vs C, además cuál es el ideal para tener una correcta aplicación de esta metodología.



Esta prueba va a determinar si el método propuesto, B, es mejor (elimina la Causa X) que el método actual, C debe existir una completa separación. Esta prueba es solamente utilizada para confirmar la potencial Causa X que fue identificada a través de un proceso efectivo de comparación de pares. B vs C es utilizado para probar únicamente una variable como se muestra en la figura 37.



**Figura 37:** Comparación entre pares B vs C

### 3.10.1.- REGLAS B VS C

- Se define un nivel de confianza, que para efecto de este proyecto es 95%.
- Se realizan seis pruebas de forma aleatoria (3B y 3C) asegurándose que la secuencia aleatoria no siga ninguna tendencia, ciclo o repetición. (Importante recordar que los 3C son candidatos a la Causa X del proceso actual posicionados en un nivel de WOW. No son cualesquier C).
- Hacer con cada uno dos pruebas en una secuencia aleatoria.
- Priorizar los resultados basados en el Y verde desde el mejor para el peor.
- Si los 3B se posicionan por encima de los 3C, entonces con 95% de confianza se puede concluir que el método B, es significativamente mejor que el C. Es necesario que haya una completa separación entre los B y C.
- Los resultados de B vs C necesitan mostrar el rango total de variación demostrado por el Isoplot.

Tomando en consideración las reglas para efectuar un B vs C, se toman las mediciones y las mismas son representadas en las tablas detalladas abajo.

La fig. 38 muestra las mediciones de los extremos BOB y WOW, además el resultado una vez que se han ordenado los valores en base al Y verde que el cliente toma como aceptable.

#### **B vs C**

B=Altura del gancho (0 – 1.5mm)

C=Altura del gancho (4.5 – 6mm)

Toma de mediciones de esfuerzo en lb.

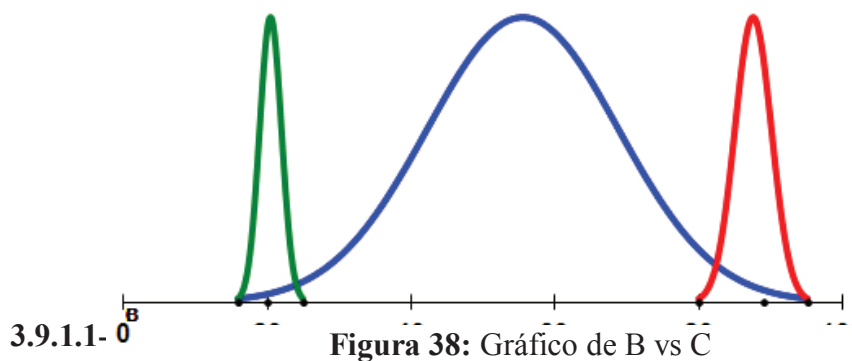
Satisfacción del cliente: 20 – 45 lb.

Nivel de confianza: 95%



**Tabla 4:** Mediciones de alturas del gancho

| Toma de mediciones |                        |                          | Ranking |                        |                          |
|--------------------|------------------------|--------------------------|---------|------------------------|--------------------------|
| B or C             | Causa X<br>Altura (mm) | Green Y<br>Esfuerzo (lb) | B or C  | Causa X<br>Altura (mm) | Green Y<br>Esfuerzo (lb) |
| C                  | 6                      | 80                       | B       | 0                      | 16                       |
| B                  | 0                      | 16                       | B       | 0.5                    | 20                       |
| C                  | 5.5                    | 95                       | B       | 1                      | 25                       |
| C                  | 5                      | 89                       | C       | 6                      | 80                       |
| B                  | 0.5                    | 20                       | C       | 5                      | 89                       |
| B                  | 1                      | 25                       | C       | 5.5                    | 95                       |



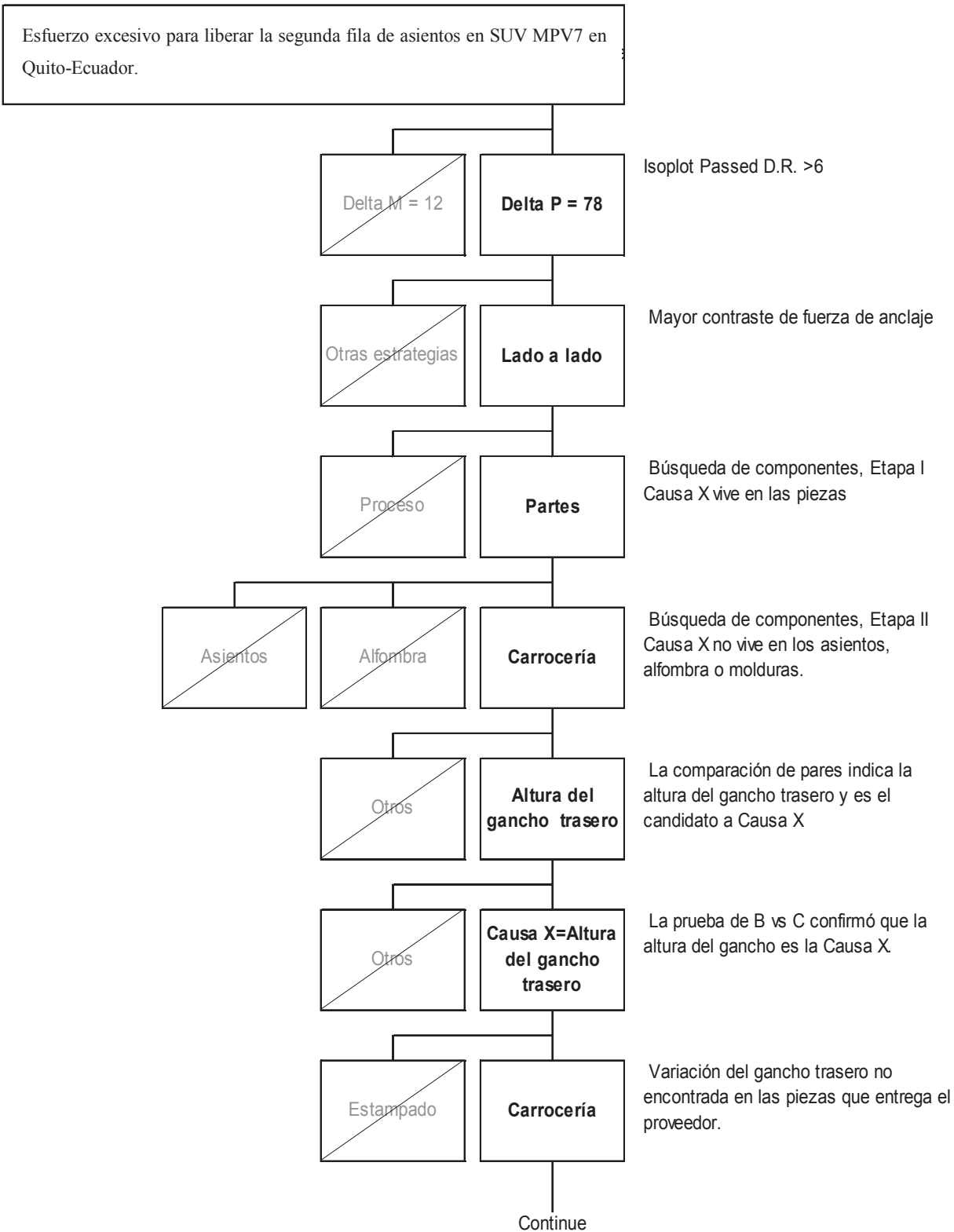
Una vez realizada la comparación de pares, y posteriormente la confirmación a través de B vs C se confirma que la Causa X vive en la altura de gancho (4.5 a 6mm) con un nivel de confianza del 95%.

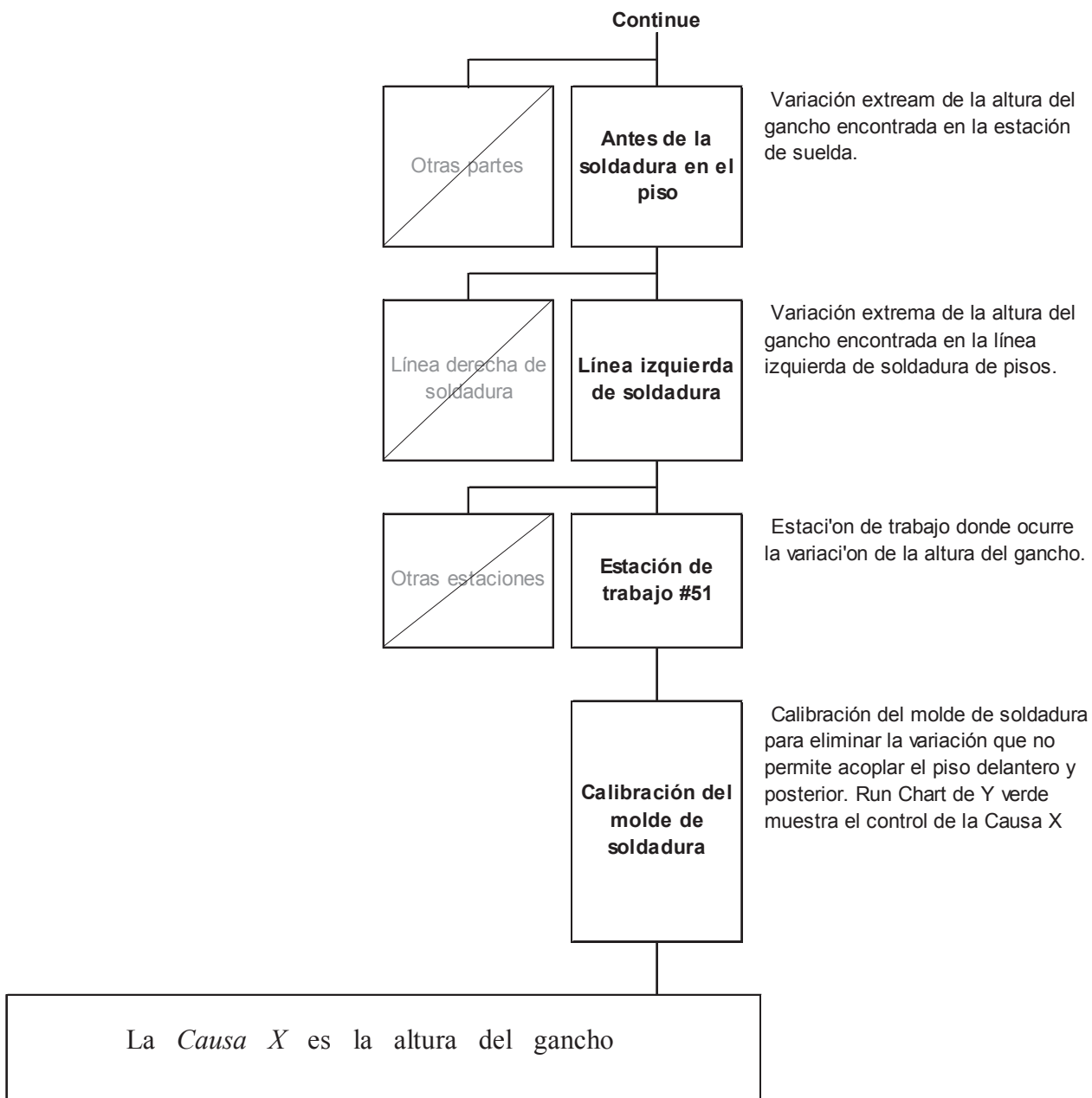
### 3.11.- ÁRBOL DE SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.

Una vez determinada la Causa X se puede mencionar que el especialista de solución de problemas de naturaleza compleja siempre tendrá una caja de herramientas las cuales dependiendo de la complejidad o situación de cada problema debe usar.

La figura 39 muestra el árbol de solución al problema de calidad reportado, indicando todas las etapas de solución estructuradas que se han seguido paso a paso.

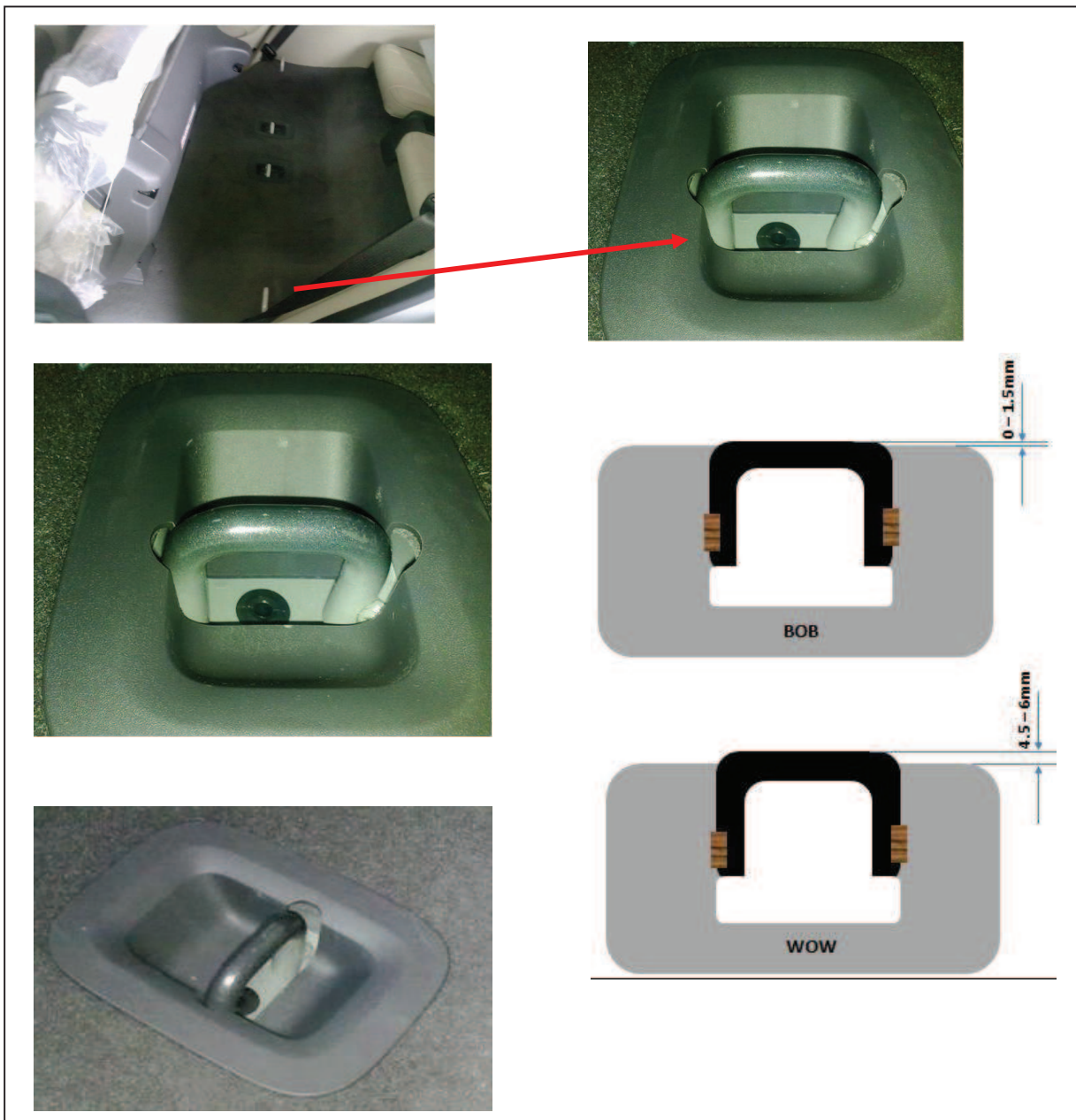
Por lo mencionado anteriormente el árbol de solución al problema de calidad reportado sería:





**Figura 39:** Árbol general de solución del problema

La ilustración 2 muestra la posición del gancho donde se ancla el asiento izquierdo de la segunda fila dentro de la cabina del vehículo SUV, además un esquema del problema de la posición y/o diferencia de altura del gancho en referencia con el piso del vehículo.



**Ilustración 2:** Ubicación de los ganchos de anclaje en el piso del vehículo

### 3.12.- MONITOREANDO LOS RESULTADOS

Este monitoreo es a largo plazo (en línea de producción) de aquellas variables medibles en base a las reclamaciones de los clientes desde un inicio de proyecto (o aparición del problema de calidad) hasta la implementación del control definitivo de la causa X.

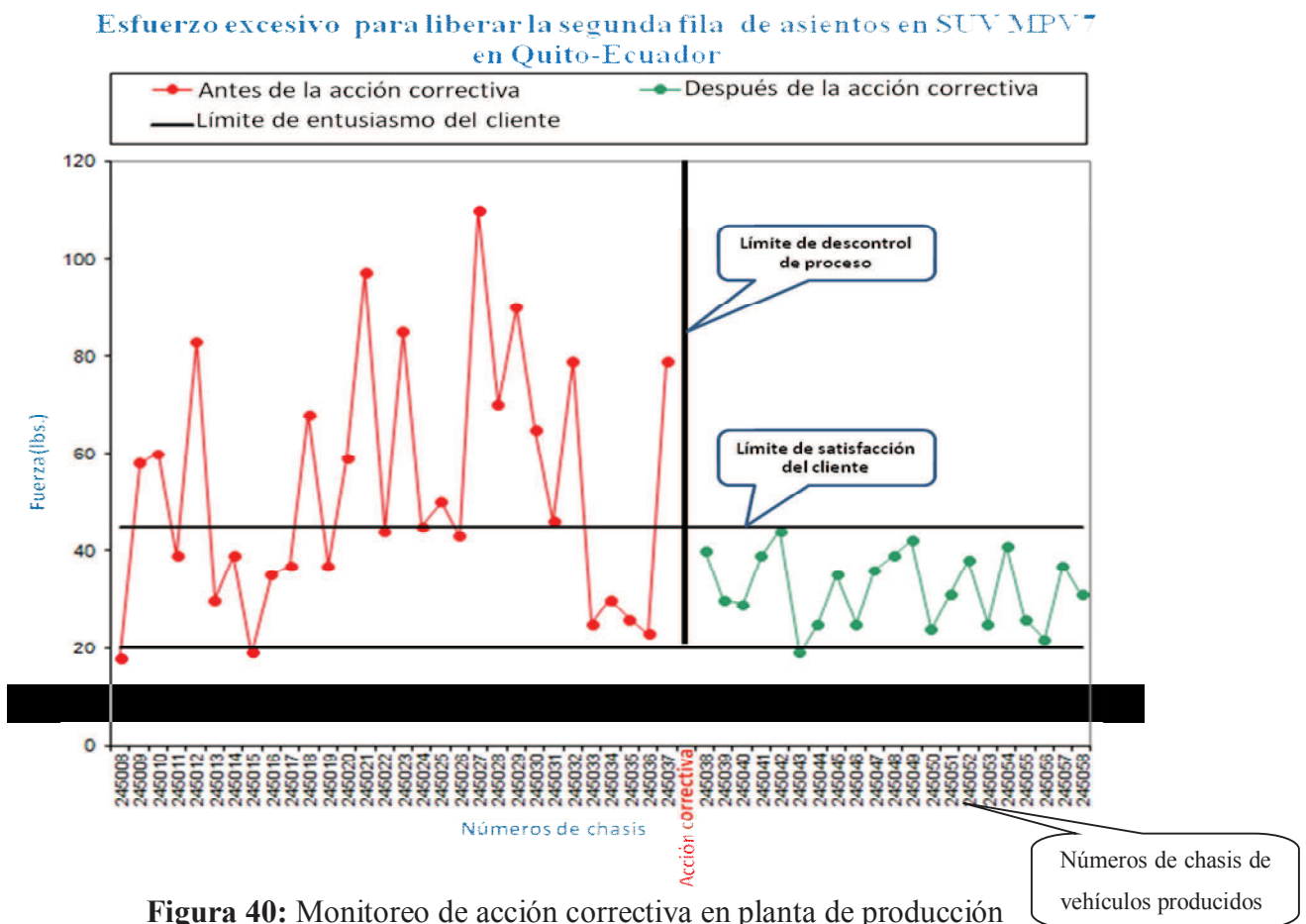
La satisfacción del cliente es la tolerancia o límite establecido al inicio de un proyecto dentro del cual la Y verde debe ser controlada para garantizar la satisfacción del cliente y es monitoreada durante el proyecto. Debe iniciarse una vez identificada la definición del proyecto y debe ser monitoreada una vez que se ha concluido los análisis para certificar que la causa X haya sido eliminada.

Un gráfico de control del Y verde debe contener las siguientes informaciones:

1. El título claramente detallado
2. Eje Y - Reclamo del cliente
3. Eje X – Datos, Números de chasis, etc.
4. Límite de entusiasmo del cliente o tolerancia
5. Notas generales explicando alguna variación importante del gráfico.

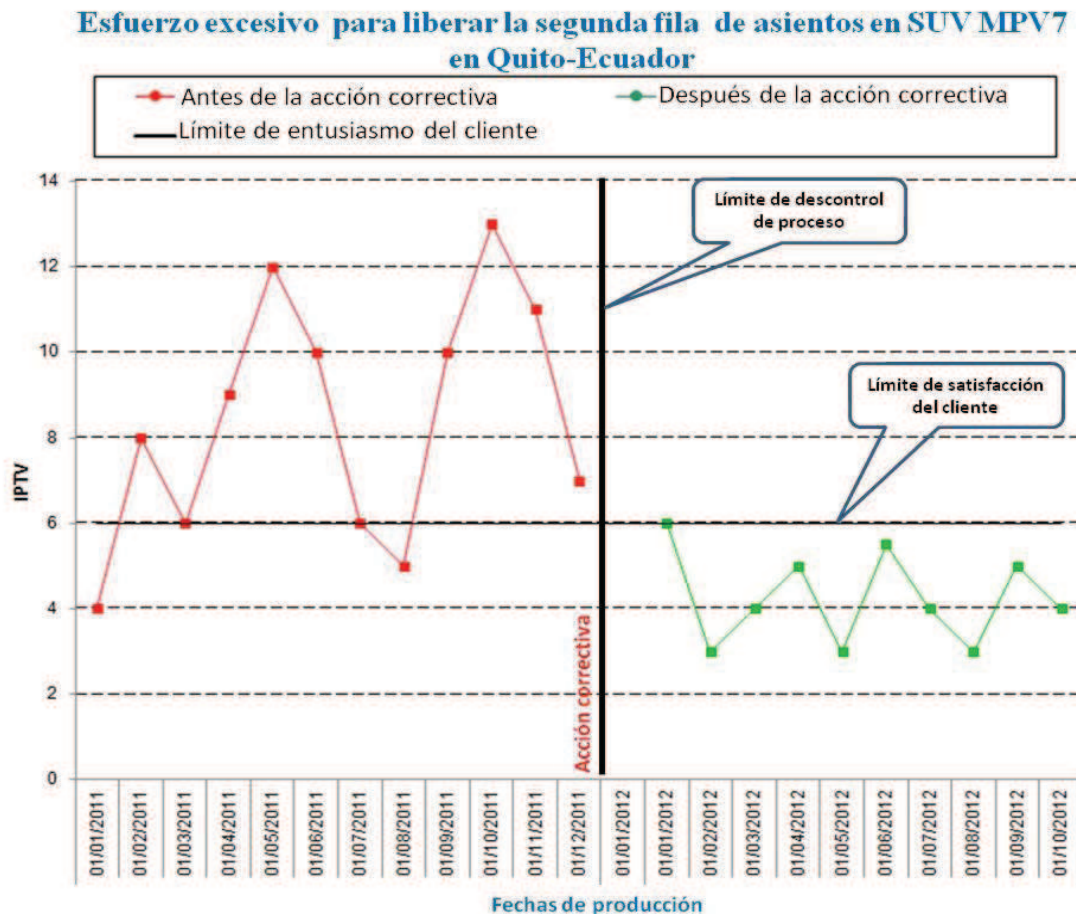
Un gráfico de Y verde exitoso debe mostrar los valores con tendencia a la baja hasta ubicarse dentro de la especificación del cliente una vez implementada la solución correctiva sobre la causa X. Algunos gráficos de Y verde pueden no tener todos los puntos dentro de la especificación del cliente.

La figura 40 muestra el monitoreo de resultados en los números de chasis antes y después de las acciones correctivas en la línea de producción.



**Figura 40:** Monitoreo de acción correctiva en planta de producción

El monitoreo específico para unidades en manos de cliente se lo puede ejecutar de la misma manera pero en la misma se reflejan los datos de IPTV, los mismos que muestran una disminución a partir de la fecha de producción de las unidades con la acción correctiva como se detalla en la figura 41.



**Figura 41:** Monitoreo de acción correctiva en concesionarios

### 3.12.1- MONITOREO DE RESULTADOS- CONCLUSIÓN

Una vez realizado el gráfico de control de resultados posterior a la implementación de la acción correctiva para la causa X tanto con datos de una planta ensambladora (en línea de producción con números de chasis) como en el campo (reclamos de clientes finales) se puede apreciar que es efectiva con datos objetivos de esfuerzo de liberación del asiento posterior de la segunda fila (hasta 45 lb.) como la tendencia de fallas en el campo (menores a 6 IPTV).

De esta manera se ha resuelto un problema de naturaleza compleja aplicando herramientas estadísticas simples que permiten tener hasta un 95% de confiabilidad en detección de la verdadera causa raíz, además que las mismas pueden ser utilizadas en el sector automotriz desde una microempresa hasta una ensambladora en serie de vehículos.

### **3.13.-RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE NATURALEZA COMPLEJA**

Una vez que se ha revisado al detalle las herramientas estadísticas, usando un problema de mediana complejidad como ejemplo, sin duda se puede aplicar el mismo principio y herramientas a cualquier problema presentado tanto en la industria automotriz a gran escala como son los fabricantes y/o manufactureras de vehículos como en talleres automotrices medianos con criterios básicos de solución de problemas.

#### **3.13.1.- APLICACIÓN 1**

Ruido fuerte en el motor

Este problema de calidad hace referencia a un ruido fuerte y fácilmente detectable en un motor 1.8L del modelo C cuando se alcanza las 1200 rpm.

Este ruido (defecto) no es más que la evidencia dejada después de un evento no deseado.

Los problemas de calidad tipo evento requieren de la acción de una fuerza o energía para que se presenten. Para el caso particular del ruido en un motor 1.8L del modelo C se ha considerado el uso de un sistema de medición por atributo (suena/no suena), comparando entre una unidad BOB y una WOW haciendo cinco ciclos de encendido dentro de temperatura de operación a los 90° C a partir de las 1200 rpm, comprobando que en cada uno de los ciclos no existe variación del ruido.

### **3.13.1.1.- Impacto en campo**

Posterior al seguimiento en las métricas externas de calidad (IPTV/CPV) se determina que el problema de ruido en motores 1.8L del modelo C impacta negativamente principalmente el costo de garantías con \$35000 USD, por tal motivo se decide trabajar en este problema hasta encontrar su causa raíz, corrección e implementación de una solución efectiva a los clientes finales.

### **3.13.1.2.- Análisis realizado**

La mejor estrategia fue definida como motor a motor del mismo modelo (versión motor 1.8L) ya que esto permite tener el mayor contraste y diferencia entre el BOB y el WOW.

La búsqueda de componentes muestra que la Causa X se encuentra en las partes y que el cabezote o culata fue la causa raíz del problema de ruido reportado.

La comparación de pares muestra que el perfil del asiento del inserto de la válvula de escape fue el principal candidato Causa X, y la estrategia B vs C confirma estadísticamente con un 95% de confiabilidad que este es el candidato Causa X.

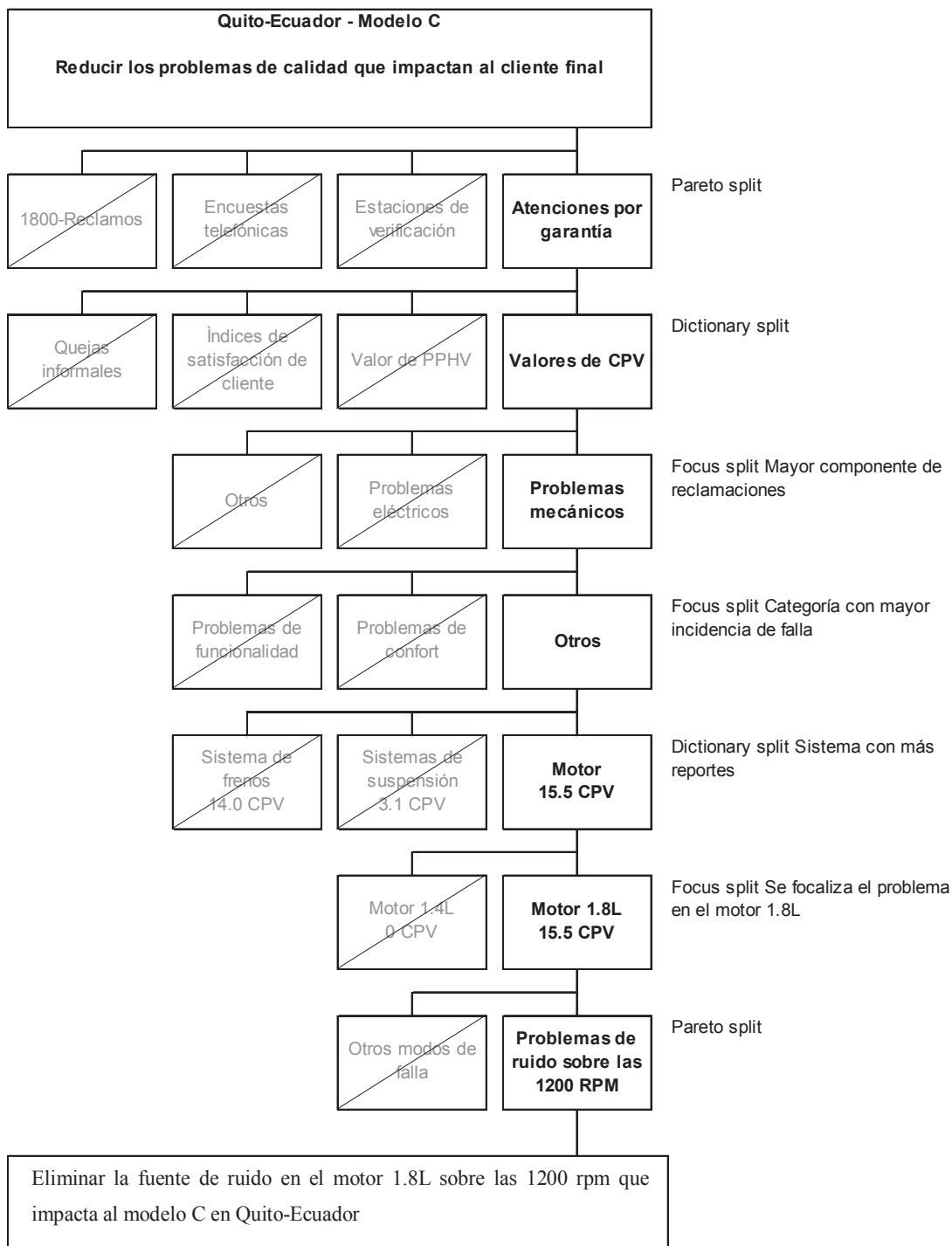
### **3.13.1.3.- Árbol de definición de problema**

El árbol de definición de problemas utiliza datos atributivos en forma de reclamaciones, fallas, costos, etc. para identificar fácilmente el problema de calidad a ser solucionado.

La figura 42 muestra el árbol de definición de problema con el detalle de los pasos a seguir para determinar el problema principal a resolver.

Hay que considerar que dentro de los problemas que afectan al cliente final, se muestra con importante valor de CPV (14.0) un problema relacionado al sistema de frenos, el cuál será detallado más adelante.



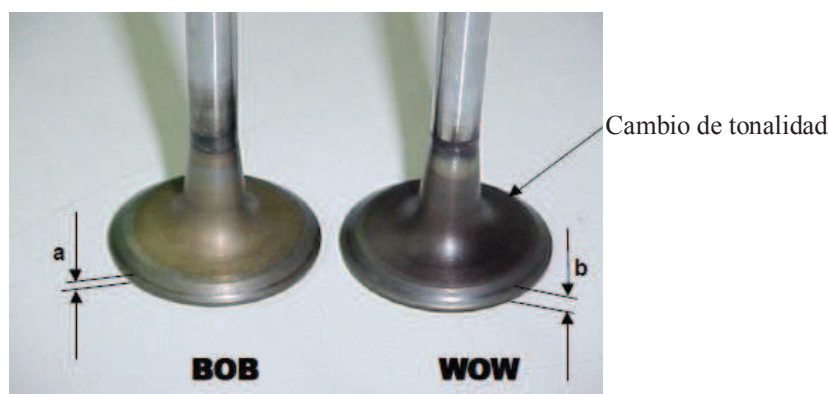


**Figura 42:** Árbol de definición de problema ruido de motor 1.8L

### 3.13.1.4.- Proceso de desarme

Una vez confirmado que el ruido de motor afecta únicamente a los motores 1.8L se procede a desarmar los componentes del motor involucrado hasta encontrar algún tipo de contraste. Para este caso en particular se pudo identificar un contraste entre las válvulas de escape del mismo motor.

La figura 43 muestra el contraste de coloración de una válvula del motor WOW, comparada con las otras tres válvulas de escape del mismo motor.



**Figura 43:** Válvulas de escape motor 1.8L WOW

Adicionalmente se aprecia que la medida “a” es diferente a la medida “b” del motor WOW, por lo que es necesario detallar las medidas del caso y determinar la causa raíz, haciendo intercambio de componentes y comparación de pares con un motor BOB.

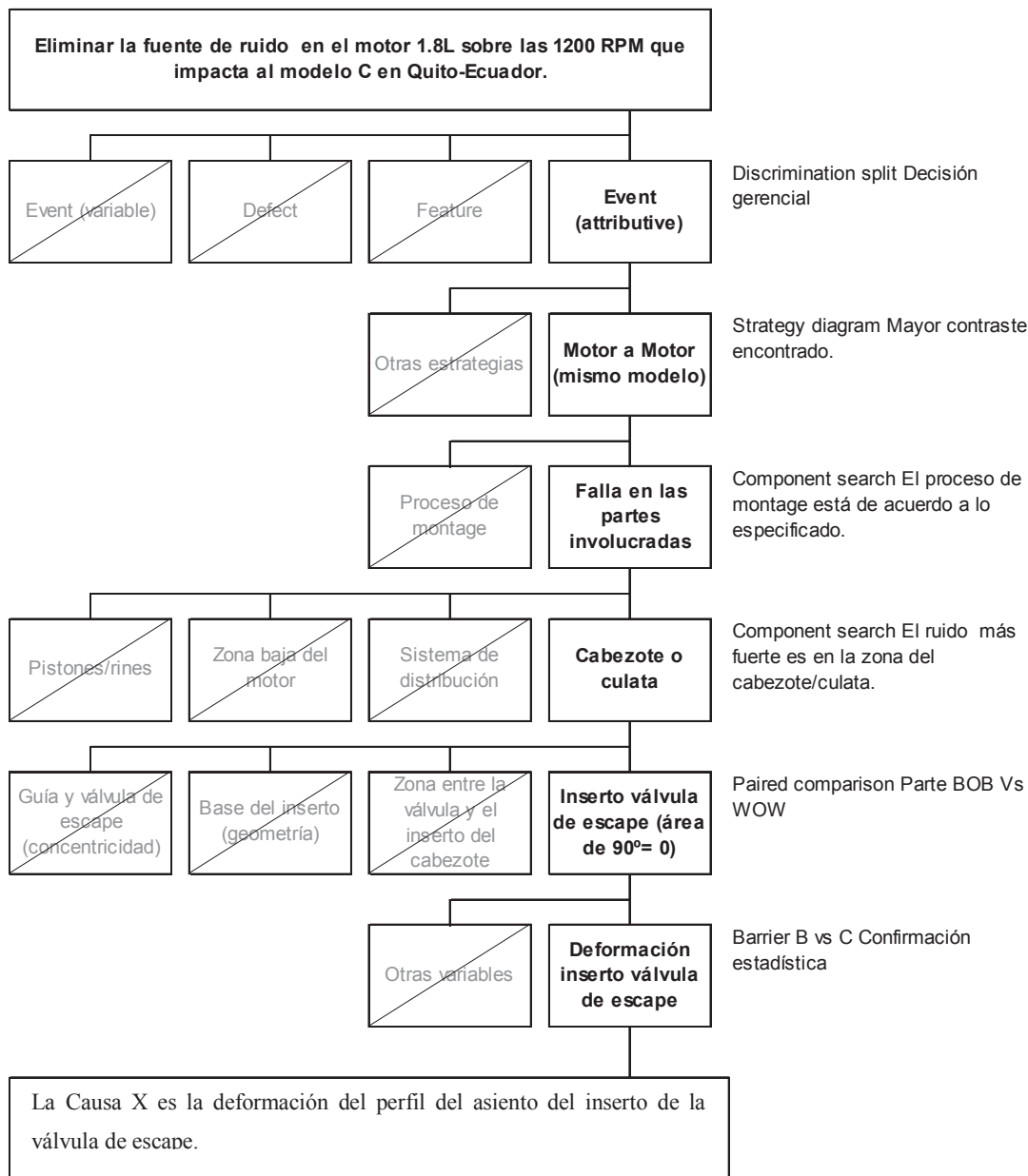
Con los datos recopilados se procede a documentar los hallazgos a través de un árbol de definición de proyecto.

### 3.13.1.5.- Árbol de definición de proyecto

Una vez ejecutado el árbol de definición de problema se tiene que desarrollar un árbol de definición de proyecto, además de ser un resumen de todas las decisiones tomadas por el equipo técnico para converger a la Causa X o a su vez desarrollar una variable Y verde. Un árbol de definición de proyecto convierte un

proyecto técnico en un Y verde que puede ser una falla o una distribución de desempeño.

La figura 44 muestra el árbol de definición de proyecto con el detalle de los pasos seguidos para determinar la Causa X.



**Figura 44:** Árbol de definición de problema ruido de motor 1.8L

### 3.13.1.6.- Sistema de medición por atributos

Para la resolución de este problema de calidad en particular se decide usar el sistema de medición por atributo que en este caso es: “suena” o “no suena” el motor, es decir no existe una medición objetiva del ruido en decibeles o algo por el estilo, simplemente se da por resuelto el problema cuando el mismo no presente el ruido que es fácilmente percibido por cualquier cliente.

Complementario al modo de falla del ruido se evidencia que no trabaja el cilindro #1y al desconectar el cable de bujía el motor no presenta ningún cambio, es decir que este modo de falla también puede ser considerado dentro de la medición atributiva.

### 3.13.1.7.- Diagrama de estrategia

El diagrama de estrategia de la fig. 45 muestra diferentes modos de comparar BOB y WOW, detallando que la mejor estrategia y que muestra el mayor contraste es motor a motor del mismo modelo (1.8L).

Un diagrama de estrategia describe como fueron observadas las diferentes familias de variación que son aplicadas a este proyecto, y documenta cuál de ellas presenta el mayor contraste entre BOB y WOW en relación a los valores de Y verde.

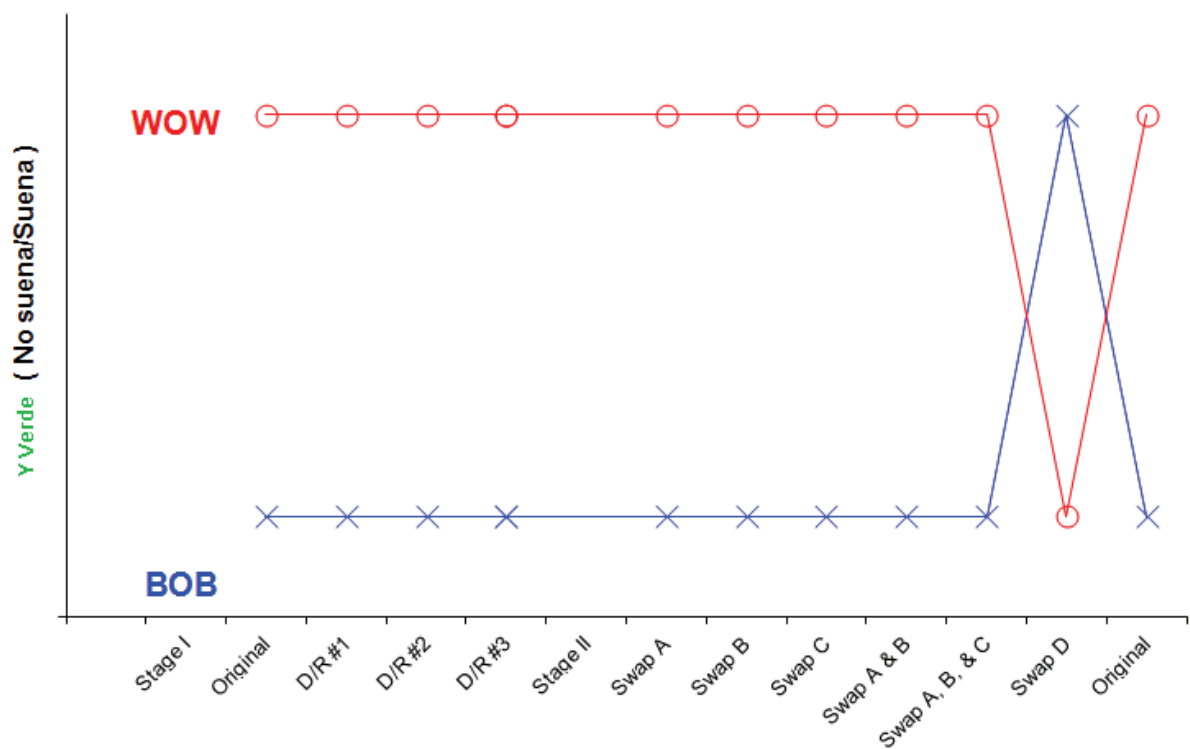


**Figura 45:** Diagrama de estrategia usado para ruido de motor 1.8L

### 3.13.1.8.- Búsqueda de componentes

Esta herramienta debe ser utilizada cuando los contrastes BOB/WOW estuvieran en componentes o sub conjuntos que pueden ser desmontados o montados sin ser destruidos o que sufran desgaste como es el caso de las válvulas de escape, y/o cabezote.

La figura 46 muestra el diagrama de la búsqueda de componentes, así como también el cruce indica que la Causa X se encuentra en las partes (cabezote) y no en el proceso.



**Figura 46:** Diagrama de búsqueda de componentes usado para ruido de motor 1.8L

Donde:

A= Brazo propulsor

B= Árbol de levas y sujetadores

C= Válvulas de admisión y escape

D= Cabezote/culata (Conjunto completo)

### 3.13.1.9.- Comparación de pares

La comparación de pares es una herramienta de generación de pistas cuando el problema de calidad no puede ser dividido en componentes o conjuntos menores. El agregado de la comparación de pares está en seleccionar **pares lógicos** que tomen los extremos de la Causa X.

La tabla 5 muestra las mediciones de los pares de todas las partes del cabezote que potencialmente pueden estar involucradas en el ruido reportado, y como resultado se puede ver que la tendencia se enfoca en el punto B, es decir donde se encuentra la Causa X y en todos los casos la falla fue detectada en el cilindro 4.

**Tabla 5:** Diagrama de comparación de pares usado para ruido de motor 1.8L

|                | Pair 1   |        | Pair 2   |        | Pair 3   |        | Pair 4   |        | Pair 5   |        |
|----------------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
|                | BOB      | WOW    | BOB      | WOW    | BOB      | WOW    | BOB      | WOW    | BOB      | WOW    |
| <b>Y Verde</b> | No suena | Suena  | No suena | Suena  | No suena | Suena  | No suena | Suena  | No suena | Suena  |
| <b>Punto A</b> | 7.52     | 15.41  | 12.86    | 10.52  | 6.94     | 7.38   | 9.61     | 8.64   | 11.23    | 10.30  |
| <b>Punto B</b> | 0.00     | 0.02   | 0.00     | 0.03   | 0.00     | 0.02   | 0.00     | 0.03   | 0.00     | 0.03   |
| <b>Punto C</b> | 0.0040   | 0.0033 | 0.0054   | 0.0067 | 0.0031   | 0.0044 | 0.0030   | 0.0005 | 0.0015   | 0.0011 |
| <b>Punto D</b> | 10482    | 10503  | 10540    | 10486  | 10524    | 10507  | 10559    | 10569  | 10523    | 10493  |

Donde:

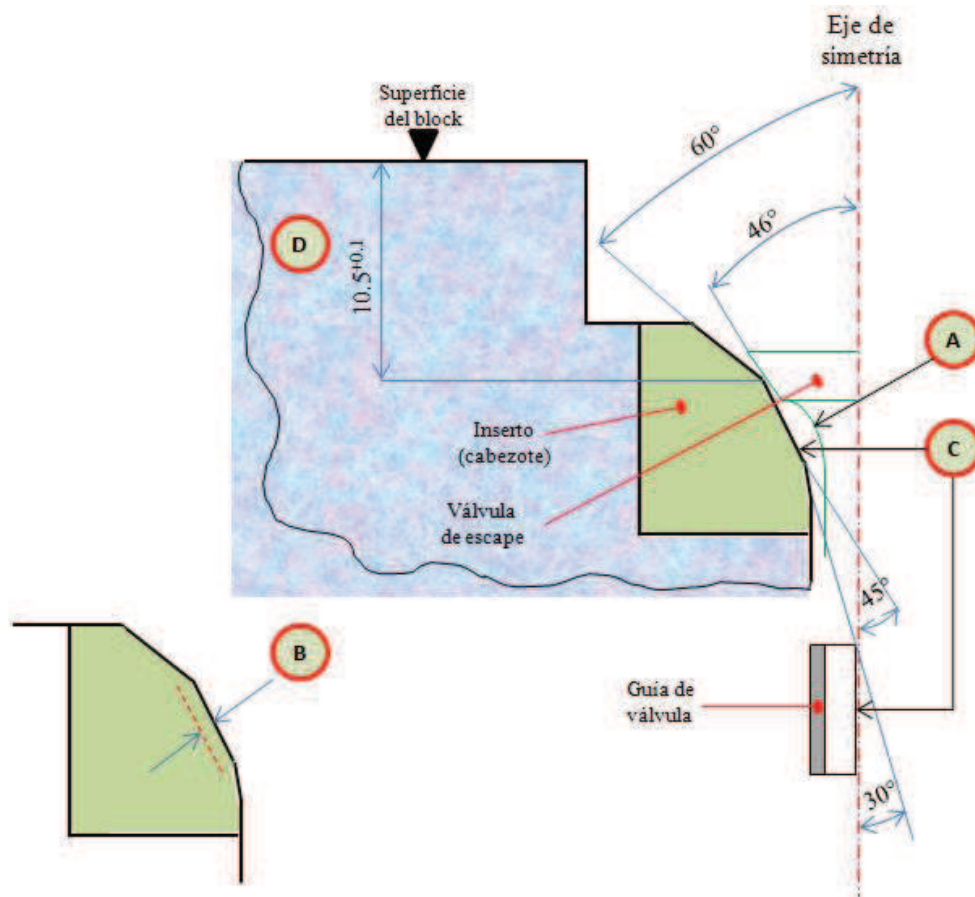
Punto A= Redondeo del asiento del inserto de válvula [ $\mu$  m]

Punto B= Perfil del asiento del inserto de válvula (sobre área de 90°) [mm]

Punto C= Concentricidad entre guía de válvula de escape y válvula de escape [mm]

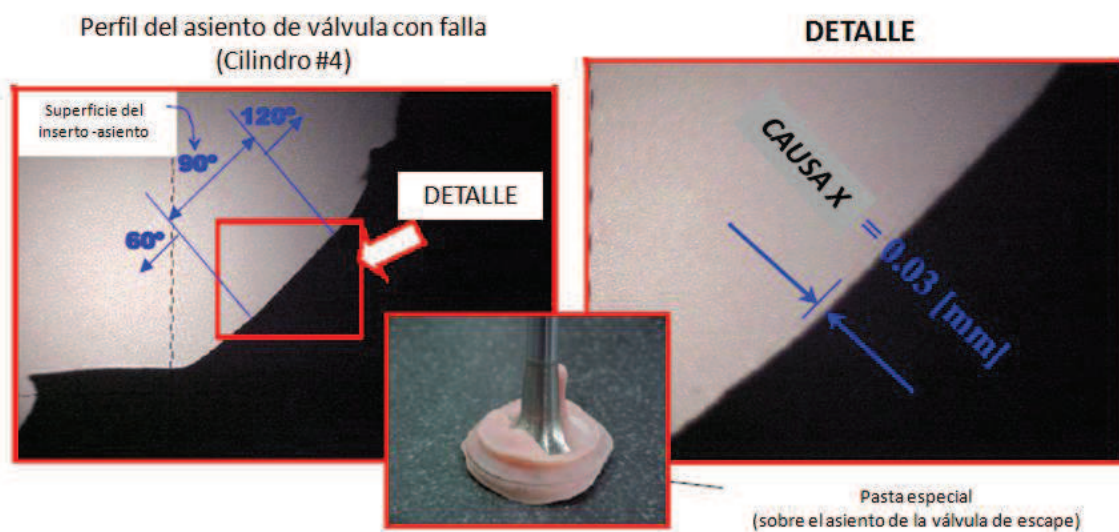
Punto D= Posición de área de contacto entre válvula de escape e inserto [mm] (especificación= 10.5 – 10.6 mm)

Para mayor referencia la figura 47 muestra los puntos donde se tomaron las mediciones (A, B, C y D).



**Figura 47:** Puntos de referencia donde se tomaron las medidas

Las mediciones fueron tomadas colocando una pasta especial en la base de la válvula para comprobar su asentamiento, lo que permite visualizar (a través de un medidor de perfiles X50) una diferencia de hasta 0.03 mm como se muestra en la ilustración 3.



**Ilustración 3:** Perfil del asiento de válvula defectuosa

### 3.13.1.10.- Confirmación estadística B vs C

Posterior a identificar la Causa X a través de la comparación de pares, el próximo paso es probar estadísticamente con un predeterminado nivel de confianza que un candidato a Causa X es realmente la Causa X.

La tabla 6 muestra las mediciones tomadas en base a la tolerancia (0.03 mm) y al momento de hacer la separación de B vs C se muestra una separación total, es decir se confirma con un 95% de confianza estadística que la Causa X se encuentra en la diferencia del perfil del inserto de la válvula de escape ubicada en el cabezote del cilindro #4 del motor 1.8L.

Donde:

B= Perfil del asiento del inserto de válvula=0.03 [mm]

C= Perfil del asiento del inserto de válvula=0.00 [mm]

**Tabla 6:** Diagrama de B vs C usado para ruido de motor 1.8L

| Toma de mediciones |                        |                  | Ranking |                        |                  |
|--------------------|------------------------|------------------|---------|------------------------|------------------|
| B o C              | Causa X<br>(perfil mm) | Y verde<br>Ruido | B o C   | Causa X<br>(perfil mm) | Y verde<br>Ruido |
| B                  | 0.03                   | No suena         | B       | 0.03                   | No suena         |
| B                  | 0.03                   | No suena         | B       | 0.03                   | No suena         |
| C                  | 0.00                   | Suena            | B       | 0.03                   | No suena         |
| B                  | 0.03                   | No suena         | B       | 0.03                   | No suena         |
| C                  | 0.00                   | Suena            | B       | 0.03                   | No suena         |
| C                  | 0.00                   | Suena            | C       | 0.00                   | Suena            |
| B                  | 0.03                   | No suena         | C       | 0.00                   | Suena            |
| C                  | 0.00                   | Suena            | C       | 0.00                   | Suena            |
| C                  | 0.00                   | Suena            | C       | 0.00                   | Suena            |
| B                  | 0.03                   | No suena         | C       | 0.00                   | Suena            |

### 3.13.1.11.- Solución aplicada

Para confirmar físicamente la Causa X se desarma otro motor con el mismo modo de falla y se realiza la medición del perfil del inserto de la válvula, y una vez que



se evidencia la misma desviación, se procede a re-trabajar la superficie hasta obtener exactamente los 90° especificados. El procedimiento de reparo se demuestra a continuación:



**Ilustración 4:** Re-trabajo de la válvula defectuosa con dispositivo de corrección

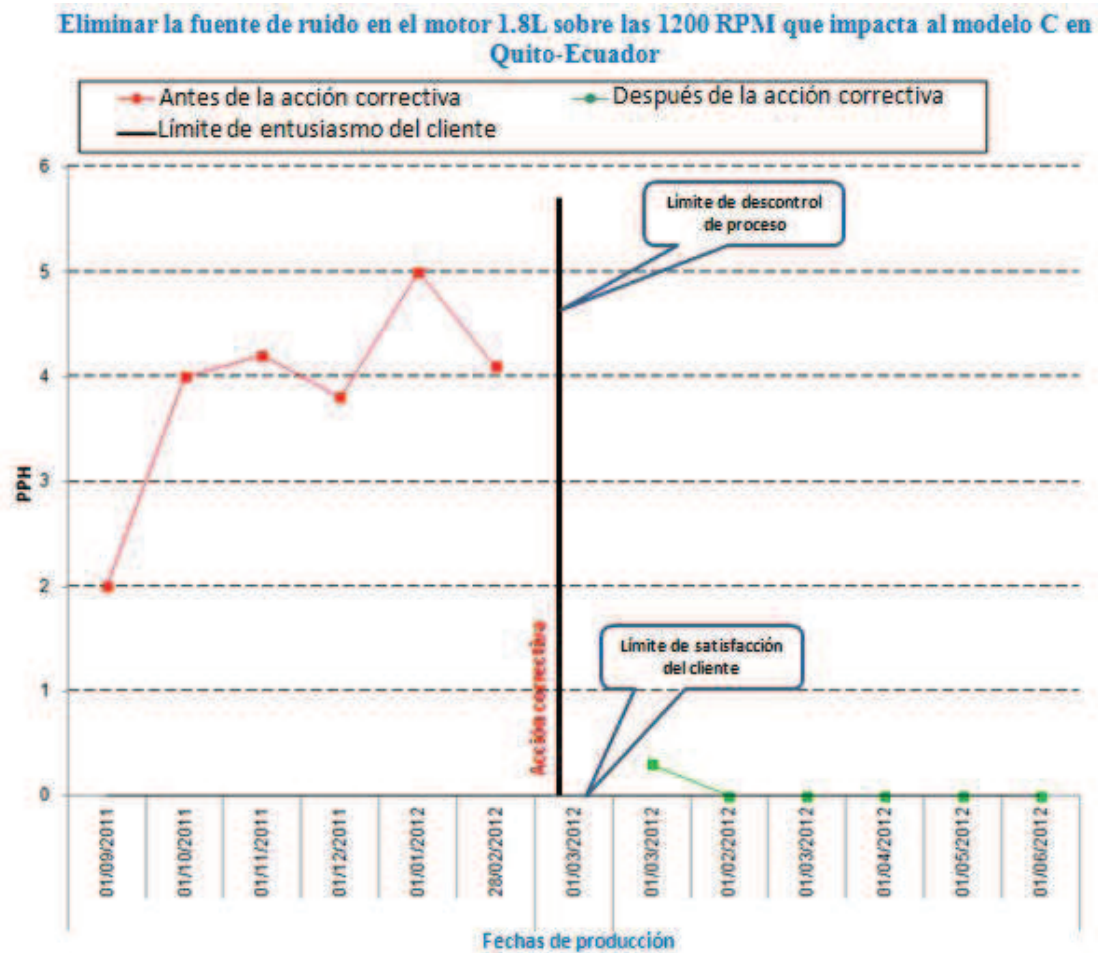
Posterior a reparar el perfil del inserto del cabezote del cilindro 4, el motor fue re-ensamblado y puesto en marcha nuevamente y se pudo confirmar que el ruido reportado por los clientes desapareció, confirmando así que todo el estudio detallado y estructurado para encontrar la causa raíz de un problema de naturaleza compleja es efectivo.

Para cerrar el ciclo de solución se reporta al fabricante el modo de falla y el análisis de causa raíz que tiene un 95% de confiabilidad, el mismo que a su vez hace un seguimiento en las líneas de producción y determina que existe un problema de calibración de la máquina CNC #4, posterior a esto se hace los ajustes necesarios y se emite un punto de corte definitivo.

#### 3.13.1.12.- Monitoreando los resultados

El monitoreo del ruido en el taller de reparaciones es inmediato y parte de un punto de corte y a partir de ese momento inicia el monitoreo.

La figura 48 muestra la tendencia del problema de calidad antes y después de implementar el punto de corte definitivo que elimina la causa X.



**Figura 48:** Monitoreo de acción correctiva en concesionarios para ruido de motor 1.8L

En conclusión se tiene que las acciones o controles aplicados en el inserto de la válvula de escape del cilindro 4 del motor 1.8L eliminan la Causa X encontrada a través de las herramientas de solución de problemas.

### 3.12.2. APLICACIÓN 2

#### **VIBRACIÓN EJE DELANTERO**

Este problema de calidad hace referencia a una vibración del sistema de frenos después de pocos kilómetros de recorrido.

La vibración existe únicamente en la parte delantera ya que si fuese en la parte posterior no podría ser percibida por el cliente.

##### **3.13.2.1.- Impacto en campo**

Posterior al seguimiento en las métricas externas de calidad (CPV) se determina que el problema de vibración de la parte delantera del modelo C impacta negativamente principalmente el costo de garantías con \$20000 USD y la cantidad de casos es cerca del 95% de los vehículos.

##### **3.13.2.2.- Análisis realizado**

El modo de falla en un evento. Los frenos deben ser aplicados múltiples veces a una velocidad de 80 km/h para poder reproducir el problema. Ambos lados, tienen el mismo proceso de ensamblaje y presentan los mismos modos de falla. Se toma en consideración la separación del filo del aro de aluminio y el disco rotor de freno para este fenómeno de la vibración. El desempeño de las medidas tomadas de la parte lateral del aro es entre 10 y 90 micras mientras que los vehículos que no presentan problema están entre 0 y 40 micras.

Como instrumento de medición para medir esta condición es un palpador digital que es montado en el sub chasis del vehículo con problemas y a su vez permite cambiar entre un vehículo BOB y un vehículo WOW. La estrategia modelo a modelo en el mismo tiempo es utilizada para seleccionar los BOB y WOW. El vehículo WOW es el modelo C y el vehículo BOB es el modelo D, esta estrategia proporciona 4 variables BOB/WOW. La etapa 1 de búsqueda de componentes falló debido a la alta variación en el modelo WOW (modelo C) el cual indica que la Causa X se encuentra en el proceso. Sin embargo la variación del proceso del vehículo BOB (modelo D) fue muy pequeña. Por lo tanto se procede a intercambiar los aros y repetir la búsqueda de componentes etapa 1. Se logra

completar y descartar la variación en el proceso, por consiguiente la Causa X se encuentra en el diseño del aro.

La comparación de diseños muestra que el contacto del aro modelo C con el rotor del freno es únicamente 8mm en el perímetro. El modelo D tiene una superficie de contacto completa tanto en la zona de las tuercas como en el perímetro. La estrategia B vs C confirma con 95% de confianza que la vibración se produce debido a la inadecuada distribución de carga entre el aro y el rotor de freno. El modelo C muestra un gran contacto en el perímetro del rotor, además se evidencia un desgaste acelerado en esa zona debido a la vibración.

#### **3.13.2.3.- Plan a seguir**

Fueron consideradas tres opciones:

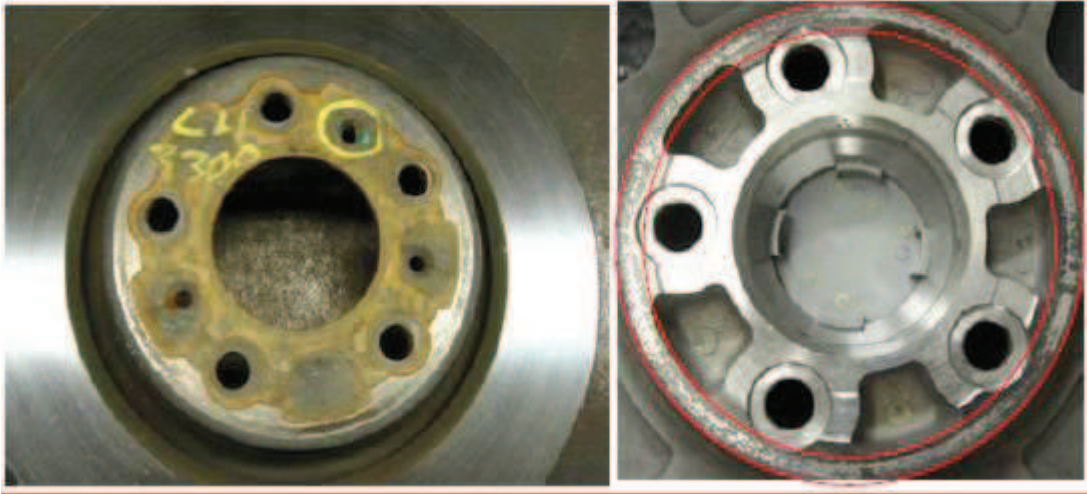
- Cambio de perfil de la zona de contacto del aro.
- Incremento de la dureza del rotor de freno para reducir la condición de desgaste.
- Aislar la vibración con separadores entre aro y rotor pero esta condición de reparación no es aceptada por el cliente.

#### **3.13.2.4.- Implementación de la solución**

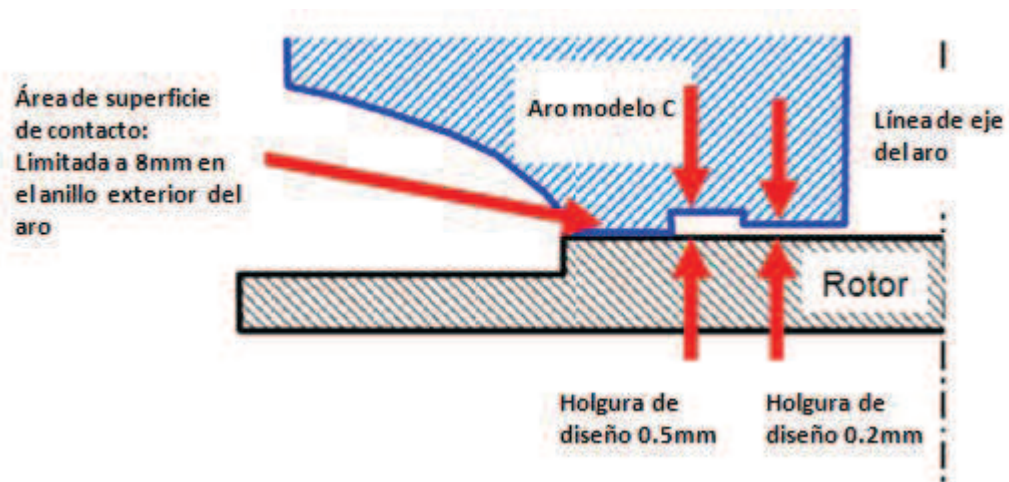
El perfil interior de la superficie de contacto del aro es maquinada. El aro posterior al proceso de fundición tiene material suficiente para hacer un nuevo proceso de maquinado considerando el nuevo diseño. Sin embargo los cambios de especificación fueron aplicados en las máquinas CNC, y de inmediato se evaluó la solución aplicada, dando como resultado la satisfacción total del cliente.

#### **3.13.2.5.- Monitoreando los resultados**

El punto de corte fue efectivo y el área interior de contacto del aro fue corregida. La figura 49 muestra la física del problema, mientras que la ilustración 5 muestra la acumulación de óxido después de 600 km de recorrido y se evidencia el contacto únicamente en el perímetro del rotor de freno y aro.



**Ilustración 5:** Presencia de óxido en componentes



**Figura 49:** Detalle de asentamiento del aro y el rotor de freno

Las figuras 50 y 51 muestran los árboles de definición de problema y proyecto, respectivamente.

### 3.13.2.6.- Árbol de definición de problema

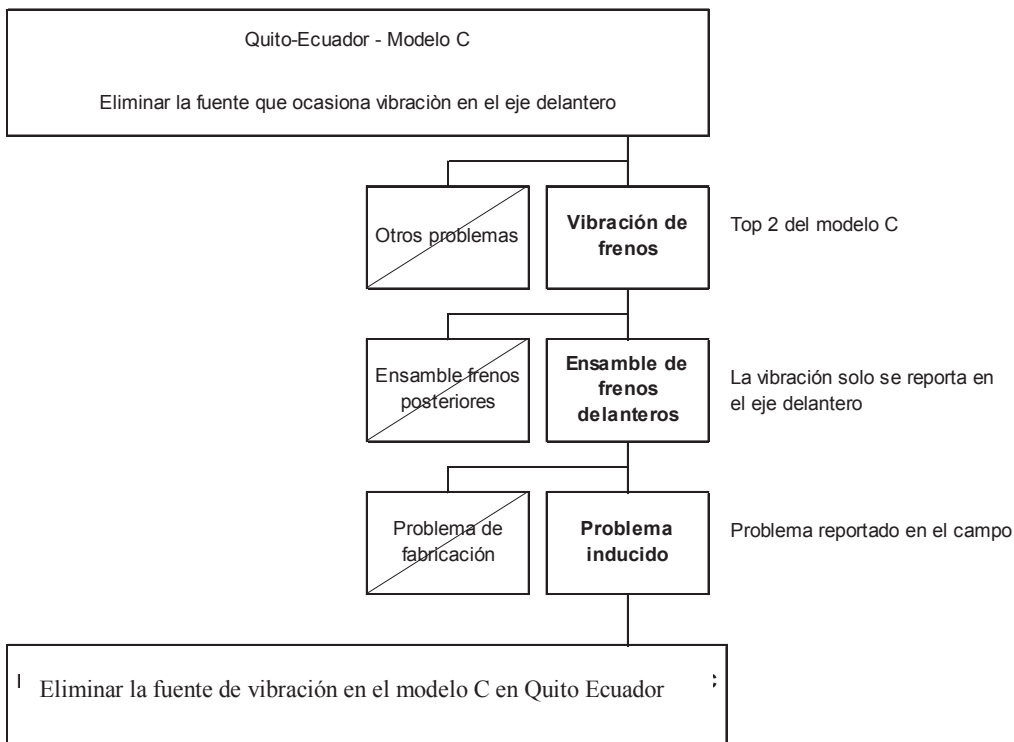


Figura 50: Árbol de definición de problema

### 3.13.2.7.- Árbol de definición de proyecto

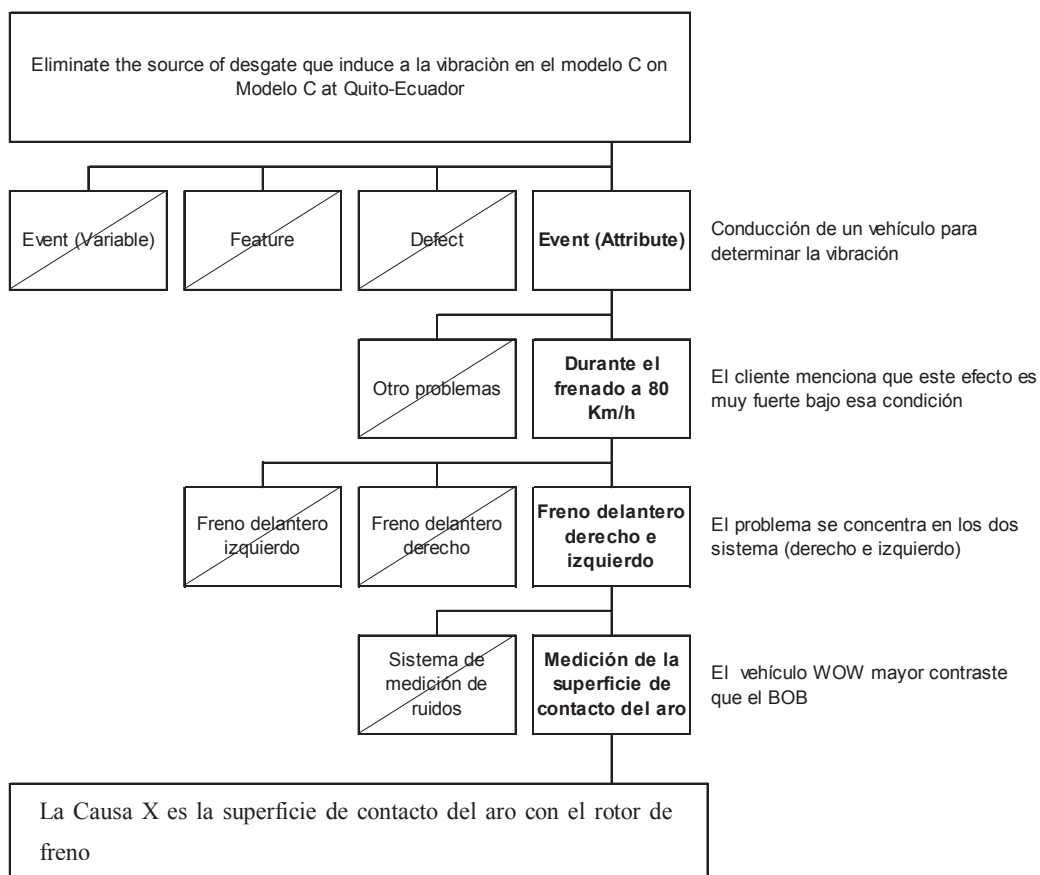


Figura 51: Árbol de definición de proyecto

3.13.2.8.- *Árbol de solución*

La figura 52 muestra el detalle del árbol de solución del problema.

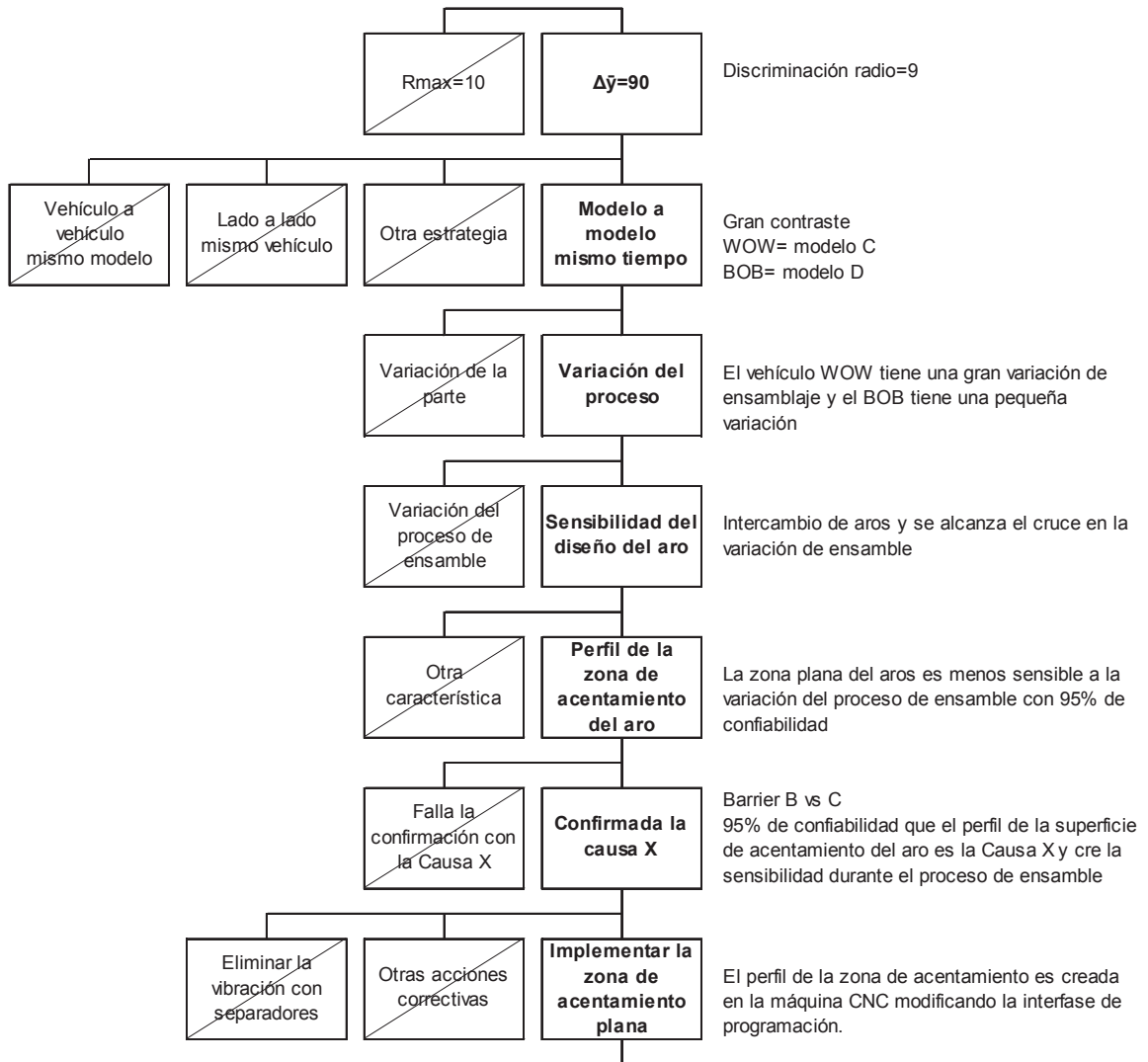


Figura 52: *Árbol de solución del problema*

3.13.2.9.- *Confirmación estadística B vs C*

| Sample | BOB              | WOW          |
|--------|------------------|--------------|
|        | Measurements     | Measurements |
|        | Units: (micras ) |              |
| 1      | 15               | 100          |
| 2      | 15               | 95           |
| 3      | 15               | 105          |
| 4      | 20               | 100          |
| 5      | 15               | 100          |

$$Y = | \tilde{Y}_{BOB} - \tilde{Y}_{WOW} |$$

$$M = R_{MAX}$$

$$\tilde{Y}_{BOB} = 15$$

$$R_{BOB} = 5$$

$$\tilde{Y}_{WOW} = 100$$

$$R_{WOW} = 10$$

$$\tilde{Y} = 85$$

$$R_{MAX} = 10$$

$$\tilde{Y} / R_{MAX} = 8,50$$

**Conclusion: El sistema de medición puede discriminar entre BOB y WOW**

La figura 53 muestra la dispersión de las mediciones tomadas.

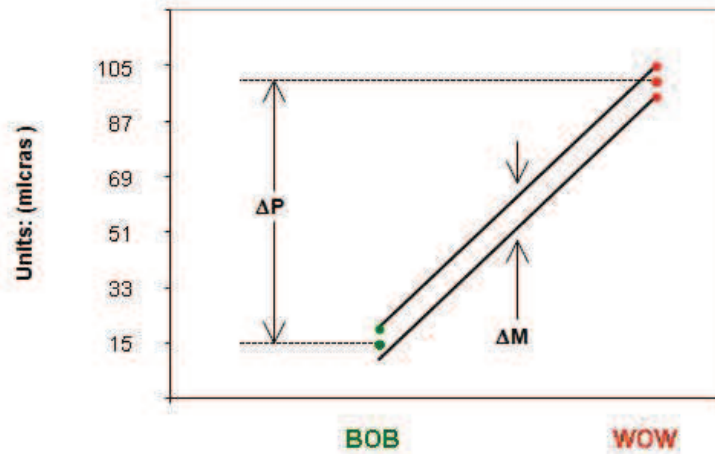


Figura 53: Gráfico confirmación estadística B vs C

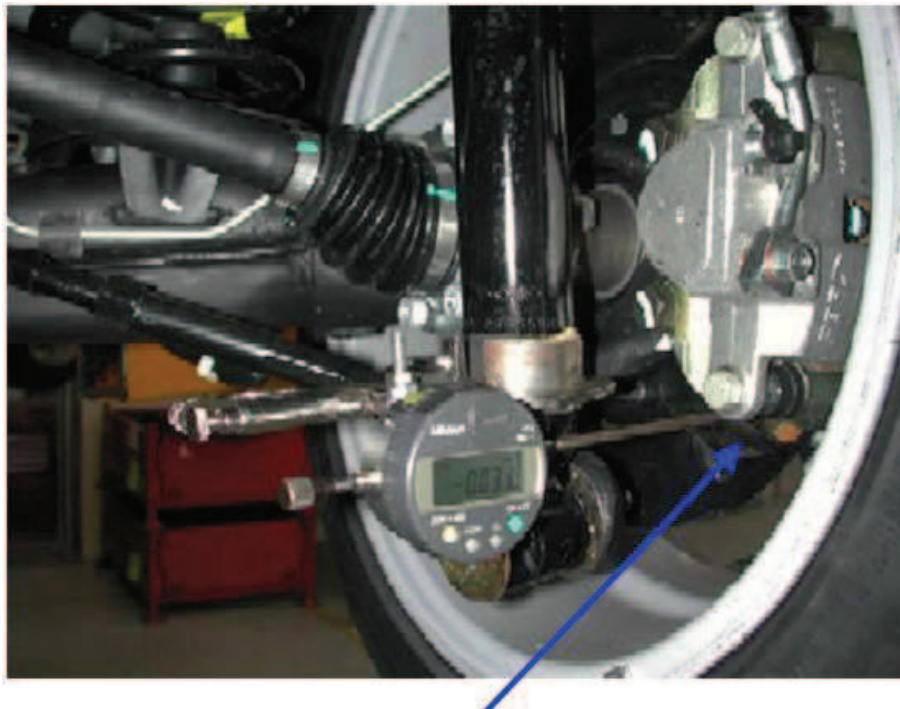


Ilustración 6: Palpador para medición del aro

La ilustración 6 muestra la posición del sistema de medición instalado (palpador) en el eje delantero del vehículo para comprobar la desviación mencionada en el aro vs el rotor de freno cuando el aro es girado.

La figura 54 muestra el diagrama de estrategia usado para resolver este problema de calidad, donde se concluye que la mejor es País a País en el mismo tiempo



que se enfoca en buscar diferencias de diseño de aro entre un vehículo ensamblado en Ecuador vs el mismo modelo ensamblado en China.

3.13.2.10.- Diagrama de estrategia



Figura 54: Diagrama de estrategia, problema de vibración en eje delantero

La figura 55 muestra el gráfico de la búsqueda de componentes etapa 1 y 2.

### 3.13.2.11.- Búsqueda de componentes

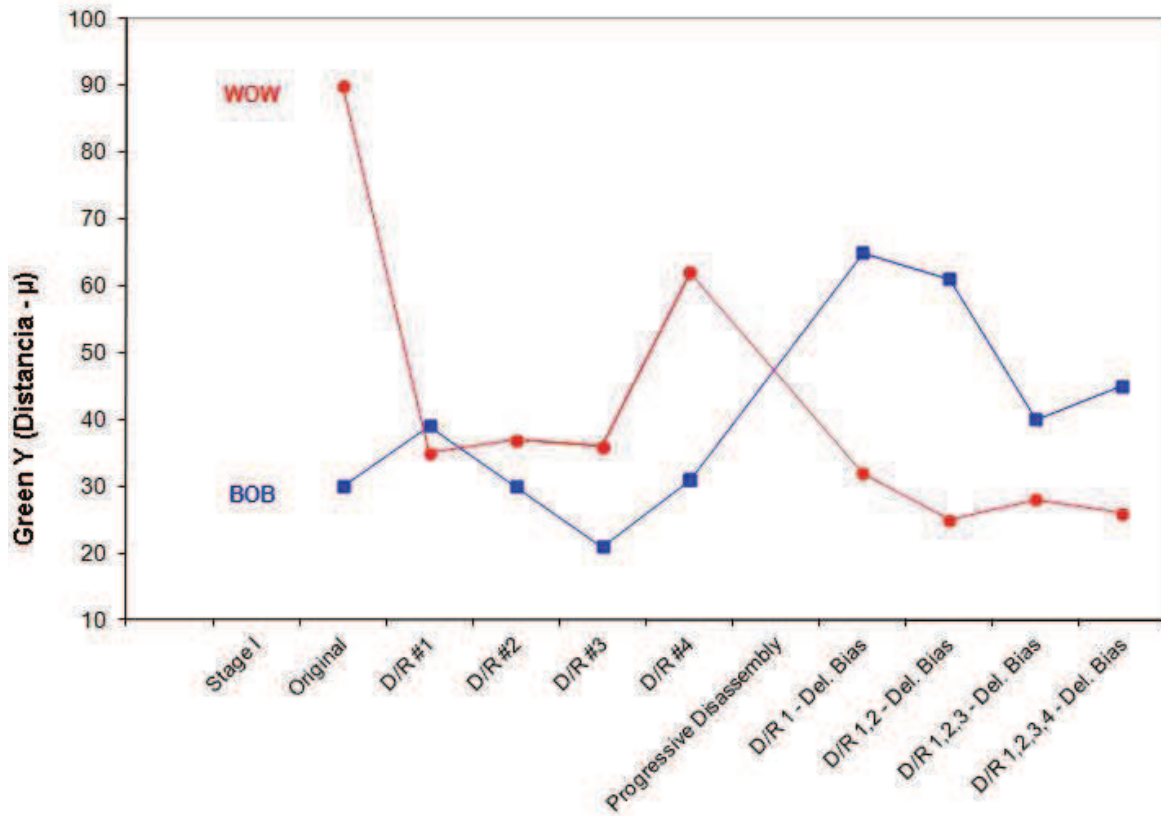


Figura 55: Diagrama de búsqueda de componentes

Donde:

1= Aro delantero

2= Eje homocinético

3= Discos de freno

4= Suspensión (Conjunto completo)

| $\Delta \tilde{Y} \geq 4\sigma_{\text{Stage I}}$ | BOB                           | BOB' | WOW | WOW'                                |    |
|--|-------------------------------|------|-----|-------------------------------------|----|
| $ 37 - 30  \geq 4 \times 18,332$                 | Original                      | 30   | 0   | 90                                  | 53 |
| $7 \geq 73,326$                                  | D/R 1                         | 39   | 9   | 35                                  | -2 |
|  | D/R 2                         | 30   | 0   | 37                                  | 0  |
|  | D/R 3                         | 21   | -9  | 36                                  | -1 |
|  | D/R 4                         | 31   | 1   | 62                                  | 25 |
|  | $\tilde{Y}_{\text{BOB}} = 30$ |      |     | $\sigma_{\text{Stage I}} = 18,332$  |    |
|  | $\tilde{Y}_{\text{WOW}} = 37$ |      |     | $4\sigma_{\text{Stage I}} = 73,326$ |    |

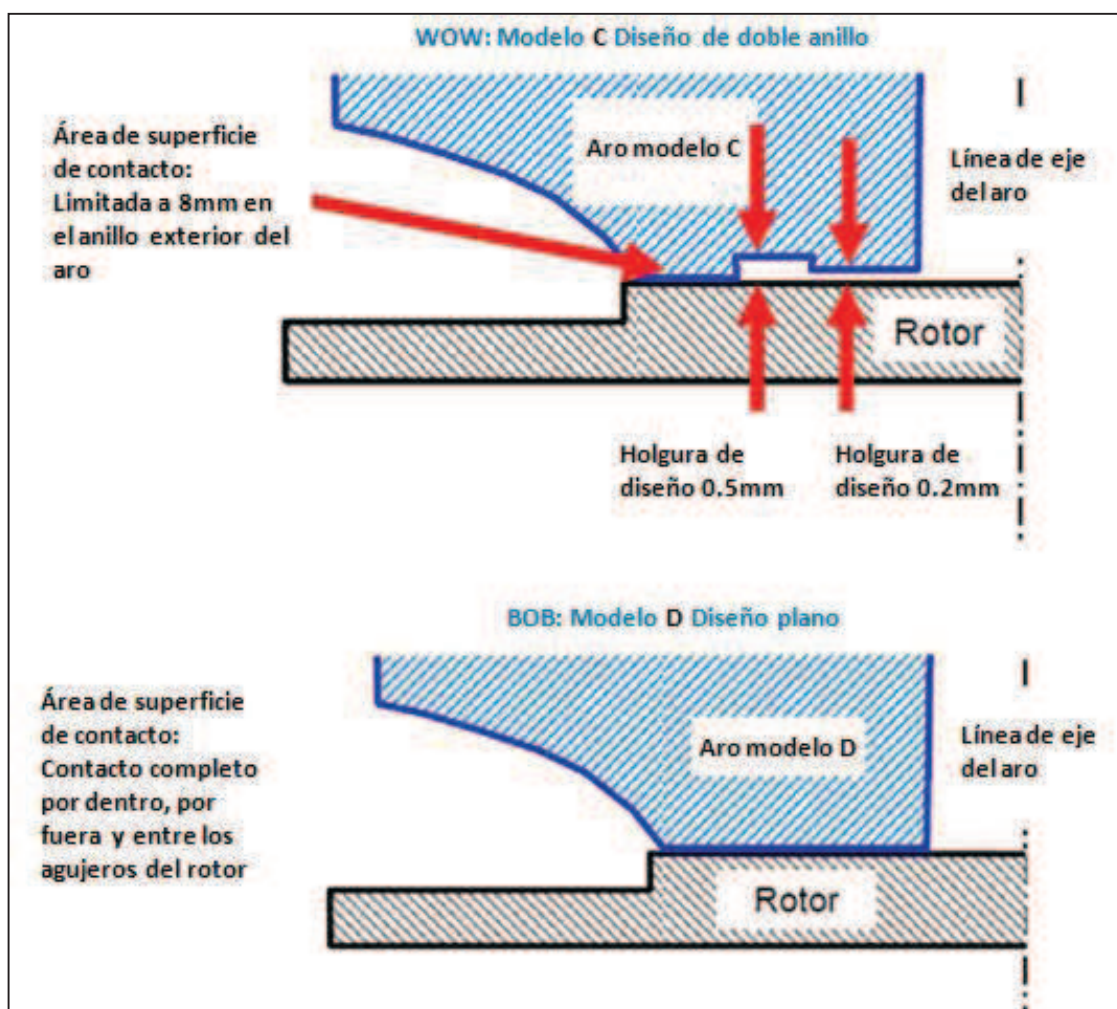
**Etapa 1 conclusión:** La causa X vive en el proceso de instalación del aro.

**Etapa 1'** Intercambio de aros y re hacer la etapa 1 (arme – desarme)

**Etapa 1' conclusión:** La causa X vive en la sensibilidad de diseño del aro.

### 3.13.2.12.- Comparación de diseño (modelo C vs modelo D)

La figura 56 muestra el esquema de asentamiento del aro con el rotor del freno.



**Figura 56:** Esquema del área de contacto entre aro y rotor

### Conclusión

Debido a la inadecuada distribución de carga, la región interior del rotor distorsiona durante el proceso de ensamblaje y ese es el motivo de la variación y vibración percibida por el cliente.

### 3.13.2.13.- Confirmación estadística B vs C

Donde:

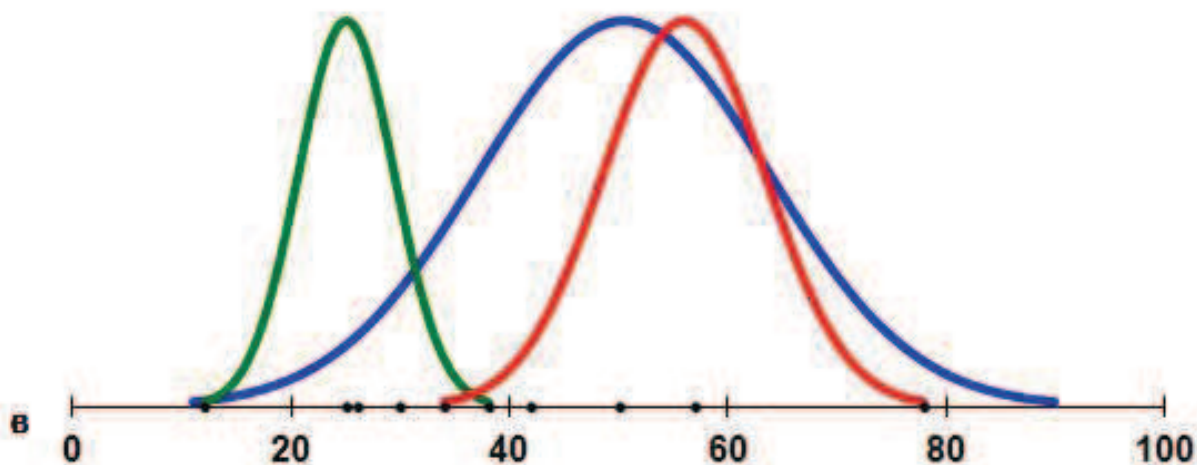
**B= Diseño plano – total contacto con rotor de freno**

**C= Diseño de doble anillo – perfil de 8mm de contacto**

**Tabla 7:** Datos para la confirmación estadística B vs C

| Toma de mediciones |                           |                      | Ranking |                           |                      |
|--------------------|---------------------------|----------------------|---------|---------------------------|----------------------|
| B o C              | Causa X<br>(perfil en mm) | Y verde<br>vibración | B o C   | Causa X<br>(perfil en mm) | Y verde<br>vibración |
| B                  | 26                        | Plano                | B       | 12                        | Plano                |
| B                  | 25                        | Plano                | B       | 25                        | Plano                |
| C                  | 42                        | Doble anillo         | B       | 26                        | Plano                |
| B                  | 12                        | Plano                | B       | 30                        | Plano                |
| C                  | 78                        | Doble anillo         | C       | 34                        | Doble anillo         |
| C                  | 50                        | Doble anillo         | B       | 38                        | Plano                |
| C                  | 57                        | Doble anillo         | C       | 42                        | Doble anillo         |
| B                  | 30                        | Plano                | C       | 50                        | Doble anillo         |
| C                  | 34                        | Doble anillo         | C       | 57                        | Doble anillo         |
| B                  | 38                        | Plano                | C       | 78                        | Doble anillo         |

En la figura 57 se muestra gráficamente los valores tomados en la etapa B vs C mostrados en la tabla 7.

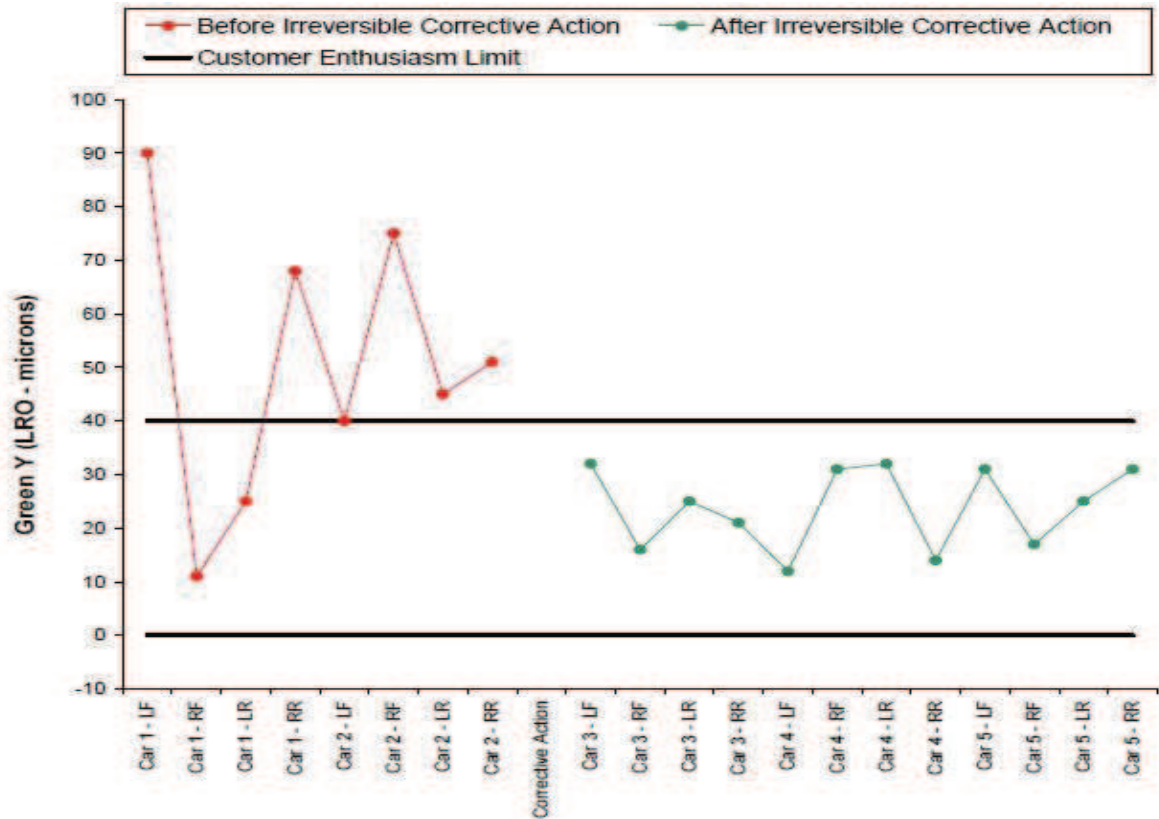


**Figura 57:** Gráfica de confirmación estadística B vs C

### Conclusión

El perfil de la zona de contacto es la Causa X con un 95% de confiabilidad.

### 3.13.2.14.- Monitoreando los resultados



**Figura 58:** Tendencia del problema luego de la acción correctiva

En conclusión se tiene que las acciones o controles aplicados en el perfil del aro delantero del modelo C elimina la Causa X encontrada a través de las herramientas de solución de problemas, como se puede observar en la gráfica de tendencia de la figura 58.

## CAPITULO IV

### ANÁLISIS, USO E IMPLEMENTACIÓN DE PROCEDIMIENTOS.

#### 4.1. USO Y APLICACIÓN DEL SISTEMA GLOBAL DE MANUFACTURA (GMS), APLICADO A SOLUCIÓN DE PROBLEMAS.

El Sistema Global de Manufactura<sup>24</sup> es un sistema común que involucra a todos los empleados en el uso de las mejores prácticas, procesos y tecnologías, para eliminar desperdicios dentro de la empresa.

General Motors creó este sistema en 1996, basado en las mejores prácticas de manufactura esbelta (lean manufacturing) de diferentes compañías como Suzuki, Toyota, Opel, Nummi, entre otros. Estas mejores prácticas se agrupan en 5 Principios:

Involucramiento de las Personas

Estandarización

Hecho con Calidad

Tiempos Cortos de Respuesta

Mejoramiento Continuo

La filosofía de este sistema es eliminar desperdicios en los procesos garantizando el menor costo de producto y satisfacción del cliente.

Descripción de los principios:

Involucramiento de las Personas: Los empleados son el recurso más valioso de la compañía. Por lo tanto se busca estar en constante entrenamiento y capacitación, además de mantener un Sistema de Salud y Seguridad que los proteja. Se busca implementar programas y prácticas que contribuyen a lograr un mayor

---

<sup>24</sup> **Sistema global de manufactura, GMS:** “GMS Operating Guideline 12.0 Global Manufacturing System”

compromiso por parte de los empleados y su participación activa en la búsqueda del mejoramiento continuo de la compañía a través de sugerencias.

**Estandarización:** Es un proceso dinámico mediante el cual se establece toda la documentación necesaria para asegurar la calidad, además de estándares físicos en las áreas de trabajo. Se definen también secuencias ideales de operación con la mayor optimización posible.

**Hecho con Calidad:** El objetivo de este principio es asegurar que los defectos no lleguen al cliente a través de un Sistema de Calidad sólido que ayuda a prevenir la generación de defectos a través de dispositivos a prueba de error, detectar defectos en las estaciones de trabajo mediante la auto inspección y contener estos defectos a través de los sistemas de inspección internos.

**Tiempos cortos de respuesta:** Este principio busca controlar la cadena de abastecimiento de material desde su punto de partida en la fuente que envía el material en el exterior hasta su punto de uso en la estación de trabajo. Además, evalúa el cumplimiento de una orden de compra por parte del cliente hasta la entrega del producto al mismo.

**Mejoramiento Continuo:** Este principio busca la mejora continua de todos los procesos, a través del Plan de Negocios, Mantenimiento Preventivo, Solución de Problemas y el Sistema Andon.

## **4.2. INDICADORES DE GESTIÓN E ÍNDICES DE CONTROL.**

Es importante tener un control de todos los indicadores que se tiene en la empresa, se debe realizar un “plan de negocios” el mismo que se relaciona directamente con el principio de mejoramiento continuo.

Es un proceso estándar el cual hace posible que una organización compleja, actúe en una sola dirección para lograr cumplir objetivos de la empresa en sus seis categorías clave: Seguridad, Gente, Calidad, Cumplimiento, Costos y Medio Ambiente.

El propósito del “despliegue de plan de negocios” es alinear e integrar a todos los empleados para trabajar juntos, ejecutando acciones y generando una cultura de mejora continua, mediante el establecimiento de objetivos claros y cuantificables. La ilustración 7 muestra un esquema de los componentes de un despliegue de plan de negocios.



**Ilustración 7:** Componentes de un despliegue de plan de negocios

Se recomienda realizar revisiones regulares la que deben de ser desarrolladas por lo menos una vez al mes, y hacer las anotaciones al plan relacionadas con retrasos, adiciones o cambios. Realizar las anotaciones o cambios en el plan anual con una explicación.

Se deberá marcar el mes actual de revisión para referenciar el estatus de los métodos, objetivos y metas. Este identifica inmediatamente en donde estamos con respecto al plan.

Nunca se debe borrar los elementos del plan. El plan nos dice la historia y la historia nos ayuda a resolver problemas y planear para el siguiente año.

Se debe tener un plan de acción para los objetivos que no se cumplan, los mismos que se los revisa el mes siguiente.



## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1.- CONCLUSIONES

- El uso de las herramientas estadísticas de solución de problemas permiten encontrar la verdadera causa raíz de un problema de una forma estructurada y metódica sea en problemas de calidad tipo evento o característica.
- En el problema de calidad de anclaje de asiento, se mide la diferencia de esfuerzo para abatir el lado izquierdo (15 casos) vs Derecho (0 casos), evidenciando contraste y validando la estrategia de lado a lado de una misma fila en el mismo vehículo SUV.
- El problema de calidad de anclaje de asiento no se encuentra en el proceso de ensamblaje ni en las partes usadas debido a que pasó la primera y segunda etapa de intercambio de componentes.
- El descontrol del proceso de soldadura (4.5 a 6mm) del gancho de anclaje del asiento izquierdo de la segunda fila es la causa raíz con un 95% de confiabilidad.
- Un ruido de motor es un defecto de calidad atributivo, es decir la manera de medir es “*suen a o no suena*”, entonces la estrategia usada es medir el contraste de ruido entre motor a motor del mismo modelo (1.8L).
- Un problema de asentamiento de válvula de escape puede causar un ruido molesto fácilmente perceptible por cualquier cliente que en ocasiones puede ser fácil de resolver sin embargo el uso de las herramientas estadísticas demuestran con exactitud la causa raíz del problema y facilita un re-trabajo en volumen de producción debido a la alta confiabilidad del análisis.
- La comparación de pares lógicos ayuda a determinar que la variación que ocasiona el ruido es en los insertos del cilindro #4.

- La vibración producida del eje delantero no se encuentra en la variación del proceso pese a que la búsqueda de componentes mostró contraste sin llegar a un cruce total, sin embargo el mayor contraste se enfoca en el diseño de los aros o rines.
- El área de contacto del aro con el rotor causa la vibración reportada debido a la inadecuada distribución de carga provocada por el diseño incorrecto del aro.
- El uso de esta herramienta puede aplicarse en talleres de servicio de bajo volumen y no únicamente en grandes concesionarios y/o fabricantes de vehículos, en otras palabras esta metodología puede aplicarse para resolver cualquier tipo de problema que involucre una causa raíz difícil de encontrar a simple vista, es decir, puede tratarse de un simple adhesivo que no se adhiere a una superficie o un brazo de biela que sale por un costado del block de motor sin razón alguna, en ambos casos si no se encuentra la verdadera causa raíz se convierte en un problema de naturaleza compleja.
- Las métricas de calidad o seguimiento de la tendencia de evolución de un problema son claves en un negocio para medir la calidad tanto del servicio como del producto y evidencian el enfoque del negocio, además de los problemas a resolver.
- La confianza del conocimiento de Ingenieros y la habilidad de técnicos dan como resultado soluciones no efectivas y de corto plazo, ocasionando pérdida de tiempo para las industrias e insatisfacción a los clientes finales que reclaman arreglo a los problemas de calidad “simples”

## 5.2.- RECOMENDACIONES

- Se recomienda que la aplicación de las herramientas de solución de problemas se las lleve de una manera ordenada, importante ser paciente durante el proceso, para no sacar conclusiones anticipadas que pueden poner en riesgo la confiabilidad del uso de esta metodología.
- Se recomienda antes del uso de esta metodología evaluar cada caso a detalle y determinar si justifica o no el uso de este procedimiento, y descartar aquellos problemas que no tengan recurrencia y/o soluciones simples.
- Para talleres de servicio pequeños que tengan la línea multi-marca, se recomienda tener en sus instalaciones al menos dos vehículos de similares características para tener contraste entre un vehículo BOB y uno WOW y así poder iniciar el proceso de solución de problemas.
- Descartar aquellas causas de mínima influencia encontradas durante el proceso de solución para evitar resolver aquello que el cliente no ha percibido como un problema de calidad.
- Revisar con criterio las métricas de calidad es fundamental, ya que no basta con identificar el problema más recurrente (ej. Manchas en la pintura) vs un problema que implica temas de seguridad para el cliente y/o legales (ej. Pérdida del sistema de frenos) para ambos casos la solución es mandatorio pero difiere en la priorización.
- Ser metódico, perseverante y poco confiado llevan al éxito para resolver cualquier problema detectado en una Industria.
- Minimizar un problema de calidad o restarle importancia hace que cualquier método de resolución sea obsoleto e inútil.
- La EPN a través de la unidad de posgrado puede impulsar la investigación y análisis de problemas en el campo automotriz usando estas metodologías que sin duda han dado el liderazgo en calidad a grandes multinacionales como la aeronáutica y especialmente la automotriz.

## ANEXOS

Haciendo una síntesis de metodologías usada para resolver el esfuerzo excesivo para liberar el asiento de la segunda fila de un SUV MP7 se tiene:

### Escuchando al cliente

Árbol de definición del problema.- Inicia desde que el cliente retorna a un concesionario a reportar un problema de calidad. De aquí nacen los valores de IPTV tratados anteriormente.

Pareto.- Organiza e informa el orden y distribución de los problemas.

### Observar el problema

Árbol de definición del proyecto.- Converge de un determinado proyecto y determina el valor medible de la Y verde.

Diagrama de concentración.- Identifica la locación física de donde se concentra el problema, para efecto de este proyecto, aportó con la diagramación de cuál asiento dentro de la cabina del vehículo.

### Midiendo el contraste

Árbol de solución de problema.- Converge de un valor medible de Y verde en una Causa X.

Isoplot.- Se determina si el sistema de medición es capaz de discriminar entre BOB y WOW.

### Convergiendo para la mayor influencia

Diagrama de estrategia.- Conclusiva organización de las familias de variación para identificar el mayor contraste.

Multi vari.- Organiza las múltiples lecturas para identificar el mayor contraste.

Diagrama de flujo de proceso.- Representación visual del proceso productivo para el caso de concesionarios es el manual de servicio.

Búsqueda de componentes.- Genera informaciones para eliminar la influencia de parte o proceso.

Comparación de pares.- Genera informaciones de las diferentes características entre BOB y WOW.

Confirmando la mayor influencia

B vs C.- Muestra control del Y verde para una única causa X.

Monitoreo de resultados de Y verde.- Monitorea el desempeño sea en unidades de producción en serie y campo antes, durante y después de cada proyecto.