



BENEMERITA UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE PUEBLA

**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
PUEBLA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA
ELECTRÓNICA**

**IMPLEMENTACIÓN DE GRUPOS
MULTIDISCIPLINARIOS DE
TRABAJO PARA EL
ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD
EN EL PRODUCTO DE LA INDUSTRIA
AUTOMOTRIZ**

AGOSTO 2022.

TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL GRADO DE:

**INGENIERO EN SISTEMAS
AUTOMOTRICES**

P R E S E N T A:

VARGAS MORA RICARDO MIGUEL

DIRECTORA DE TESIS:

M.A. MARTINEZ SERRANO MERCEDES
LORENA

ASESORES DE TESIS:

DR. ROBERTO CARLOS AMBROSIO LÁZARO
DR. ISRAEL VIVALDO DE LA CRUZ
DR. JAVIER FLORES MÉNDEZ



Facultad de Ciencias
de la Electrónica

ÍNDICE

CAPÍTULO I	4
INTRODUCCIÓN.	4
JUSTIFICACIÓN.	5
OBJETIVO.....	6
DESCRIPCIÓN.....	6
DIAGRAMA DE BLOQUES.	8
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.	10
CAPÍTULO II	14
ANTECEDENTES DE LA CALIDAD.	14
DIAGRAMA DE FLUJO.....	15
DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO.	16
LISTAS DE VERIFICACIÓN.....	17
HISTOGRAMAS.	18
DIAGRAMA DE DISPERSIÓN.	22
GRÁFICOS DE CONTROL.	24
CAPÍTULO III	26
BENEFICIOS DE LA EVALUACIÓN DE LA PRUEBA DE HERMETICIDAD.	26
ANÁLISIS VIRTUAL.	26
EVALUACIONES PROTOTIPO.	28
CAPÍTULO IV	34
LA PRUEBA DE HERMETICIDAD COMO PRUEBA FUNCIONAL.	34
ANÁLISIS DE LISTADO DE FALLAS CON RESPONSABLES Y PLAZOS.	34
FALLAS CRÍTICAS, LECCIONES APRENDIDAS.	35
EVALUACIÓN DE AUTOS EN ETAPAS TEMPRANAS DEL PROYECTO, EN CABINAS DE SIMULACIÓN DE LLUVIA.	35
INICIO DEL PROCESO DE LA EVALUACIÓN DE LA PRUEBA DE HERMETICIDAD. ...	36
INICIO DE IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPOS MULTIDISCIPLINARIOS DE TRABAJO.	42
ADMINISTRACIÓN DE RESULTADOS DE LAS EVALUACIONES DE HERMETICIDAD.	43
CAPÍTULO V	47
CONCLUSIONES DE LA EVALUACIÓN DE AUTOS CON MEDIDAS Y CAMBIOS IMPLEMENTADOS.....	47

EVALUACIÓN DE RESULTADOS, APLICACIÓN DE SISTEMA DE TRABAJO.....	50
BIBLIOGRAFÍA.....	51
ANEXOS.....	54
TABLA 1 DE CONTENIDOS.....	54
TABLA 2 DE CONTENIDOS.....	55

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN.

El mundo de la industria automotriz y las compañías que la conforman, a través de los años, se han convertido en uno de los principales sectores económicos más importantes y que generan mayor cantidad de ingresos millonarios de forma global. Para que pudieran llegar al nivel en el que se encuentran, las empresas automotrices han tenido que realizar adecuaciones y actualizaciones al proceso de producción de los vehículos. Partiendo desde la planificación, diseño, producción o construcción hasta la comercialización, importación, exportación y venta.

La necesidad de las compañías de fomentar el avance tecnológico y aplicarlo en sus procesos productivos se debe a que es requerida una optimización en la cadena de producción para lograr los mejores resultados en el producto final, el vehículo. De forma paralela, la competitividad de las marcas que conforman el sector obliga a que estos cambios se realicen en lapsos de tiempos casi inmediatos y de forma general.

Para que las empresas puedan obtener los estándares de calidad más altos que exigen los consumidores, es requerido que se haga una evaluación del proyecto que se va a desarrollar. Los nuevos proyectos para implementar o elaborar en las empresas automotoras son estudiados de forma puntual, se definen las actividades que se van a realizar que, como un conjunto, conseguirán el objetivo en común que sea planteado por el consejo correspondiente. Durante estos estudios, es contemplado el diseño, estrategias, los periodos de tiempo a seguir y cumplir, los plazos, las evaluaciones a realizar, la presentación de resultados y de forma similar, las evaluaciones de éstos con la finalidad de demostrar si se cumplen con los objetivos y metas previamente estipulados.

En las evaluaciones, se deben tomar en cuenta especialmente dos tipos que serán directamente reflejados en el vehículo construido, las pruebas funcionales que son las indicadas para evitar situaciones de reprocesar el producto por alguna desviación que pueda tener, benefician en el aumento de la velocidad de desarrollo ya que comunican de forma eficiente los requerimientos que son básicos para la conformación y obtención de lo que se planea elaborar. Por otra parte, se encuentran las pruebas de durabilidad, las cuales van a dar pauta para conocer o tener un estimado de la vida operativa con la que cuentan los componentes que conforman el producto final, determinado por las condiciones óptimas de funcionamiento que puedan tener a lo largo de su uso.

Es por ello, por lo que la calidad es uno de los pilares primordiales de los que está conformada la elaboración de un vehículo en la fase de desarrollo del nuevo proyecto. La calidad, es la percepción que tiene un cliente respecto al producto a comercializar, una satisfacción mental que tiene el consumidor con el que asume la conformidad del auto terminado.

La calidad requiere de su evaluación para poder asegurar la satisfacción de los clientes. Es decir, se mide el nivel de cumplimiento de las especificaciones establecidas para una actividad determinada o proceso de gestión. Dicha evaluación toma como base los indicadores de calidad, que son los instrumentos que van a dar pauta para conocer si se cumplen con las necesidades que demanda el mercado. Existen diversas formas de asignar los indicadores de calidad, pero en un caso ideal, se pretende que sea una cantidad mínima de ellos, los cuales sean de utilidad para realizar la evaluación del producto y verificar que cumplan con los estándares estipulados en el inicio del proyecto.

Un producto, al ser el conjunto de características tangibles e intangibles que el consumidor prioriza y acepta en principio como respuesta a la satisfacción de sus necesidades, debe ser complementado con la mejor planeación, el mejor proceso, la construcción óptima y los estándares más altos de calidad para su elaboración para que consiga una mayor penetración en el mercado y sea altamente competitivo. Cuando el producto sufre alguna falla por causas externas a su fabricación, como puede ser la mano operativa, ajuste de programación o una operación semiautomática, se ve la necesidad de ser reprocesado. A esto se le denomina retrabajo en el producto, y la finalidad es que el vehículo completo sea revisado al cien por ciento después de haber sido reparado, validada la eliminación de la falla y retornar el auto a la parte del proceso donde se originó la falla para evitar futuras incidencias similares ya en la etapa final de la construcción.

Para poder llevar un control sobre el número de fallas que se presentan a lo largo del desarrollo del proyecto y en la producción de este, es necesario hacer una estandarización sobre la forma en que se van a contabilizar dichas incidencias. Es por lo que, con ayuda de las fallas por mil, se va a obtener un estimado de cuántas fallas se están presentando en el producto desarrollado por cada mil vehículos que se producen en las empresas automotrices. El método contribuye a que sea digerible y estandarizada la información cuando se realicen las evaluaciones de los resultados.

JUSTIFICACIÓN.

Con el paso de los años, la cantidad de proyectos desarrollados ha ido en incremento en el sector automotriz, cada día son más las empresas manufactureras las que ven a México como uno de los pilares para la construcción de modelos que serán distribuidos a nivel mundial.

Como soporte a esta primicia, las empresas se han visto en la necesidad de implementar diversas herramientas de trabajo las cuales complementen sus procesos y con ello logren cubrir las exigencias que demanda el mercado internacional. El tener un manual que recopile el sistema que se implementa en cada fase del producto a elaborar, da pauta a que se pueda tener un desglose de forma puntual sobre las actividades, evaluaciones y cambios que se llevan a cabo para tener la menor cantidad de incidencias sobre la producción en serie. Las principales evaluaciones que se toman en consideración en el desarrollo del producto son de

carácter funcional y de duración ya que estas van a ser quienes marquen el rumbo de las acciones que se van a tomar para cubrir las necesidades que requieren los consumidores.

El motivo de involucrar dicho sistema de trabajo en las fases tempranas del desarrollo de nuevos proyectos es de suma importancia para que se puedan lograr las metas establecidas en el planteamiento inicial del trabajo a realizar. Con base a resultados obtenidos en proyectos anteriores, se realiza una comparativa de la cantidad de fallas pronosticadas en el desarrollo del nuevo proyecto y en su inicio de producción en serie. Se contempla aplicar la instrucción de trabajo para impactar de forma positiva en el pronóstico de fallas del producto final. Obteniendo una optimización en el decremento de incidencias o desviaciones que puedan suscitarse en las fases finales del proyecto o en el inicio de su producción en serie.

OBJETIVO.

Implementar un sistema de trabajo que pueda ser aplicado en el arranque de nuevos proyectos con la finalidad de realizar la aplicación de la instrucción de trabajo para:

Obtener la mayor cantidad de autos con un proceso de manufactura sin desviaciones en su producción.

Asegurar los principales indicadores de calidad dentro de las metas establecidas por la dirección del departamento de aseguramiento de la calidad.

Obtener impactos positivos económicos, en la optimización de tiempo por retrabajos, desde el inicio de la producción en serie del producto, a la par de cumplir con los altos estándares que se exigen en el mercado.

DESCRIPCIÓN.

Implementar el sistema de trabajo de un equipo multidisciplinario desde el arranque de nuevos proyectos obliga a los participantes a verse involucrados en todas las fases que contempla el desarrollo del producto. El tener documentado en un manual toda la información sobre los pasos a seguir, el proceso, el tiempo que conforma aplicarlo, es de apoyo para que se tenga un amplio panorama sobre todas las acciones que se deben tomar en cuenta para la conformación de proyectos futuros y los resultados de calidad sean con el pasar del tiempo, los más altos y puedan contemplarse la menor cantidad de desviaciones o re trabajos realizados al producto final, siendo esto benéfico para las empresas que contemplen formas de trabajo similares a la de los grupos multidisciplinarios.

Dicha acción, beneficia al producto final, a cumplir con las metas propuestas de forma inicial y obtener el mejor estándar de calidad ya que, durante el proceso de desarrollo, cada uno de los integrantes o responsables participa en conjunto con su departamento aportando los conocimientos, experiencias, opiniones para dar solución a los posibles problemas que puedan suscitarse a lo largo del tiempo de preparación y creación del vehículo.

Los participantes, realizan en cada etapa del proyecto diversas evaluaciones de forma puntual las cuales van a permitir que se tenga un histórico del producto, el cual contemple las desviaciones, áreas de oportunidad que puedan trabajarse y las mejoras que se han ido implementando a lo largo del periodo contemplado. De forma similar, se realizan observaciones sobre posibles cambios que puedan realizarse a futuro o en otras etapas del proyecto para obtener mejoras en la calidad del producto.

Como primera instancia, se lleva a cabo un análisis virtual el cual, de forma detalla, se desarrolla una inspección profunda del proyecto a elaborar, y con esto, se puedan delimitar posibles riesgos cuando se realice la construcción del producto.

Una vez concluido el análisis de forma virtual, se realizan evaluaciones a nivel prototipo donde diversos departamentos de la calidad, producción a nivel hojalatería y administración de arranques de nuevos proyectos, toman participación con pruebas específicas de la construcción del producto. Se evalúan hallazgos, puntos críticos del producto que puedan influir en el desarrollo como en la producción en serie del automóvil, como consecuencia de esto, para evitar tener un gran número de desviaciones en la manufactura del vehículo.

Durante el proceso, son necesarios todos los precedentes que puedan ayudar a la mejora anticipada del producto, es decir, se cuenta con un listado de fallas que se han presentado en la construcción de proyectos anteriores el cual, hará la función de guía de lecciones aprendidas. Se definen riesgos del proyecto actual y se realiza una comparativa con los riesgos que se hayan tenido o hayan resultado en productos previamente realizados o antes de ser implementado el sistema de trabajo. A todos estos puntos de riesgo en cuestión, se les da seguimiento a lo largo del proyecto para delimitar las acciones correspondientes y eliminar la posible falla de forma permanente desde fases tempranas.

El arranque del sistema de trabajo de equipos multidisciplinarios se presenta de formalmente, una vez realizadas las primeras evaluaciones a prototipos y a nivel estructural, ya que se comienzan a delegar responsables y evaluaciones del producto de forma específica por cada departamento involucrado. La estructura que conforma el equipo multidisciplinario contempla cinco puntos principales los cuales estarán en constante seguimiento, desde la conformación del proyecto, hasta su producción en serie. Las entradas (1) son interpretadas como las desviaciones que se obtengan a través de las evaluaciones realizadas al vehículo. La priorización (2) de los temas será determinada con base en la criticidad del tema y número de incidencias repetitivas que se presenten. El análisis (3) es la parte medular del sistema de trabajo, de dicha actividad se tomarán las acciones y se direccionará a la parte responsable con el objetivo de que se tomen medidas a la brevedad y con ello dar solución desde la causa raíz del problema. Para los desvíos y acciones a tomar en consideración, se realizarán seguimientos puntuales (4), donde se evaluará el resultado de las medidas implementadas por parte de los responsables. Si es requerido por la importancia del tema, se realizará una escalación (5) a otros gremios donde se presente el sistema de trabajo que se realizó para la solución de desvíos desde la perspectiva de la causa raíz.

DIAGRAMA DE BLOQUES.

1	Título: Implementación de grupos multidisciplinarios de trabajo para el aseguramiento de la calidad en el producto de la industria automotriz.																															
2	SEMANAS 2021																															
3	47		48		49		50		51		52		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
4	Debe		Debe		Debe		Debe		Debe		Debe		Debe		Debe		Debe		Debe		Debe		Debe		Debe		Debe		Debe		Debe	
5	■																															
6	■																															
7			■																													
8					■																											
9					■																											
10									■																							
11							■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■	
12																	■		■		■		■		■		■		■		■	
13																			■		■		■		■		■		■		■	

2	SEMANAS																																	
3	4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20	
4	Debe		Debe		Debe		Debe		Debe		Debe		Debe		Debe		Debe		Debe		Debe		Debe		Debe		Debe		Debe		Debe			
14			■																															
15					■																													
16							■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■			
17											■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■			
18													■		■		■		■		■		■		■		■		■		■			
19																			■		■		■		■		■		■		■			
20																					■		■		■		■		■		■			

2		SEMANAS 2022												
3	Descripción de Actividades	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
4		Debe Es	Debe Es	Debe Es	Debe Es	Debe Es	Debe Es	Debe Es	Debe Es	Debe Es	Debe Es	Debe Es	Debe Es	
21	Hacer ajustes a la redacción y contenidos del 3er. capítulo.													
22	Investigar, desarrollar la redacción y contenidos del 4o. capítulo													
23	Revisar la redacción y contenidos del 4o. capítulo													
24	Hacer ajustes a la redacción y contenidos del 4o. capítulo.													
25	Protocolo (Presentar propuesta de proyecto con argumentaciones)													
26	Respuesta favorable de Protocolo													
27	Investigar, desarrollar la redacción y contenidos del 5o. capítulo													
28	Revisar la redacción y contenidos del 5o. capítulo													

2		SEMANAS 2022													
3	Descripción de Actividades	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
4		Debe Es	Debe Es	Debe Es	Debe Es	Debe Es	Debe Es	Debe Es	Debe Es	Debe Es	Debe Es	Debe Es	Debe Es	Debe Es	
29	Hacer ajustes a la redacción y contenidos del 5o. capítulo.														
30	Agendar fecha para Coloquio														
31	Coloquio (presentar tema de defensa de tesis)														
32	Respuesta de Protocolo														
33	Recibir autorización para impresión de tesis.														
34	Impresión de Tesis														
35	Recibir fecha de defensa de tesis.														
36	Defensa de Tesis.														

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.

SEMANA 47 2021

- Presentar propuesta de proyecto de tesis.
- Definir alcances del proyecto de tesis. (Entrega de formatos requeridos, actividades a desarrollar, acordar entregables finales). Definir objetivo y justificación.

SEMANA 48 2021

- Solicitar formatos requeridos.

SEMANA 49 2021

- Realizar diagrama de bloques, cronograma de actividades.
- Depurar y complementar diagrama a bloques del cronograma de actividades.

SEMANA 50 2021

- Investigar, desarrollar la redacción y contenidos del 1er. capítulo.

SEMANA 51 2021

- Investigar, desarrollar la redacción y contenidos del 1er. capítulo.

SEMANA 52 2021

- Investigar, desarrollar la redacción y contenidos del 1er. capítulo.
- Vacaciones.

SEMANA 01 2022

- Investigar, desarrollar la redacción y contenidos del 1er. capítulo.

SEMANA 02 2022

- Investigar, desarrollar la redacción y contenidos del 1er. capítulo.

SEMANA 03 2022

- Elaborar la presentación de la propuesta del tema de Tesis.

SEMANA 04 2022

- Revisar la redacción y contenidos de la propuesta del tema de Tesis.

SEMANA 05 2022

- Hacer ajustes a la redacción y contenidos de la propuesta del tema de Tesis.

SEMANA 06 2022

- Entregar en formato digital la solicitud de la propuesta de tesis en Secretaría Académica de FCE.

SEMANA 07 2022

- Investigar, desarrollar la redacción y contenidos del 2º. capítulo

SEMANA 08 2022

- Investigar, desarrollar la redacción y contenidos del 2º. capítulo

SEMANA 09 2022

- Investigar, desarrollar la redacción y contenidos del 2º. capítulo

SEMANA 10 2022

- Revisar la redacción y contenidos del capítulo 2o.

SEMANA 11 2022

- Revisar la redacción y contenidos del 2º capítulo.
- Hacer ajustes a la redacción y contenidos del 2º. capítulo.

SEMANA 12 2022

- Hacer ajustes a la redacción y contenidos del 2º. capítulo.

SEMANA 13 2022

- Investigar, desarrollar la redacción y contenidos del 3er. capítulo.

SEMANA 14 2022

- Investigar, desarrollar la redacción y contenidos del 3er. capítulo.

SEMANA 15 2022

- Investigar, desarrollar la redacción y contenidos del 3er. capítulo.
- Revisar la redacción y contenidos del 3er. capítulo.

SEMANA 16 2022

- Investigar, desarrollar la redacción y contenidos del 3er. capítulo.

SEMANA 17 2022

- Investigar, desarrollar la redacción y contenidos del 3er. capítulo.
- Revisar la redacción y contenidos del 3er. capítulo.

SEMANA 18 2022

- Hacer ajustes a la redacción y contenidos del 3er. capítulo.

SEMANA 19 2022

- Hacer ajustes a la redacción y contenidos del 3er. capítulo.
- Investigar, desarrollar la redacción y contenidos del 4o. capítulo.

SEMANA 20 2022

- Investigar, desarrollar la redacción y contenidos del 4o. capítulo.

SEMANA 21 2022

- Investigar, desarrollar la redacción y contenidos del 4o. capítulo.
- Revisar la redacción y contenidos del 4o. capítulo.

SEMANA 22 2022

- Investigar, desarrollar la redacción y contenidos del 4o. capítulo.

SEMANA 23 2022

- Hacer ajustes a la redacción y contenidos del 4o. capítulo.

SEMANA 24 2022

- Hacer ajustes a la redacción y contenidos del 4o. capítulo.

SEMANA 25 2022

- Hacer ajustes a la redacción y contenidos del 4o. capítulo.

SEMANA 26 2022

- Protocolo (presentar propuesta de proyecto con argumentaciones).
- Respuesta favorable de protocolo.
- Investigar, desarrollar la redacción y contenidos del 5o. capítulo.

SEMANA 27 2022

- Investigar, desarrollar la redacción y contenidos del 5o. capítulo.
- Revisar la redacción y contenidos del 5o. capítulo.
- Hacer ajustes a la redacción y contenidos del 5o. capítulo.
- Agendar fecha para Coloquio.

SEMANA 28 2022

- Vacaciones.

SEMANA 29 2022

- Vacaciones.

SEMANA 30 2022

- Vacaciones.

SEMANA 32 2022

- Coloquio (presentar tema de defensa de tesis).

SEMANA 33 2022

- Respuesta de Protocolo.
- Recibir autorización para impresión de tesis.

SEMANA 34 2022

- Impresión de Tesis.

SEMANA 35 2022

- Impresión de Tesis.

SEMANA 36 2022

- Impresión de Tesis.

SEMANA 37 2022

- Recibir fecha de defensa de tesis.

SEMANA 38 2022

- Defensa de Tesis.

CAPÍTULO II

ANTECEDENTES DE LA CALIDAD.

La calidad es un término subjetivo el cual está relacionado con la percepción de cada consumidor o cliente para comparar un producto con otro que sean de la misma índole (Ishikawa, 2003). Es decir, está definido por la capacidad que posee un objeto para que satisfaga las necesidades implícitas o explícitas que sean estipuladas por los acreedores a dichos productos (Pulido & De la Vara Salazar, 2009). Es el hecho de desarrollar, diseñar, manufacturar y mantener un producto que cuente con los mejores estándares de calidad, que sea útil y que represente el costo por el cual el cliente puede adquirirlo resultando satisfactorio para él.

Para poder obtener los resultados más elevados de la calidad en el producto, es de vital ayuda y básico para la obtención de los mejores indicadores de calidad la aplicación de metodologías que ayuden a mejorar los procesos de las empresas. Kaoru Ishikawa, uno de los gurús de la calidad, fue quien realizó un gran aporte a estas aplicaciones reuniendo las que hoy son conocidas como las siete herramientas de la calidad (Chang & Niedzwiecki, 1999), que son aplicadas en los sistemas de gestión para dar soporte en la mejora de los servicios y procesos. La finalidad principal de las herramientas de calidad es definir, medir, analizar, y proponer soluciones a los problemas que interfieren en el rendimiento y resultado de los productos finales de las empresas (Calidad Total, 2022). Con base en hechos y datos, ayudan a establecer o implementar métodos elaborados que aumenten la tasa de éxito de los nuevos proyectos. Un sistema de gestión de calidad es un acercamiento hacia el manejo de los procesos y actividades de una empresa, tiene como objetivo asegurar la lealtad de los clientes mediante su satisfacción consistente, con productos y servicios que cumplen con sus expectativas.

Las siete herramientas de calidad son las que se mencionan a continuación:

1. Diagrama de flujo.
2. Diagrama de causa – efecto, también conocido como diagrama de pez o diagrama de Ishikawa.
3. Listas de verificación.
4. Histogramas.
5. Diagrama de Pareto.
6. Diagrama de dispersión.
7. Gráficos de control.

Las herramientas de calidad que fueron utilizadas en la implementación de los grupos multidisciplinarios de trabajo se describen a continuación.

DIAGRAMA DE FLUJO.

Como primera herramienta de calidad que se menciona, es una representación gráfica (*Ver ilustración 1*) de un proceso o algoritmo en el cual se plasma con ayuda de símbolos específicos para cada una de las etapas, decisiones, documentos, esperas, inspecciones, etc., que están enlazados por medio de flechas indicado el sentido del flujo. Al realizar la representación como antes se ha mencionado, da pauta a que el analista evalúe y visualice ciertas actividades o acciones que causen problemas o cuellos de botella y entorpezcan la corriente de las actividades. Esta herramienta permite identificar el mejor camino que el producto o servicio final recorrerá durante su proceso.

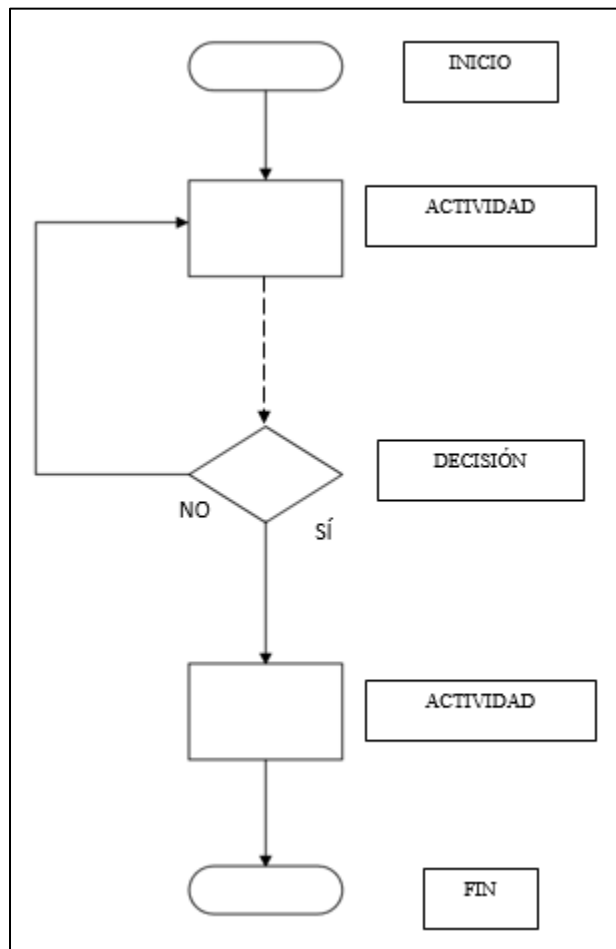


Ilustración 1

Para la realización del diagrama de flujo, se debe tener en cuenta, que existe una simbología como la de la ilustración 1, dicha connotación es útil para identificar sobre a qué hace referencia la actividad a desarrollar. Es decir, determina cuándo es el inicio o final del proceso a realizar, la actividad a desarrollar, de igual forma, si se cumple o no una tarea. Existe otro tipo de ayuda simbólica para la elaboración de los diagramas los cuales están sujetos a la complejidad de éste.

DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO.

Es natural que en los procesos de manufactura influya una variación por diversos factores del proceso productivo, como pueden ser: materiales, mano de obra, equipo y/o herramental, etc. Lo que provoca esta variación de forma excesiva es que se va a ver reflejado en el producto final defectos y problemas de calidad. Por ello, es requerido una herramienta que permita analizar de forma sistematizada las posibles causas que están generando esta variación excesiva considerando de forma paralela los factores que influyen.

El diagrama de causa y efecto también es conocido como Diagrama de Ishikawa debido a que el Dr. Kaoru Ishikawa (Ishikawa, 2003) desarrolló dicha herramienta para explicar a ingenieros de una fábrica de acero la forma de clasificar y vincular entre sí diversos factores.

El diagrama de causa - efecto se considera como una herramienta analítica (Clockwork, 2022) que permite encontrar las posibles causas que generan una problemática a través de un análisis sistemático exhaustivo de los factores que pueden influir para causar un efecto o un problema. Otra forma con la que se conoce dicho diagrama es diagrama de pez (*Ver ilustración 2*).

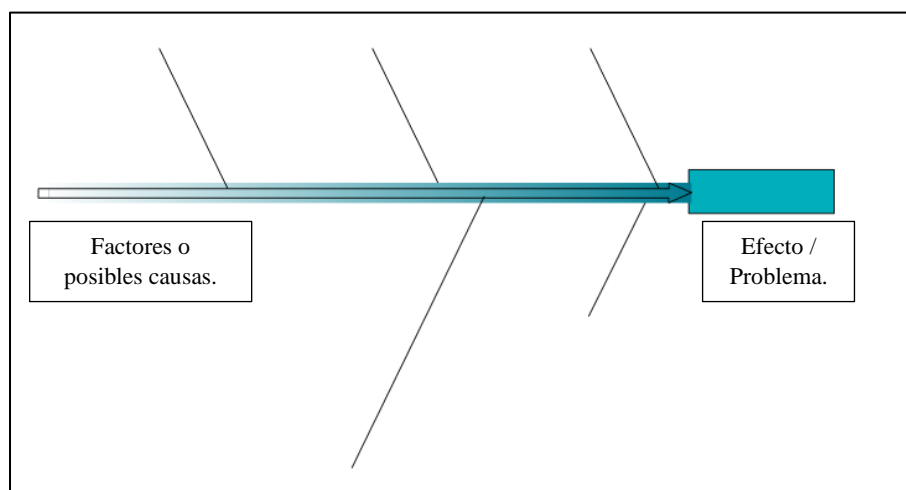


Ilustración 2

El funcionamiento del diagrama de Ishikawa es que, de acuerdo con las aportaciones de los participantes en la lluvia de ideas sobre las causas que pueden producir los efectos, se van registrando en el diagrama. Cuando se terminan las aportaciones que se compartieron, se reordenan las causas teniendo en cuenta una jerarquía y se eliminan las ideas repetidas.

En el análisis de un proceso industrial, es frecuente realizar el diagrama de Ishikawa clasificando las causas según las 5 “M” (Clockwork, 2022):

- Máquina (Machine), causas relacionadas con la maquinaria.
- Materia prima (Material), causas relacionadas con el material.

- Método de trabajo (Method), causas relacionadas con la forma de realizar el trabajo, la instrucción de trabajo, realización de secuencias, etc.
- Mano de obra (Men), causas relacionadas con el operario.
- Medio ambiente (Environment), causas relacionadas con el medio ambiente, cambios de temperatura, humedad, etc.

LISTAS DE VERIFICACIÓN.

Es una herramienta que sirve para registrar, analizar y procesar las actividades que se realizan de acuerdo con un proceso rutinario establecido.

Existen condiciones para que esta herramienta de calidad pueda ser aplicada de forma eficiente. Es necesario elaborar la lista de verificación de acuerdo con la finalidad de uso que se le dará, debe ser lo más sencilla posible y los puntos de verificación deben ser estudiados constantemente. A su vez, el método de verificación debe ser reglamentado, los puntos de verificación deben coincidir con el orden en el que se realiza la operación (Clockwork, 2022). Se debe contar con la claridad en la secuencia de datos para que se realicen en tiempo y forma, se deben tomar las medidas y contramedidas oportunamente para poder alcanzar la finalidad de la implementación de la herramienta. Por último, la lista de verificación debe ser diseñada de cierta forma que puedan realizarse con facilidad las acciones correctivas pertinentes si es que llegase a presentarse un evento fortuito.

Las principales características de las listas de verificación son que, si se han encontrado puntos de falla durante la operación (*Ver tabla 1*), se deben tomar acciones de forma inmediata y realizar de nuevo otra verificación para asegurar que el proceso esté en orden. Con esto, se evitan los errores en el trabajo y conforme el avance del proceso, verificar si las tareas se van realizando conforme al plan establecido. A continuación, se presenta un ejemplo de su aplicación.

Tipo de defecto	Repetitividad de la incidencia.			Total
	0-5	6-10	11-15	
Falta botonera.	HHH			5
Rayón en tablero.	III			3
Desconexión de arnés.	II			2
Faltante de fusible.	I			1
Faro sin función.	HHH	II		7
Fuga de líquido en el sistema limpia parabrisas.	HHH	HHH	III	13

Tabla 1

HISTOGRAMAS.

Es una herramienta estadística la cual permite analizar la variación que existe de acuerdo con el comportamiento que presentan una previa colección de datos, dicha información está relacionada con un problema en particular que se presente o desee analizar (Clockwork, 2022). Con ayuda de los histogramas, se puede agrupar y organizar los datos de tal manera que puedan ser perceptibles los resultados obtenidos del análisis, como consecuencia, obtener conclusiones y actuar de forma inmediata con acciones correctivas de forma objetiva y acertada.

Los histogramas también son de apoyo para identificar y poder estudiar el comportamiento de un proceso. El realizar este procedimiento nos facilita realizar comparaciones con normas o procesos estandarizados que nos permita realizar un juicio sobre si se está cumpliendo con el estándar que se tomó como base, si fuera el caso contrario que no se cumple, tener una respuesta inmediata sobre qué realizar o qué modificaciones llevar a cabo para poder cumplir con los objetivos.

El histograma se va a representar como una gráfica de barras que muestra la frecuencia con la que se han suscitado una serie de datos, así como la distribución con la que se han presentado. Se logra a partir de agrupar los eventos en intervalos definidos y evaluar la cantidad de eventos que se presentan en dichos intervalos. Con base en lo antes mencionado, se puede conocer y analizar desde el punto de vista de un histograma los siguientes puntos:

- Comportamiento global y promedio de los datos.
- Magnitud de la variación de los datos y comportamiento con respecto al proceso estandarizado.

Para la elaboración de un histograma se deben contemplar cuatro fases principales:

1. Colección de datos.
2. Elaboración de una tabla de conteo y frecuencias.
3. Construcción del histograma de frecuencias.
4. Interpretación.

Colección de datos.

Obtención de datos.

Es necesario conocer dos conceptos los cuales serán base fundamental para realizar el análisis del comportamiento de un proceso o fenómeno a través de una muestra. **La población** es un conjunto de datos de un evento determinado, **la muestra** es un conjunto de datos de tamaño “n” tomados al azar de una población.

Cuando se realiza el análisis de las muestras, se tratará de interpretar el comportamiento de la población total, es por ello que, se requiere que las muestras sean representativas y tomadas al azar, que cumplan con las mismas características generales de la población y se deben

obtener sin ser previamente elegidas. La muestra debe ser entre un 10% y 20% del tamaño total de la población para que pueda cumplir con los criterios antes contemplados.

Obtención del rango.

Se define como la diferencia entre el dato con el valor más grande (L) y el dato con el valor menor (S).

Existe una fórmula (*Ver fórmula 1*) que nos ayudará para la obtención del valor del rango (R) con el que se va a trabajar en el análisis.

$$R = L - S \quad \dots \quad \text{Fórmula 1}$$

Selección de número de intervalos necesario para agrupar los datos y organizarlos de forma estructurada.

Para que la selección de intervalos sea arbitraria, debe cumplir con ciertas características ya que, dependiendo de la cantidad de éstos, el análisis puede aumentar su complejidad cuando se requieran obtener las conclusiones necesarias.

Dicho lo anterior, se recomienda que el número mínimo de intervalos sea de 5 y el número máximo 15. Lo anterior se debe a que, si se seleccionan menos de 5 intervalos, los datos quedan tan agrupados que no se puede percibir con claridad la variación de estos eventos, en el caso contrario de que sean más de 15 intervalos, la dispersión de los datos será tal que no se podrá obtener información válida.

Como una guía para esta actividad, se hace uso de una operación matemática (*Ver fórmula 2*) la cual nos indica la selección del número de intervalos que puede utilizarse.

$$\text{Número de intervalos} = K = \sqrt{n} \quad \dots \quad \text{Fórmula 2}$$

Donde n = tamaño de la muestra.

Calcular el valor de cada intervalo.

Para obtener el valor de cada intervalo, se requiere de una fórmula (*Ver fórmula 3*) la cual nos indicará el valor entero que se tomará como referencia en la conformación del diagrama.

$$\text{Valor de intervalo (H)} = \text{Rango (R)} / \text{Número de intervalos (K)} \quad \dots \quad \text{Fórmula 3}$$

Obtener el límite de cada intervalo.

El cálculo de este límite es necesario debido a que pueden surgir confusiones cuando se presenten diversos valores como números enteros, decimales, etc.

Existe una operación matemática (*Ver fórmula 4*) la cual ayuda para la obtención de dicho valor, está dada por la siguiente fórmula.

$$\text{Límite inferior (LI)} = \text{Valor mínimo} - (\text{Unidad mínima de medición}) / 2 \quad \dots \quad \text{Fórmula 4}$$

La unidad mínima de medición esta estandarizada como se menciona a continuación:

- 1.0 ... Si se manejan datos con valores enteros.
- 0.1 ... Si se manejan datos con decimales.
- 0.01 ... Si se manejan datos con centésimos
- 0.001 ... Si se manejan datos con milésimas.

Obtener el valor central de cada intervalo (marca de clase), con objeto de tener una idea precisa de qué datos se encuentran dentro de cada intervalo y cuál es su valor central.

Para obtener el valor central o marca de clase, es necesario implementar la siguiente fórmula (*Ver fórmula 5*):

$$\text{Marca de clase} = (\Sigma \text{ Límites}) / 2 \quad \dots \quad \text{Fórmula 5}$$

Elaboración de una tabla de conteo.

En este apartado, se realiza una tabla (*Ver tabla 2*) que mostrará de forma más sencilla y útil la información para comprender el comportamiento del proceso.

Marca de clase.	Límites de los intervalos.	Tablas de conteo.	Frecuencia
Punto medio de cada intervalo.	Límite inferior – Límite superior.	Datos incluidos de cada intervalo expresados por rayas: I II III II I	Resumen de la tabla de conteo, contiene suma de datos comprendidos en cada intervalo: 1 2 3 2 1

Tabla 2

Construcción del histograma de frecuencias.

Para tener una representación de forma ilustrativa y fácil de interpretar, se comienza a agrupar y organizar los datos previamente obtenidos. Son cuatro los pasos para generar el histograma.

1. Se trazan el eje vertical donde se ubican las frecuencias, y horizontal, que representa los intervalos.
2. En cada intervalo que se marca, se indican los límites previamente calculados.
3. La representación gráfica comúnmente es dada por un gráfico de barras, con la altura se indica la frecuencia y la base es el intervalo.
4. Como parte de identificación del gráfico, es necesario anotar datos generales del histograma, quién elaboró, fecha, nombre del proceso, tamaño de la muestra, etc.

Interpretación del histograma de frecuencias.

Para realizar la interpretación correcta de la variación de un proceso, es necesario que se defina el polígono de frecuencias. El polígono de frecuencia es una curva que se obtiene al unir con una línea los puntos medios o extremos superiores de cada barra consecutiva del histograma, esto ayuda a tener una visión clara sobre la distribución de frecuencias del fenómeno que se está analizando.

Existen situaciones en que el histograma puede presentarse de forma inusual, para los casos que a continuación se mencionan, existe de forma homologada el posible motivo que está dando como resultado ese comportamiento del gráfico.

El primer caso, cuando se presenta el gráfico en forma de *islote solidario*. Esto puede ser generado cuando existe una gran variación en el proceso, cuando existe variación en el material que se está usando, cuando al realizar un muestreo se mezclan datos de dos procesos distintos o por si se llevó a cabo un ajuste erróneo en el proceso. El segundo caso, denominado *forma de dos montañas*, puede presentarse cuando se están tomando datos de productos o de procesos diferentes, ejemplo de esto pueden ser máquinas distintas que realizan la misma operación, de forma similar puede suscitarse por tomar diferentes lotes de materia prima dentro de un solo proceso. Para el cuarto lugar, se tiene el gráfico de *forma desdentada*, la cual puede dar a interpretar que hay un desajuste en el método de medición, como puede ser el caso de la aproximación de lecturas con números no enteros. Otra posible causa de contar con un gráfico de esta tendencia es que resulte por un muestreo inadecuado, una muestra reducida. El cuarto modo de histograma con tendencia inusual es cuando se presenta en *forma de precipicio*. Se origina porque en el proceso o lote muestreado, han sido previamente eliminados los productos que no cuentan con las especificaciones requeridas, también puede reflejarse cuando el lote tomado como muestra ha sido valorado al cien por ciento y se han seleccionado las piezas.

Otra forma de interpretar el histograma de frecuencias puede ser por medio del cálculo de la media o promedio. Es un valor que va a tener la función de referencia para que a partir de

ese punto se mida la variación de un proceso. La ubicación de la media está dada en el centro del histograma y es dividido en dos. Con la división realizada, se puede medir la variación que existe hacia la parte superior y hacia la parte inferior del promedio. Para obtener la media o promedio matemático, es el resultante de dividir la suma de los datos entre la cantidad de datos de la muestra.

DIAGRAMA DE DISPERSIÓN.

La aplicación principal de los diagramas de dispersión es encontrar y determinar las relaciones entre dos conjuntos de datos asociados cuya implementación, ayuda a estudiar la relación entre dos factores o causas relacionadas con la calidad, dos problemas de calidad o un problema de calidad y poder determinar la posible causa raíz.

El procedimiento para poder realizar un diagrama de dispersión es, en primera instancia, contar con una colección de datos en forma de pares (x,y) los cuales, la relación que exista entre ellos será el objeto de estudio. Para poder tener una apreciación visual sobre el resultado que se obtenga, es necesario contar con mínimo 30 pares de datos aproximadamente.

A continuación, se presenta un ejemplo de la aplicación de un diagrama de dispersión: se trazan los ejes x, y. Se determinan los valores mínimo y máximo con la finalidad de plantear la escala de los ejes horizontal (x) y vertical (y). La colección de datos que se va a estudiar (*Ver tabla 3*) tiene que ser plasmada en el plano antes trazado. Se analiza el comportamiento de los puntos identificados en el plano para poder determinar los tipos y las fuerzas de las relaciones. El diagrama de dispersión (*Ver ilustración 3*) puede representar tres comportamientos o relaciones resultantes entre dos tipos de acciones, una relación de causa y efecto, una relación entre causa y otra o una relación entre una casusa y dos o más causas.

Número de muestra.	Nueva materia prima (%). (x)	Producto no conforme. (y)
1	1	10
2	2	5
3	1.5	7
4	1.5	6
5	3	2
6	4	1
7	1.6	8
8	2.6	3
9	3.5	2
10	4.6	1
11	5	1
12	0.5	15
13	4.3	1
14	3.2	3
15	5.1	1
16	2.5	3
17	1.8	7
18	2.1	6
19	3.9	3
20	1.2	9
21	2.4	4
22	4.3	1
23	3.5	3
24	2.7	2
25	0.5	16
26	0.8	14
27	1.2	9
28	3.6	2
29	5.3	1
30	1	11

Tabla 3

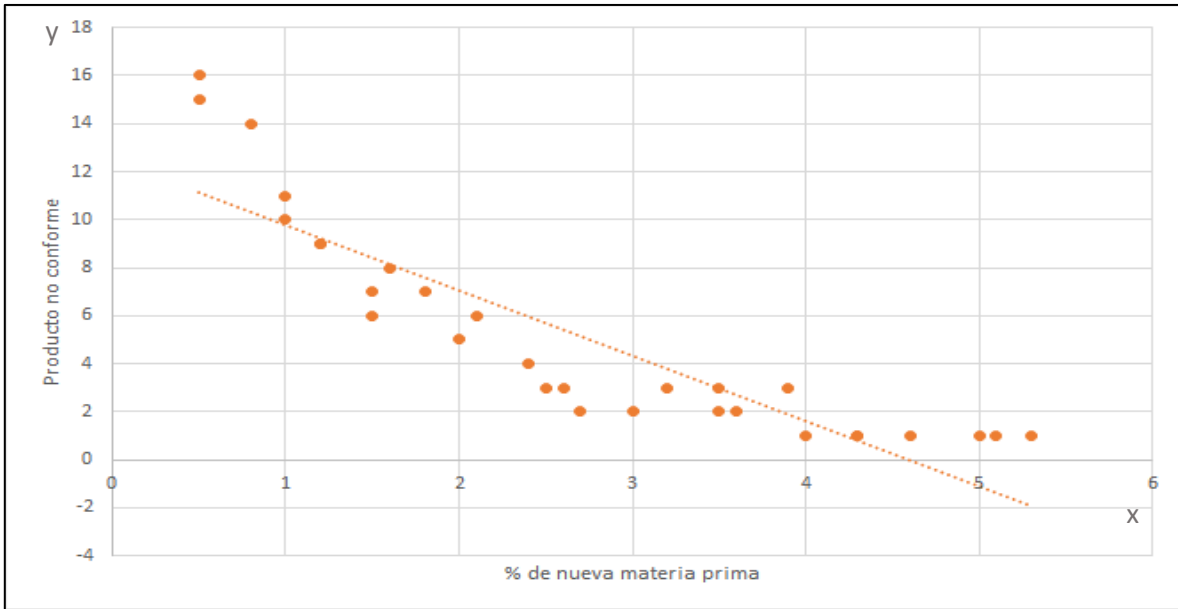


Ilustración 3

Con base en el diagrama de dispersión de la ilustración 3, se puede referir que existe una correlación negativa. A medida que se tiene un aumento del porcentaje de la materia prima, se tiene una menor cantidad de productos no conformes o que presentan una desviación en el proceso de producción.

En situaciones de índole similar, los diagramas de dispersión con ayuda de otras herramientas de calidad son de gran soporte para la toma de decisiones o para planes de acción inmediatos respecto al nivel productivo. Con apoyo de la ilustración 3, se puede concluir que, en este caso particular, la empresa puede plantearse la introducción de una nueva materia prima.

GRÁFICOS DE CONTROL.

Cuando se habla de un gráfico de control, se hace mención a una herramienta que se utiliza para identificar las variaciones que tiene un proceso las cuales son causas asignables o especiales (Municio, 2002). Dichas causas asignables o especiales establecen que es requerido identificar, realizar una investigación y poner en orden los factores que afectan al proceso.

La construcción de gráficos de control se basa en la estadística matemática, ya que emplean datos de operación para establecer los límites en los cuales, se pronostica realizar observaciones dentro de dicha tolerancia. Existen dos tipos de causas las cuales son necesarias conocer para identificar de qué forma están afectando al proceso. Las causas asignables, también conocidas como causas especiales de variación, son factores que, de forma general, se presentan en una gran cantidad de veces y son de relativa importancia. Dichas causas se pueden detectar e identificar como causantes de un cambio en una característica de la calidad o nivel de proceso. Por otro lado, se encuentran las causas aleatorias, también denominadas causas comunes de variación, que son factores

generalmente numerosos, de poca relevancia que contribuyen a la variación y no han sido necesariamente identificados.

La implementación de gráficos de control tiene como propósito realizar un diagnóstico, el cual ayuda en la evaluación de la estabilidad de un proceso como lo es el control, que determina cuando es requerido realizar un ajuste al proceso y cuando debe dejarse tal cual se está trabajando para continuar con los resultados que se tienen, la confirmación que sirve para validar la mejora de un proceso.

El gráfico de control por variables hace uso de estadísticas obtenidas a partir de datos como pueden ser: la longitud o grosor de un elemento. Con ayuda de este tipo de gráficos es posible medir la característica de calidad a estudiar. En casos como estos, es pertinente describir la característica de calidad mediante una media de tendencia central y una media de su variabilidad. Este tipo de gráficos son más sensibles a comparación del tipo de gráfico por atributos, por lo que son capaces de avisar o proyectar posibles problemas de calidad incluso antes de que éstos sean relevantes en el proceso.

Los gráficos de control por atributos se basan en frecuencias como puede ser la cantidad de piezas defectuosas. Para este tipo de gráfico, el control del proceso es determinado por una inspección del producto, es decir, si el producto es o no es defectuoso, con base en las especificaciones que se estipulan en los controles de la calidad del producto. La ventaja de los gráficos de control por atributos es que sintetizan de forma rápida toda la información referida a diversos aspectos de calidad de un producto ya que permiten clasificarlo como aceptable o no aceptable. Otra ventaja con la que cuentan es que no necesitan de sistemas de medición muy complejos y son comprensibles para personas que no se encuentran familiarizadas con el tema.

Para determinar si un proceso se encuentra bajo control, en orden y asegurando la calidad del producto, como ejemplo de un gráfico de control representativo (*Ver ilustración 4*) debe apreciarse con un comportamiento armónico, que no exceda las cotas o límites inferior (LCL) y superior (UCL) y que no cuente con tendencias.

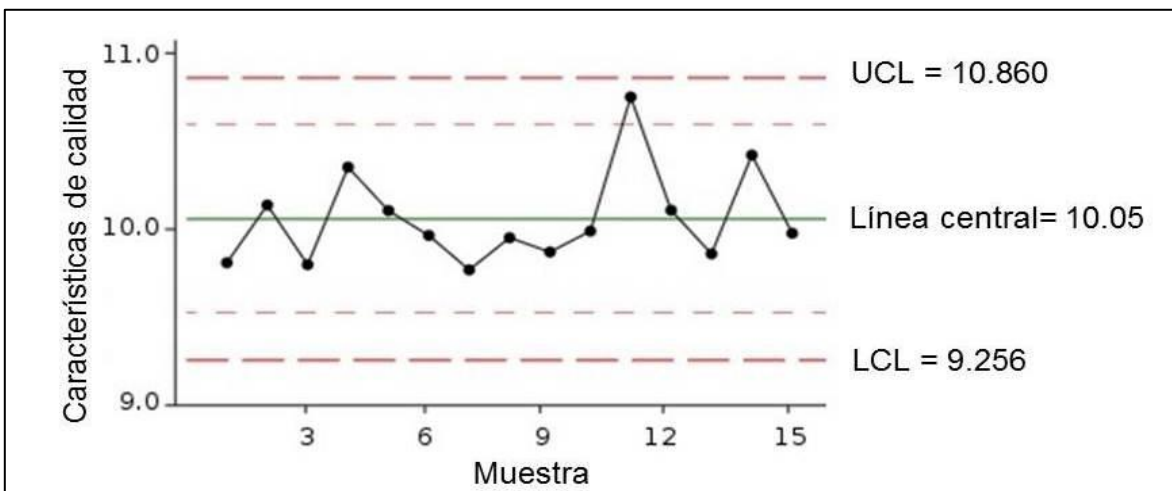


Ilustración 4

CAPÍTULO III

BENEFICIOS DE LA EVALUACIÓN DE LA PRUEBA DE HERMETICIDAD.

La necesidad de realizar una evaluación detallada al vehículo completamente armado surgió a partir de la cantidad de autos desviados a lo largo del proceso de producción, así como en las reclamaciones que se fueron realizando por parte de los consumidores en los mercados automotrices. Con el paso de los años, la cantidad de desvíos resultantes de la prueba de hermeticidad ha ido en incremento, las fallas que se obtenían como las reclamaciones de los consumidores tenían en común que se presentaban después de que el producto contaba con cierto tiempo de uso, en condiciones extremas que pueden presentarse en la vida cotidiana pero no se contemplaba una instrucción la cual aportara actividades al proceso del vehículo y con ello lograrán una disminución significativa en las incidencias que se presentaran.

En el tema particular de la hermeticidad del vehículo completamente armado, toma un rol significativo tanto en el desarrollo productivo del auto, como en el momento que un cliente hace de su bien un automóvil para su uso. El evaluar los puntos críticos donde un auto puede presentar un mal funcionamiento, previene que se desencadenen diversos modos de falla que afectan la calidad del vehículo. Cuando un auto presenta un modo de falla derivado de la hermeticidad, pueden exponerse diversas afectaciones como:

- Mal olor de las alfombras.
- Propagación de hongos en alfombras y/o bajo alfombras.
- Estancamiento de agua en zonas no visibles o humedad en el habitáculo.
- Repercusión en los materiales del revestimiento, asientos, alfombras o bajo alfombras.
- Contribución a la oxidación o corrosión en partes metálicas de la carrocería.

ANÁLISIS VIRTUAL.

Una de las estrategias de uso planificado de las tecnologías consiste en la aplicación y manejo de entornos virtuales de aprendizaje. Son espacios de trabajo que integran diversas herramientas a través de una computadora y red de internet, lo que da pauta a generar un aprendizaje en un ambiente pedagógico y metodológico a través de los procesos.

En la implementación del proyecto de trabajo, un equipo especializado lleva a cabo una evaluación del diseño a conformar por la empresa armadora de autos. La evaluación realizada consta de tres instrucciones de trabajo en las cuales se hará énfasis para poder realizar toma

de decisiones sobre el armado del vehículo final, cambios relacionados a la estructura de la carrocería del vehículo, identificar potenciales de riesgo para el producto completamente fabricado, etc.

Se realiza una *inspección para poder identificar aquellas áreas de oportunidad* dentro de la construcción. Dicha actividad consta en determinar y aplicar al análisis virtual los puntos donde es requerido realizar perforaciones a la estructura que será de ayuda para reducir vibraciones, ruidos, esfuerzos, barrenos que son de ayuda para drenar el agua de la carrocería ya que cuando el producto está terminado, cuenta con zonas húmedas las cuales deben liberar la mayor cantidad de agua acumulada en las zonas. También, se establecen las uniones de las láminas, proceso conocido como engargolado, de las diversas partes que conforman la carrocería según el modelo. Se debe realizar énfasis en el análisis de los engargolados ya que pueden presentar una condición de apertura entre láminas, esto debe estudiarse si tendrá un efecto de forma negativa en la conformación del vehículo, si no tendrá como resultado desvíos a retrabajos por fallas que puedan ser generadas derivado al proceso de engargolado.

Una vez detectados los huecos constructivos por parte de los especialistas encargados del análisis virtual, se lleva a cabo un estudio sobre piezas individuales que puedan presentar desvíos en el proceso, es decir, se valida cada parte que conforma la carrocería del automóvil para delimitar qué zonas pueden ser potenciales de riesgo para el producto terminado.

Con base en la validación y las lecciones aprendidas que se han tenido en modelos que ya fueron fabricados con anterioridad, se toman como referencia para poder llevar a cabo *cambios en las dimensiones* como son: geometrías, grosores, tolerancias, etc., y de forma paralela, la aplicación de cera para evitar corrosiones, sellos estructurales para evitar vibraciones, sellos de PVC para garantizar la hermeticidad, espuma para la reducción de ruidos y vibraciones en los espacios resultantes de la estructura de la carrocería.

Las conclusiones obtenidas de los análisis realizados *se presentan en el gremio de grupos multidisciplinarios de trabajo*, estos grupos están conformados por las diversas áreas encargadas de liderar y acompañar el arranque de nuevos proyectos (*Ver ilustración 5*).

El objetivo es realizar aportaciones y retroalimentaciones por parte de todos los miembros representantes de cada área soporte para establecer y definir de carácter formal todas las modificaciones que ayudarán a que el producto final cuente con el mayor estándar de calidad a nivel estructural. Se confirman los potenciales de riesgo y se procede a la manufactura de la carrocería.

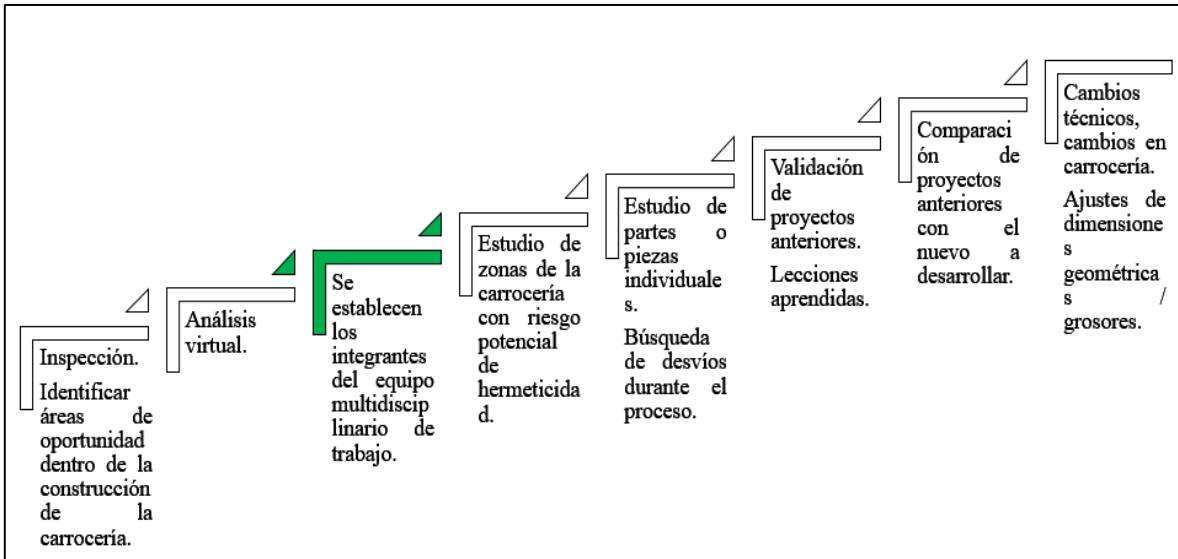


Ilustración 5

EVALUACIONES PROTOTIPO.

Cuando se realiza el armado de una pieza o estructura de la carrocería en un entorno virtual, es necesario que cuando se realice dicha parte de forma física se efectúe o se comparen todos los puntos que se calcularon, delimitaron y establecieron de forma teórica y resultaron de forma real (*Ver tabla 4*). Se lleva a cabo la medición física de forma puntual de todos los huecos constructivos que se plantearon con anterioridad en el análisis virtual (*Ver ilustración 6*) para verificar que se cumplan las tolerancias y requerimientos estipulados por el equipo multidisciplinario de trabajo. En el caso particular de la prueba de hermeticidad, es necesario iniciar con el análisis comparativo entre las especificaciones técnicas y las mediciones reales (*Ver ilustración 7*), para confirmar los gaps que se tienen como resultado del conformado de la estructura.

Con ayuda de las herramientas de calidad, en el caso de las listas de verificación, se realizan comparaciones entre los resultados obtenidos de forma física, los cuales se denominan *Resultado Es*, y los resultados del análisis virtual, denominados *Resultados Debe*. Se lleva a cabo por medio de una descripción de cada punto medido, el cual, es nombrado dependiendo de su ubicación en la carrocería. Se realiza la comparación de la medición obtenida físicamente contra la especificación técnica. Si el valor de la medición obtenida es igual o se encuentra dentro de las tolerancias de los datos técnicos del dibujo, se aprueba el punto medido. Por otra parte, si los puntos no cumplen con los valores de medición esperados o se encuentran fuera de tolerancia, se le da seguimiento a cada uno de ellos en el gremio de grupos multidisciplinarios de trabajo con la finalidad de determinar la causa del por qué no se pudo llevar la carrocería al nivel esperado.

Hallazgos de huecos constructivos.				
Posición.	Ubicación de hueco constructivo.	Debe (mm). Tolerancia ± 1.0	Es (mm).	Seguimiento.
1	Piso delantero izquierdo	1.4	3.5	Grupo multidisciplinario de trabajo.
2	Piso trasero derecho	1.9	4.6	Grupo multidisciplinario de trabajo.
3	Túnel	3.1	3.9/4.0	Grupo multidisciplinario de trabajo.
4	Poste A (ambos lados)	5.3	5.0/6.0	Grupo multidisciplinario de trabajo.
5	Cavidad de calaveras (ambos lados).	2.3	3.0/4.0	Grupo multidisciplinario de trabajo.
6	Piso compartimiento de equipaje (ambos lados).	0.4	3.0	Grupo multidisciplinario de trabajo.

Tabla 4

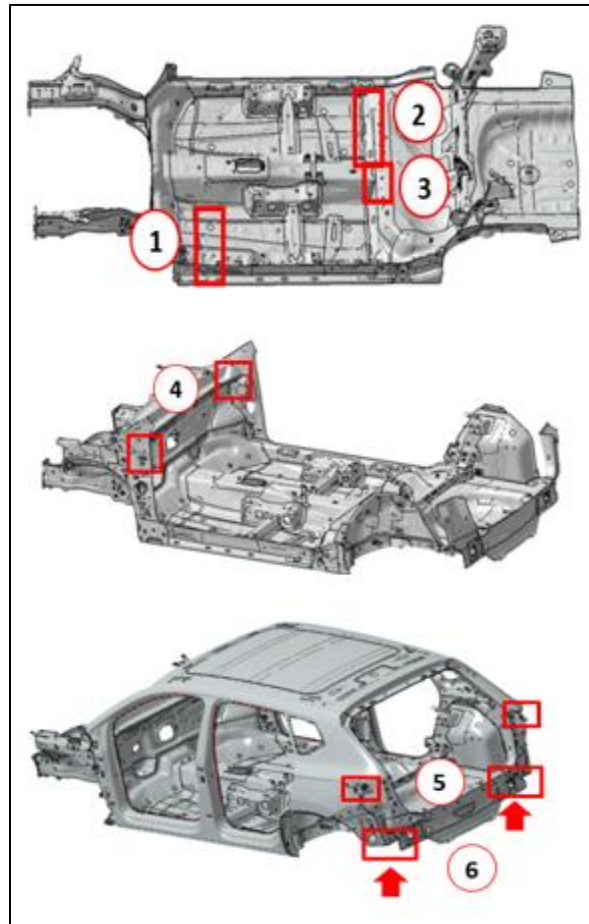


Ilustración 6

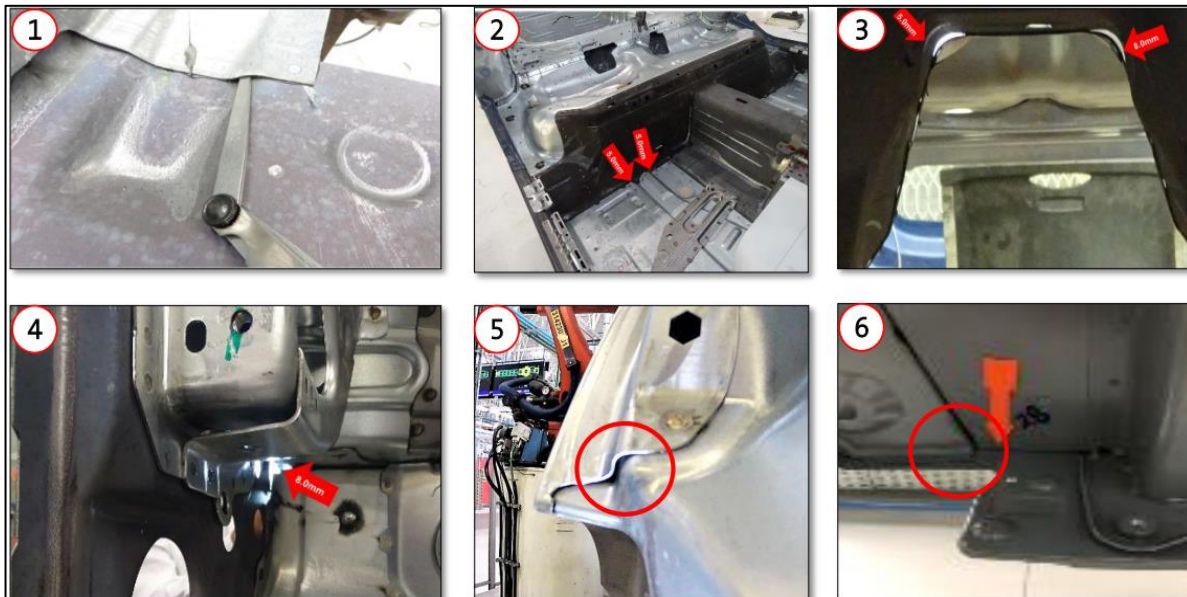


Ilustración 7

Para poder realizar correcciones y dar las soluciones para que el producto cuente con el mejor estándar de calidad, con la implementación de diagramas de Ishikawa (*Ver ilustración 8*), se analizan las posibles causas del por qué se tienen mediciones con valores que se encuentran fuera de parámetros, una vez que se detectan todas las variables que influyen en la conformación de la carrocería, se procede a trabajar de forma conjunta con las áreas de metrología y sala de medición para realizar los cambios necesarios en los diseños de los dibujos que beneficien el proceso de construcción de la carrocería y puedan obtenerse los resultados más exactos y se encuentren dentro de las tolerancias especificadas.

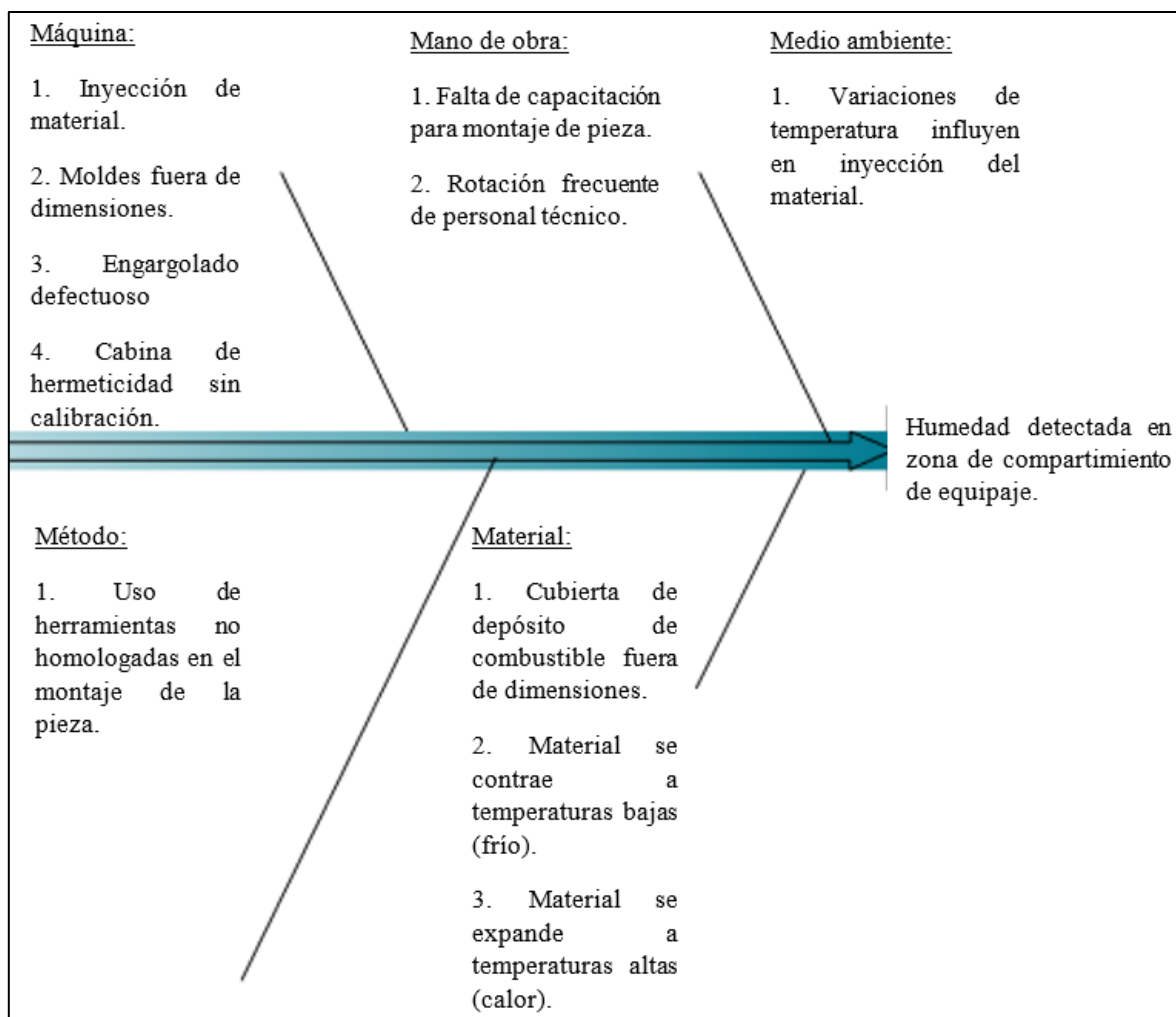


Ilustración 8

Una vez detectadas las variables que pueden ser factor para que no se cumpla con los requerimientos necesarios, se trabaja con las acciones correctivas para conseguir el punto óptimo en el engargolado de la carrocería.

Con la aplicación de la metodología de gráficos de control (*Ver ilustración 9*), se realiza un histórico el cuál es el estatus de los cambios técnicos realizados para los huecos constructivos, es decir, se realiza un análisis gráfico, el cual, en un lapso semanal, se da seguimiento de forma paralela con el gremio de equipos de trabajo multidisciplinario para observar cuáles han sido las aplicaciones, avances y resultados para concluir el punto de la hermeticidad de la carrocería. Como ayuda visual en este tipo de gráficos, se hace uso de un semáforo de colores, donde el verde indica los puntos que ya han sido corregidos con la aplicación de sus determinados cambios técnicos, el color amarillo aplica cuando se encuentra el estatus en validación de las propuestas de cambios o cuando no fue positivo el resultado obtenido de la implementación de la posible solución, para el color rojo, aplica el estatus cuando no se ha determinado una causa raíz del problema o no se han presentado posibles soluciones a la falla o se encuentran fuera de plazo de implementación.

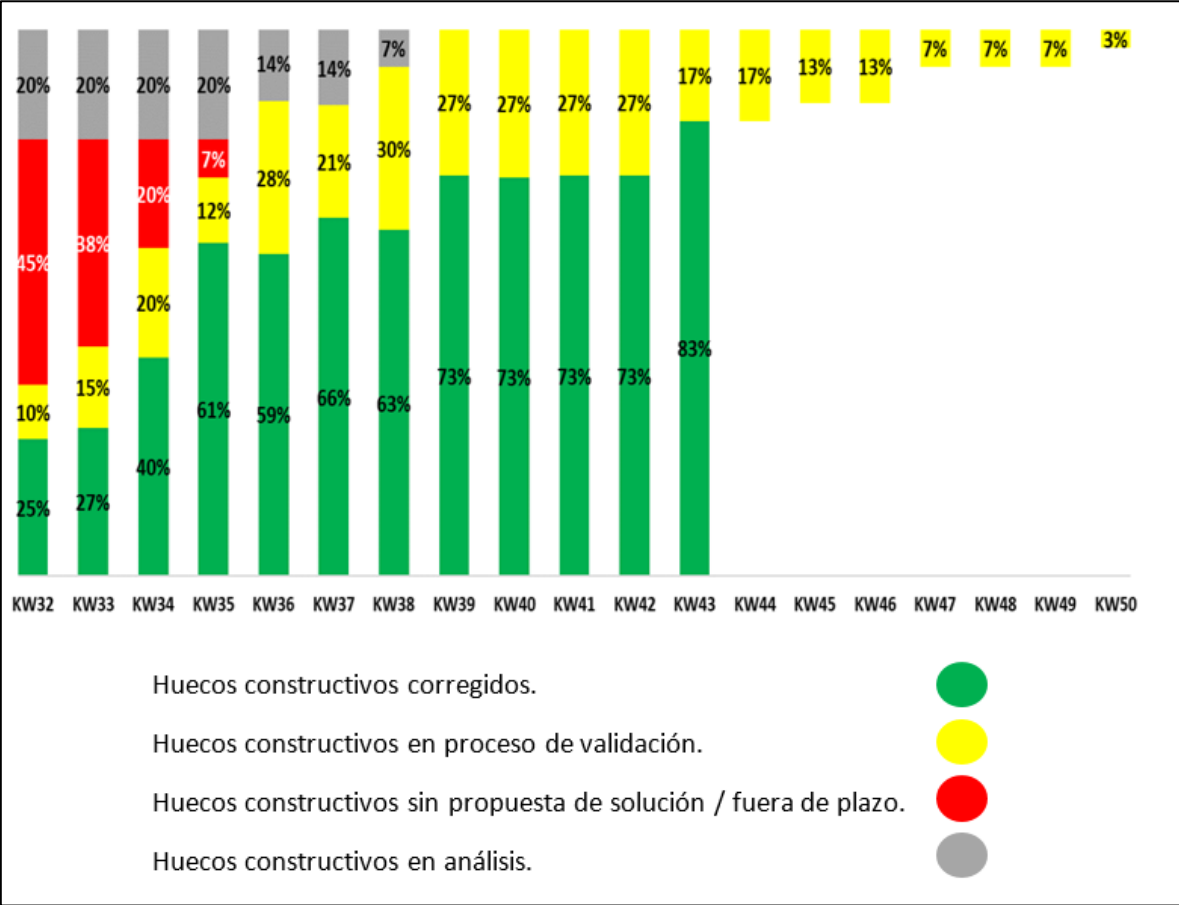


Ilustración 9

Existen metodologías de apoyo como lo son las hojas semáforo (*Ver ilustración 10*) que son de soporte para plasmar, por medio de un formato preestablecido, el estatus que se presenta de forma general donde se mencionan el/los responsables de la causa raíz del desvío que se haya presentado en la manufactura del vehículo completo.

Cabe mencionar que, de forma paralela, en la hoja semáforo se presentan las medidas de contención para asegurar la calidad del producto en lapsos de tiempo inmediato. También se presenta la medida de corrección definitiva la cual tendrá la finalidad de asegurar la calidad del producto al 100 % desde que se realice su construcción.

Para la implementación de las medidas correctivas, es necesario establecer los plazos para llevar a cabo las modificaciones o mejoras pertinentes, es por eso por lo que tiene que definirse dicha información en la redacción de la hoja problema, como ayuda visual y por como es conocido este método de trabajo, se representa la implementación de las acciones por medio de un semáforo de colores.

El color verde indica que las medidas han sido propuestas, liberadas e implementadas con resultados positivos que garantizan la calidad del automóvil.

El color amarillo indica que las medidas han sido propuestas y están en proceso de liberación o bien, no se tuvieron resultados positivos.

Para el semáforo color rojo, se define que las medidas no han sido propuestas por los responsables de la desviación del auto.



Pieza / Zona: Compartimiento de equipaje, costado izquierdo.		No de Parte:	Proveedor: ZF STG		
Responsable: Diana González / Rene Fernández		Indicador: PISTA DE PRUEBAS			
Problema: Entrada de agua en compartimiento de equipaje.	Estatus: 1	Falla: Crítica, permeabilidad en el producto.	Responsable	Plazo	Evaluación Status
Foto: 	Causa Raíz: Alisado en cejas de tapa trasera no realizado.		ZF	Semana 15 / 2022	
Actividades: - Revisión de material al 100 % en líneas de producción de pintura.	Medida de contención: <u>Garantizar la ejecución de la operación.</u> <u>Revisión de material 100% a nivel carrocería.</u> <u>Revisión de material 100% por exceso de material (suciedad).</u>				
	Medidas definitivas: <u>Garantizar la ejecución de la operación.</u> <u>Revisión de material 100% a nivel carrocería.</u> <u>Revisión de material 100% por exceso de material (suciedad).</u>		ZF- Diana González	Semana 15 / 2022	NOMENCLATURA: VERDE - OK AMARILLO - EN PROCESO ROJO - NOX

Ilustración 10

CAPÍTULO IV.

LA PRUEBA DE HERMETICIDAD COMO PRUEBA FUNCIONAL.

En el ámbito de las evaluaciones funcionales, se requieren como apoyo para garantizar la más alta calidad del producto. Se comprende por evaluación al proceso mediante el cual se propone obtener un juicio el cual pueda determinar la integridad de un producto final, de una actividad, de un proceso o de sus resultados (Castillo L. , 2022).

ANÁLISIS DE LISTADO DE FALLAS CON RESPONSABLES Y PLAZOS.

La necesidad de contar con un control y conteo de las incidencias que se presentaron a lo largo del desarrollo del proyecto de nuevos modelos de los vehículos para el mercado fue el punto de quiebre para que se implementaran mejoras a la par de la manufactura de los automóviles. Tal fue el caso en el que se asignaron las *listas de incidencias* que acompañaron a los vehículos que se desarrollaron en fases previas a la producción en serie. Dicho de otra forma, las listas que se mencionan son el historial de todas las modificaciones o desviaciones que el vehículo tenía a lo largo de su construcción (*Ver ilustración 11*).

Las listas tienen un rol importante ya que, con ellas, se relaciona directamente la calidad del vehículo, son temporales y dinámicas puesto que el grupo multidisciplinario va actualizando los datos en las mismas. El tener el registro de los cambios realizados tanto de forma estructural como en piezas de ensamble que conforman el vehículo, son de ayuda para tener un historial completo y poder enfocarse en los detalles que afectan los estándares de calidad.

Las listas de incidencias se estudian, analizan y se encuentran en constante actualización ya que se verán afectadas con la cantidad de evaluaciones funcionales que sea necesario realizar al vehículo. Las modificaciones que se encuentren en dichas listas contemplan desde el nivel estructural hasta el último nivel de producción del automóvil completo. Cuando ya se tienen precedentes de incidencias que afectan al vehículo, se realiza una verificación de forma puntual ya que es validado cada uno de los cambios que se han realizado, para confirmar su efectividad y se garantiza el decremento de autos desviados por retrabajos realizados.

Para la evaluación de hermeticidad, se hace énfasis en los cambios técnicos que se han realizado en el análisis virtual, en la estructura del automóvil, en las piezas que forman parte del auto completamente armado y para ello, se realizan evaluaciones funcionales de forma específica que dan la pauta para comprobar si los cambios realizados tuvieron un resultado positivo con base en lecciones aprendidas.

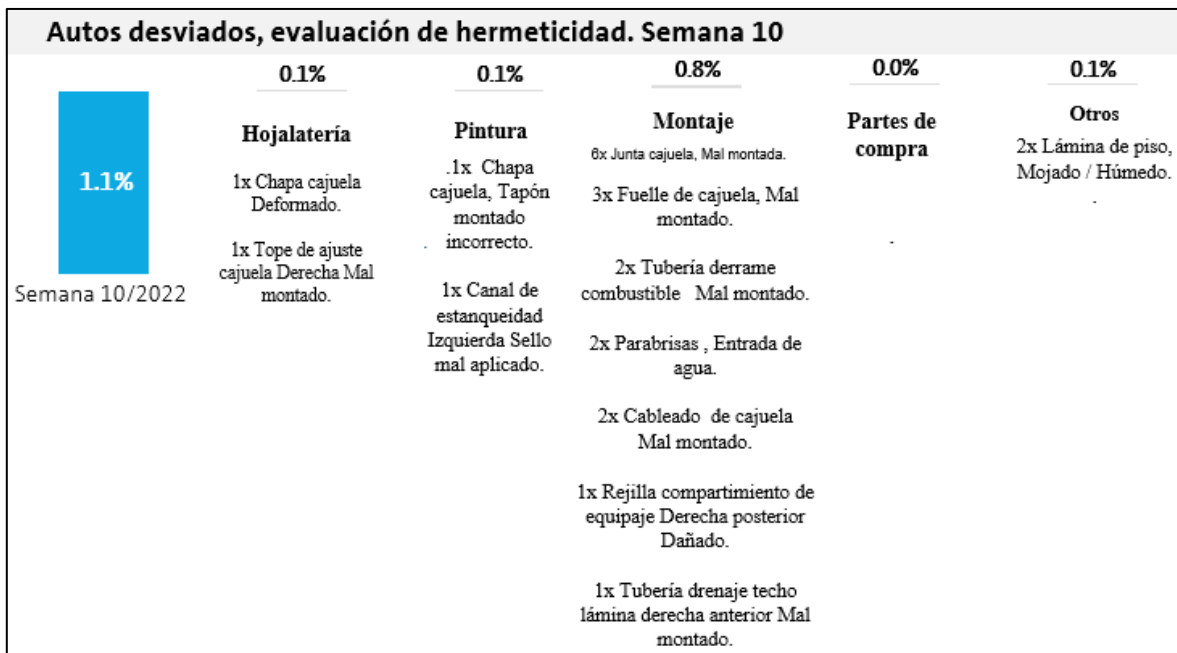


Ilustración 11

FALLAS CRÍTICAS, LECCIONES APRENDIDAS.

Con la finalidad de complementar y realizar un análisis el cual tenga como resultado todas las variables que pueden afectar de forma directa en la hermeticidad del automóvil, se realiza un listado de fallas críticas que se obtuvieron en el desarrollo de dos proyectos inmediatos anteriores, con la intención de realizar una comparativa de incidencias que se tienen con el nuevo proyecto que se desarrolla. Una vez realizada la comparación, se hace un estudio sobre cuáles son las incidencias que son repetitivas y aquellas que tienen una diferencia puntual.

De forma paralela, se realiza la implementación de cambios técnicos derivados ante los posibles riesgos que puedan ser presentados en la construcción del automóvil. En todo el desarrollo de la lista de fallas críticas con base a lecciones aprendidas, se dará seguimiento en los gremios correspondientes y con ello realizar las evaluaciones funcionales pertinentes para delimitar los posibles desvíos de autos que pudieran presentarse a lo largo del proceso en serie.

EVALUACIÓN DE AUTOS EN ETAPAS TEMPRANAS DEL PROYECTO, EN CABINAS DE SIMULACIÓN DE LLUVIA.

El objetivo de realizar una evaluación a los autos que son producidos en las etapas tempranas del proyecto es para tener un control sobre la producción en serie, previniendo desvíos en el proceso de construcción del vehículo que afecten tanto la calidad del producto como a los estándares de calidad que son referencia para el consorcio.

En el caso particular de la prueba de hermeticidad, es necesario conocer los requisitos mínimos para realizar una evaluación funcional de la estanqueidad de los vehículos en la producción en serie.

La hermeticidad, es la capacidad de bloquear infiltraciones no deseadas a un producto. Existe también el término estanqueidad el cual se define como el asegurar la ausencia de fugas en cualquier lugar donde intervengan fluidos a presiones iguales o distintas.

La evaluación que se realiza en la cabina de hermeticidad para la serie consta de cuatro requisitos mínimos para la comprobación de la estanqueidad de los vehículos. El método que a continuación será desarrollado, se aplica para las diversas fases del proyecto del nuevo modelo a manufacturar. Dependiendo de la fase en la que se encuentre el nuevo vehículo a evaluar y del área responsable de realizar la comprobación de estanqueidad, la prueba se realizará en distintas áreas de la empresa.

INICIO DEL PROCESO DE LA EVALUACIÓN DE LA PRUEBA DE HERMETICIDAD.

El primer requisito para la verificación de la hermeticidad del vehículo es **la preparación**. Se estudia la posibilidad de realizar la validación de estanqueidad del vehículo. Consta de garantizar que todas las ventanas, puertas y tapas del automóvil se encuentren en posición de cerrado. Se debe realizar una valoración de los principales puntos que generan desvíos de autos y que se han presentado en la actualidad. Como paso final en el proceso de preparación, es verificar que todas las piezas anexas de la carrocería deben encontrarse correctamente montadas para evitar posibles daños en el recorrido dentro de la cabina de hermeticidad.

El proceso de **rociar** es el segundo requerimiento necesario para la verificación de la estanqueidad en el automóvil. Consta de realizar la evaluación funcional de la hermeticidad del vehículo, ante una condición de lluvia simulada en la cabina de hermeticidad. La simulación de lluvia permite rociar el auto desde cuatro puntos específicos:

- Zona superior (techo).
- Zona de los laterales.
- Zona inferior.
- Zona de paso de las ruedas.

En los cuales se sitúan las toberas para poder realizar la prueba de forma uniforme y no existan variaciones que puedan alterar el resultado final de la hermeticidad. La evaluación que se realiza está homologada para los todos los modelos que se producen en la empresa y de forma similar, es la misma aplicación para evaluaciones que se realizan en autos prototipo cuya construcción está próxima a realizarse.

En términos de volumen, tiempo y superficie a evaluar, el requisito es llevar a cabo la prueba de cabina de hermeticidad a un volumen de 25 litros por minuto por metro cuadrado: $25 \text{ l / (min * m}^2\text{)}$ con referencia a la superficie por la cual el vehículo se encontrará en el recorrido

de las bandas. Los $25 \text{ l} / (\text{min} * \text{m}^2)$ deben ser aplicados por las toberas del techo y por las toberas que se encuentran en los laterales (Ver ilustración 12). La duración de la evaluación es un estándar de 6 minutos que es el resultado del cociente entre el tiempo de rociado y la velocidad con la que se transporta el vehículo del punto inicial del recorrido hasta el punto final.

Disposición de toberas que garantizan requisito mínimo de los $25 \text{ l} / (\text{min} * \text{m}^2)$ y el rociado uniforme.

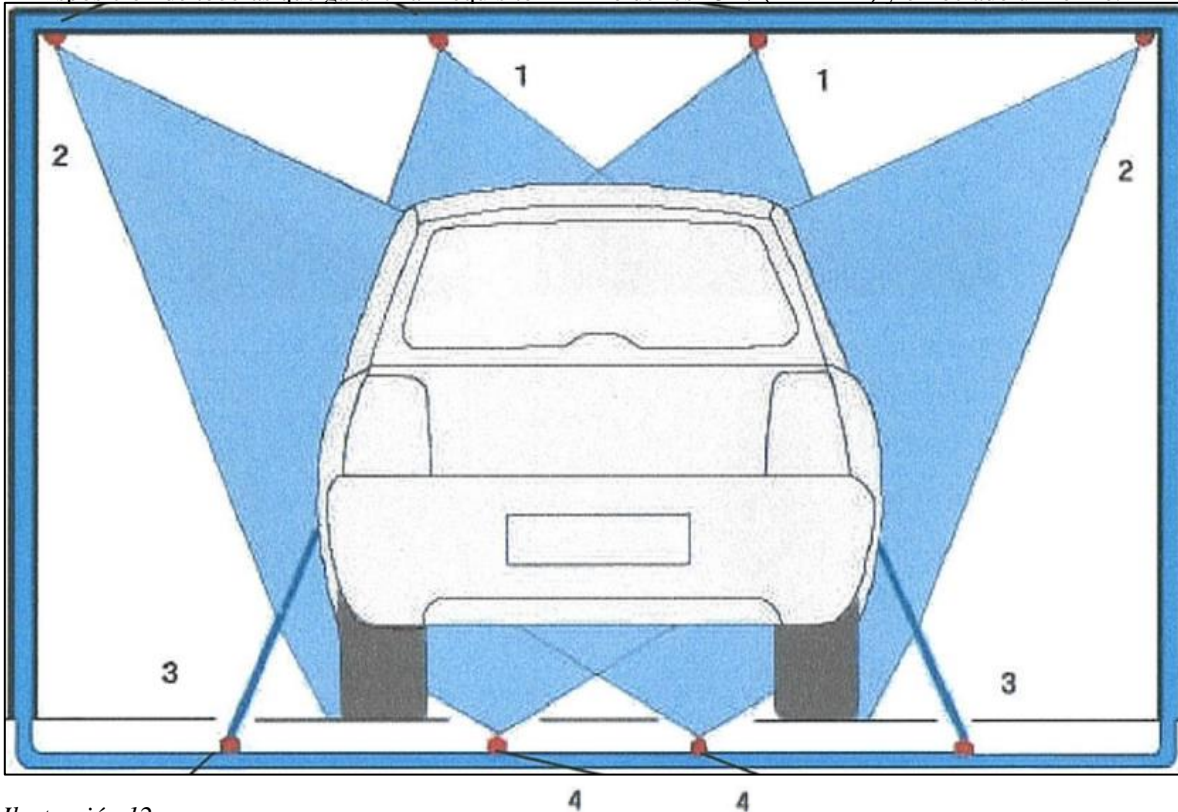


Ilustración 12

Las toberas se encuentran homologadas de tal forma que cumplen con los requisitos que son necesarios para que la evaluación sea lo más representativa posible. Es por lo que las toberas del techo (Ver ilustración 12, tobera n°1) deben cumplir con un caudal de $16 \text{ l}/\text{min}$ que se esparce en forma de cono completo a 60° (Ver ilustración 13). La condición anterior aplica de forma similar para las toberas laterales superiores (Ver ilustración 12, tobera n°2) en términos de caudal y forma de aspersión.

La configuración para la tobera ubicada en la zona de partes bajas (Ver ilustración 12, tobera n°4) para el caudal se establece a $1.0 \text{ l}/\text{min}$ por cada tobera y la forma de ésta es de cono completo a 120° . Para la última zona de toberas en los pasos de rueda (Ver ilustración 12, tobera n°3) el caudal establecido para la evaluación será de $6.3 \text{ l}/\text{min}$ por cada tobera con una forma de chorro plano a 20° (Ver ilustración 13).

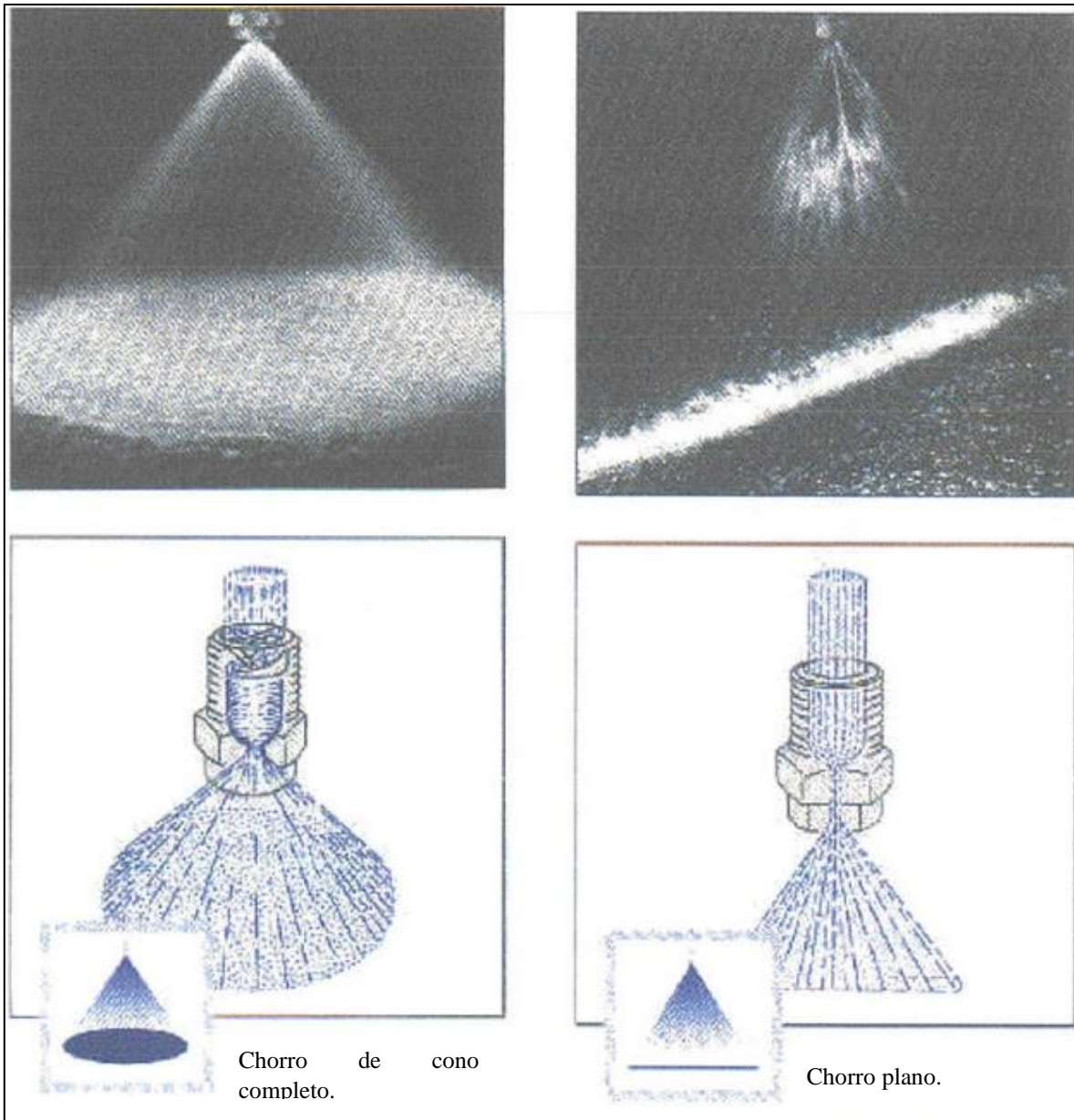


Ilustración 13

Mediante la posición y forma de las toberas, toda la superficie del vehículo debe ser rociada de forma uniforme por lo que, para las toberas superiores y del techo, debe disponerse de 4 toberas del mismo tipo. Para las toberas de las partes bajas, deben disponerse centradas bajo el vehículo a 1 m de distancia del movimiento del automóvil y las toberas de los pasos de ruedas deben encontrarse a 2.5 m de distancia máxima en la dirección del movimiento del vehículo sobre la banda transportadora.

La presión de la bomba debe estar ajustada de tal forma que puedan cumplirse los requisitos mínimos de $25 \text{ l} / (\text{min} * \text{m}^2)$. La temperatura ideal para realizar la evaluación es a temperatura ambiente. El control de la cantidad de rociado debe realizarse periódicamente ya que de este control dependerá la veracidad de la prueba. Cuando se realiza el arranque de la

instalación, es necesario realizar la calibración de la cantidad de rociado una vez a la semana. Para un control estándar, es necesario realizar la calibración una vez al mes. Para el tema en especial de mantenimiento de la cabina de hermeticidad, es obligatorio realizar la calibración terminando la reparación/mantenimiento y/o limpieza.

Para realizar la verificación de la cantidad de rociado se lleva a cabo con el apoyo de un dispositivo el cual filtra la cantidad de agua que se obtiene de las toberas del techo y laterales superiores. Para que la calibración de la cantidad del caudal sea representativa, no debe de llegar agua de las toberas inferiores, derivado a esto, el dispositivo (*Ver ilustración 14*) es diseñado de tal manera que no influyan otros parámetros en la medición del caudal. La abertura de la parte superior del embudo debe cumplir con las medidas de 1 m². Al realizarse la comprobación, el dispositivo debe ser situado en la parte central del carril o banda transportadora.

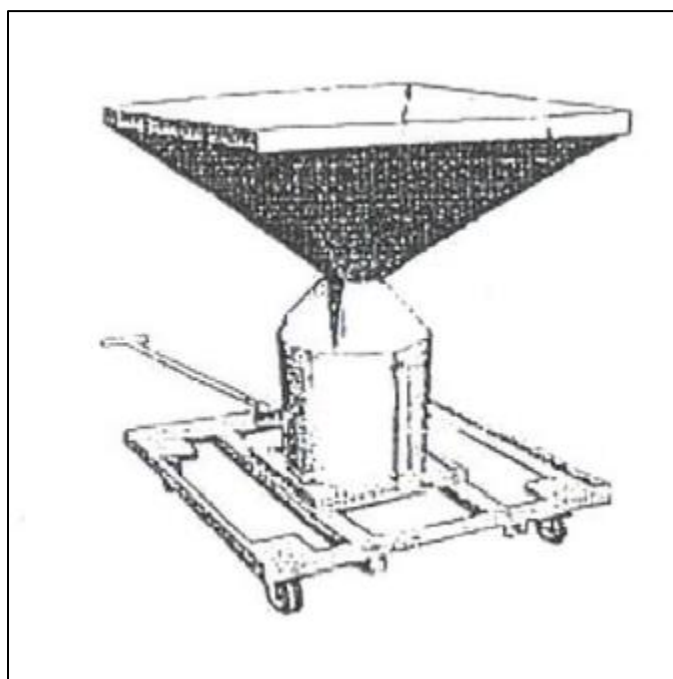


Ilustración 14

En el proceso de secado se llevará a cabo por medio de unas toberas de aire. Se contempla un mínimo de dos toberas de secado del techo y cuatro toberas de secado laterales. Para el secado en las zonas bajas del automóvil, es recomendado realizarse para evitar agua en la zona final de la cabina. La posición para garantizar el correcto secado del vehículo debe ser de tal forma que puedan orientarse las toberas adelante y atrás, desplazarse en altura y tener el contorno controlado para garantizar el secado suficiente de la parte frontal y posterior (*Ver ilustración 15*). Los portales de secado deben ser situados de tal forma que las corrientes de aire no se contrarresten entre sí.

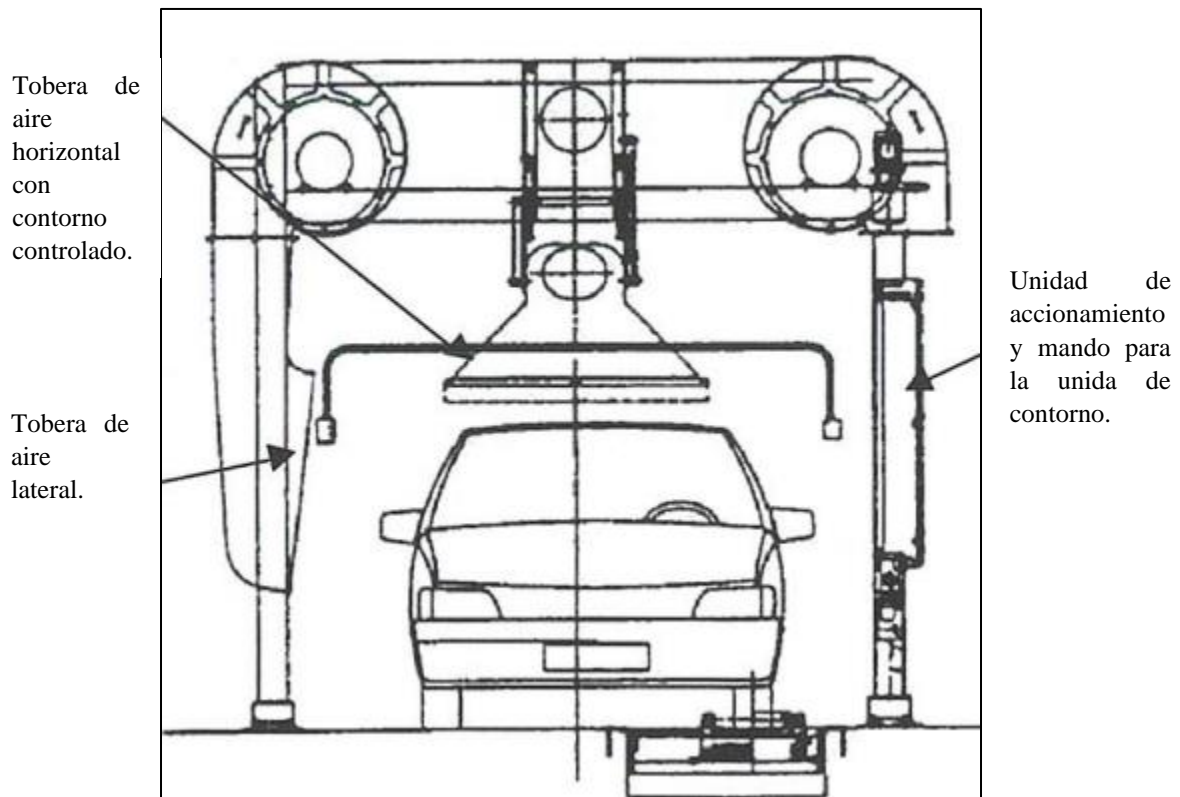


Ilustración 15

Para el proceso de la **verificación**, se comprueba la estanqueidad de los vehículos. No se tiene permitido ninguna entrada de agua en el habitáculo del vehículo (zona de pasajeros, zona de carga/maletero, etc.).

Cada vez que sea realizada una evaluación de hermeticidad (*Ver ilustración 17*), es necesario que la secuencia de verificación se documente y anexe en una instrucción de trabajo. La finalidad de dicha instrucción es poder presentar de forma clara los hallazgos que se hayan o no detectado al final de la prueba de hermeticidad.

Como parte complementaria a la inspección visual y manual que se realiza en la verificación de la estanqueidad del vehículo completo, se utilizan dispositivos los cuales facilitan detectar ingresos de agua en zonas complejas o de difícil acceso para su validación.

Junto a la inspección visual y manual (táctil) se recomiendan usar los medios auxiliares siguientes:

- Papel o textiles para las áreas no visibles o difícilmente accesibles.
- Sensor clavable (*Ver ilustración 16*) que funciona como un verificador eléctrico de paso para la verificación de humedad en alfombras.
- Sensor con cuello de cisne, verificador eléctrico de paso para verificación de humedad en zonas de difícil acceso.

El proceso de evaluación especifica exactamente los lugares de verificación para evitar daños en arneses, cables, conectores o ruteos y detectar de forma inmediata los lugares en los que se acumula primero el agua.

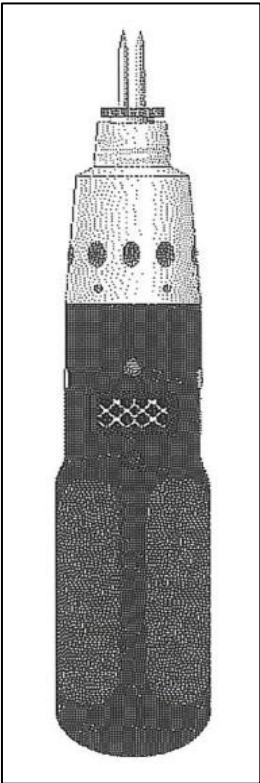


Ilustración 16

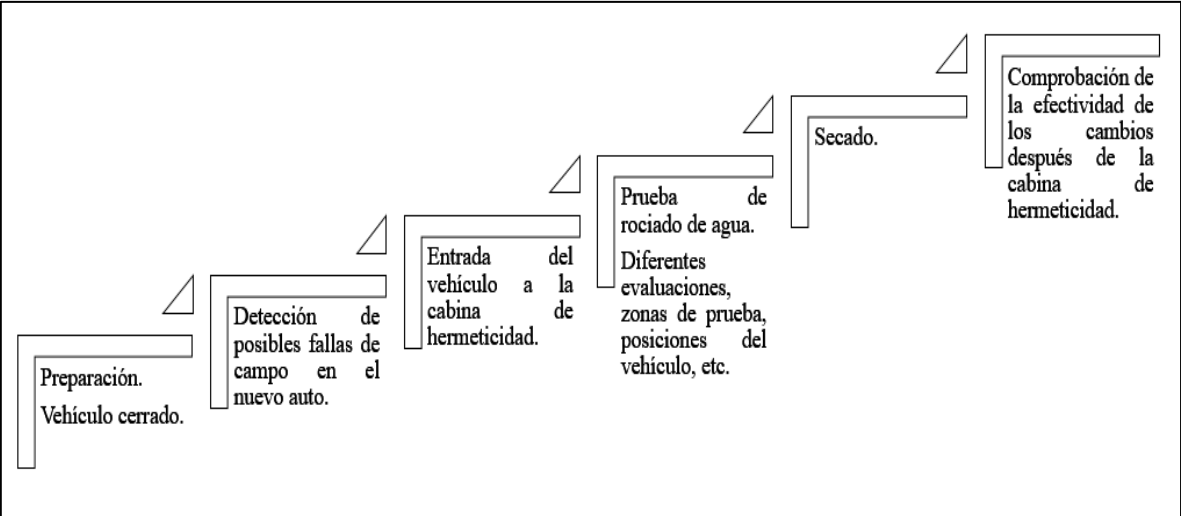


Ilustración 17

INICIO DE IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPOS MULTIDISCIPLINARIOS DE TRABAJO.

Para poder cumplir con los estándares de calidad más exigentes que son estipulados en las empresas manufactureras de automóviles, una de las diversas actividades que son de suma importancia y con la que se refleja el arduo trabajo y dedicación para llevar al cliente final un producto el cual satisfaga con sus expectativas, es la implementación de grupos multidisciplinarios de trabajo. Estos, serán quienes estén a cargo del seguimiento puntual de los desvíos que pueden presentarse a lo largo de la implementación de nuevos modelos a desarrollarse; son los encargados, dependiendo de quién de los integrantes tenga la responsabilidad en el proceso de:

- Delimitar el origen de los desvíos o fallas.
- Quienes tendrán que realizar e implementar de ser necesario, cambios técnicos en los medios productivos, en el diseño o piezas que favorezcan a la calidad del producto final.
- Evitar desviaciones en la construcción del producto final.

Una vez realizados los cambios que hayan sido requeridos, los equipos multidisciplinarios de trabajo son responsables de realizar evaluaciones funcionales, las cuales garanticen la fiabilidad y correcta implementación de los cambios realizados para que puedan ser aprobados por los directores correspondientes y sean implementados en la producción en serie. Las actividades de los integrantes del gremio multidisciplinario realizarán una constante evaluación ya que a lo largo del periodo estipulado para la producción del nuevo modelo deberán dar seguimiento a los cambios realizados, a nuevos desvíos que pudieran presentarse derivado de diversos factores como faltante de piezas, piezas fuera de dimensión, fallas de calidad en las piezas, daños que pudieran presentarse en el montaje del vehículo, etc.

Es por todo lo antes mencionado que se definen los integrantes (*Ver ilustración 18*) para participar en las sesiones periódicas del equipo multidisciplinario de trabajo, en el que se abordan todos los temas que tengas relación directa o indirecta con los estándares de calidad del automóvil.



Ilustración 18

ADMINISTRACIÓN DE RESULTADOS DE LAS EVALUACIONES DE HERMETICIDAD.

Como evaluaciones complementarias realizadas por el equipo de hermeticidad del vehículo completo, se realizan pruebas funcionales específicas con base a una instrucción de trabajo la cual indica el proceso que se tendrán que llevar a cabo dichas actividades para que los resultados sean lo más representativos posibles. Se realiza una estandarización de pruebas las cuales se llevarán a cabo para el aseguramiento de la calidad del producto final. Se denominan *evaluación de pruebas extremas* ya que se realizan bajo condiciones específicas en entornos controlados.

Dichas evaluaciones, constan de ocho puntos principales los cuales se deben cumplir para poder realizar liberaciones respecto a lotes de prueba y/o proyectos a desarrollar.

El inicio de las evaluaciones complementarias para el aseguramiento de la calidad parte de la *revisión de huecos constructivos*. En dicha actividad, se involucran departamentos como aseguramiento de la calidad, desarrollo técnico vehículo completo y producción. Se realiza una inspección detallada de, como se denomina la acción, los huecos que se generarán con

la construcción del vehículo, derivado los engargolados existentes de las láminas. Es necesario realizar esta acción con el apoyo de las áreas de aseguramiento de la calidad, desarrollo técnico vehículo completo y producción ya que, si se requiere realizar un cambio derivado a un potencial riesgo de hermeticidad, se consensa entre los involucrados para gestionar la solución más viable y que favorezca al producto final.

El segundo punto de la evaluación a realizar se desarrolla en el ámbito del área de producción a nivel pintura. Se hace un análisis para la *validación de los sellos estructurales y de pintura* que se aplicarán a la carrocería. Cabe resaltar la distinción de sellos ya que su finalidad en la carrocería es distinta. En el caso de los sellos estructurales, se emplea dicho proceso para la reducción de vibración y fricción entre las láminas. La característica principal de este tipo de sello es su color negro grisáceo y las propiedades moleculares con las que cuenta. Para el tema del sello de pintura, su aplicación tiene la finalidad de ocultar las uniones de las láminas y así evitar la penetración del agua a través de dichas zonas. A la par, se realiza dicha actividad para un acabado estético en la carrocería.

La *prueba de humo* es la tercera evaluación que se va a realizar conforme al plan establecido. Es llevada a cabo por el departamento de Desarrollo Técnico de la empresa ya que es la primera prueba que requiere de un medio controlado para su realización. Es necesario contar con una cámara que pueda aislarse de corrientes de aire y pueda establecerse una presión atmosférica conforme a la instrucción de evaluación de la prueba. Se realiza una aplicación uniforme de humo del exterior hacia el interior de la carrocería de tal modo que se identifiquen de forma visible las zonas por las cuales el humo pasa con facilidad hacia el interior de la carrocería. Cuando se identifican todos los puntos que se determinan como potencial de riesgo, se trabaja en conjunto con Calidad Análisis para determinar las medidas o cambios necesarios para realizarlos antes de la producción en serie del modelo a desarrollar.

El *montaje del auto y revisión de piezas* contemplan la cuarta evaluación complementaria. Se realiza con los departamentos de Producción, Desarrollo Técnico y Calidad Análisis. Consta de realizar el montaje del auto a nivel carrocería sobre los soportes que van a transportarla para que termine su proceso de manufactura, sean ensambladas las piezas y componentes en las líneas de producción. Esta evaluación es necesaria ya que es de ayuda para determinar las dimensiones que ocupará durante su recorrido y si no se verá afectada por temas de falta de espacio tanto para la movilidad de la carrocería como para la ergonomía del operario para la realización de sus actividades. También es necesaria para determinar que las carrocerías no presenten daños derivados a golpes externos o por obstrucciones en el recorrido de la carrocería.

La quinta prueba consta de una *evaluación de ultrasonido/neblina*. La evaluación que se menciona es de la misma forma que la prueba de humo. Características y entornos iguales, con la diferencia que en este momento se realiza la evaluación a nivel auto terminado, es decir, se lleva a cabo con vehículos que ya cuentan con todas sus partes y piezas montadas de forma correcta. Desde esta perspectiva, se identifican las zonas desde el interior del habitáculo donde se presenta una mayor cantidad de entrada de neblina al interior, traducido

a las evaluaciones de ruido de viento, se puede concluir que dichas zonas son potencial de alto riesgo que puedan incurrir en desvío o reclamaciones de los clientes.

A la par de las evaluaciones que se mencionan con anterioridad, existe la sexta que es la *prueba de cabina de lluvia*. En este proceso se valida la hermeticidad del vehículo completo cuando es sometido a diversas configuraciones o tipos de evaluación. Calidad análisis, haciendo énfasis en la prueba de hermeticidad, cuenta con la instrucción de trabajo de realizar cuatro tipos de pruebas en las cuales cambia el entorno controlado. Dicha evaluación puede ser realizada para la liberación de nuevos proyectos, así como sus fases. De forma similar pueden realizarse para la liberación de cambios técnicos que puedan presentarse en el desarrollo de nuevos proyectos o incluso, en la producción en serie. A continuación, se mencionan las especificaciones de las evaluaciones:

- Prueba de hermeticidad, evaluación estándar.

Dicha evaluación debe realizarse con el auto en posición horizontal. Cuenta con una duración de 10 minutos y las condiciones de simulación de lluvia están definidas como $25 \text{ l} / (\text{min} * \text{m}^2)$. Una vez terminado el tiempo, se procede a realizar el secado de la unidad y a su verificación correspondiente como lo marca la instrucción de trabajo y evaluaciones para la prueba de hermeticidad del vehículo completo.

- Prueba de hermeticidad, evaluación con inclinación.

Para esta variante de la evaluación, debe realizarse con el auto inclinado a 4° de lado izquierdo. Cuenta con una duración de 10 minutos y se simula una condición de lluvia de $25 \text{ l} / (\text{min} * \text{m}^2)$. Concluido el tiempo de evaluación, se lleva a cabo el secado correspondiente y el método de verificación para la prueba de hermeticidad.

- Prueba de hermeticidad, evaluación con inclinación.

Para esta variante de la evaluación, debe realizarse con el auto inclinado a 4° de lado derecho. Cuenta con una duración de 10 minutos y se simula una condición de lluvia de $25 \text{ l} / (\text{min} * \text{m}^2)$. Concluido el tiempo de evaluación, se lleva a cabo el secado correspondiente y el método de verificación para la prueba de hermeticidad.

- Prueba de hermeticidad, evaluación larga.

Para esta variante de la evaluación, debe realizarse con el auto en posición horizontal. Cuenta con una duración de 6 horas y realiza una simulación de condición de lluvia de $10 \text{ l} / (\text{min} * \text{m}^2)$. Concluido el tiempo de evaluación, se lleva a cabo el secado correspondiente y el método de verificación para la prueba de hermeticidad. Cabe resaltar que, en este tipo de evaluaciones, es necesario llevar a cabo una revisión en un lapso de dos horas para delimitar posibles entradas de agua en este tiempo el cual perjudiquen directamente los indicadores de calidad. Es denominada como revisión preventiva.

Otro tipo de evaluación que forma parte del plan de evaluación es la séptima que es denominada como *manejos a través del canal de agua*. Para esta prueba en específico, se tienen cuatro variantes que, dependiendo del modelo y configuración del producto a evaluar,

será realizada dicha prueba. Se lleva a cabo en el canal de agua con el que cuenta el departamento de Desarrollo Técnico.

- 1 recorrido a 50 cm de profundidad.

El proceso de evaluación de canal de agua indica que debe realizarse un recorrido del auto a evaluar con una profundidad del canal de 50 centímetros y a una velocidad de ralenti. Una vez concluido el recorrido, el auto es llevado a una zona de inspección donde, con ayuda de dispositivos de detección de humedad, se valida que el auto no cuente con zona húmedas en el piso del vehículo, en las alfombras o bajo alfombras.

- 1 recorrido a 40 cm de profundidad.

El proceso de evaluación de canal de agua indica que debe realizarse un recorrido del auto a evaluar con una profundidad del canal de 40 centímetros y a una velocidad de 20 km/h. Una vez concluido el recorrido, el auto es llevado a una zona de inspección donde, con ayuda de dispositivos de detección de humedad, se valida que el auto no cuente con zona húmedas en el piso del vehículo, en las alfombras o bajo alfombras.

- 1 recorrido a 30 cm de profundidad.

El proceso de evaluación de canal de agua indica que debe realizarse un recorrido del auto a evaluar con una profundidad del canal de 30 centímetros y a una velocidad de 30 km/h. Una vez concluido el recorrido, el auto es llevado a una zona de inspección donde, con ayuda de dispositivos de detección de humedad, se valida que el auto no cuente con zona húmedas en el piso del vehículo, en las alfombras o bajo alfombras.

- 1 recorrido a 20 cm de profundidad.

El proceso de evaluación de canal de agua indica que debe realizarse un recorrido del auto a evaluar con una profundidad del canal de 20 centímetros y a una velocidad de 40 km/h. Una vez concluido el recorrido, el auto es llevado a una zona de inspección donde, con ayuda de dispositivos de detección de humedad, se valida que el auto no cuente con zona húmedas en el piso del vehículo, en las alfombras o bajo alfombras.

Para concluir la serie de evaluaciones complementarias se *presentan los resultados* conforme a los hallazgos o resultados que hayan obtenido de cada auto. Dependiendo de los resultados obtenidos, se valoran medidas de contención, medidas definitivas, puntos críticos que favorezcan a la no hermeticidad del vehículo y demeriten la calidad del vehículo.

Se exponen cada uno de los puntos importantes o de mayor relevancia para poder darles un seguimiento puntual, es decir, se validan los cambios, retrabajos o modificaciones que se hayan acordado con el gremio de equipo multidisciplinarios de trabajo para garantizar la hermeticidad y calidad del automóvil.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES DE LA EVALUACIÓN DE AUTOS CON MEDIDAS Y CAMBIOS IMPLEMENTADOS.

El sistema de trabajo implementado dio pauta a que los resultados obtenidos en el inicio de la producción en serie del nuevo proyecto, se viera reflejada con resultados positivos. Visualizando los porcentajes de autos sin desvío (*Ver ilustración 19*) por retrabajo realizado, se logró apreciar que, en comparación con los proyectos anteriores, se alcanzó el porcentaje de autos directos sin retrabajos en un lapso menor de tiempo (*Ver ilustración 20*), de forma paralela, la tendencia del nuevo proyecto se mantuvo por arriba de la meta que la dirección de calidad estipuló en el planteamiento del proyecto en las semanas posteriores.

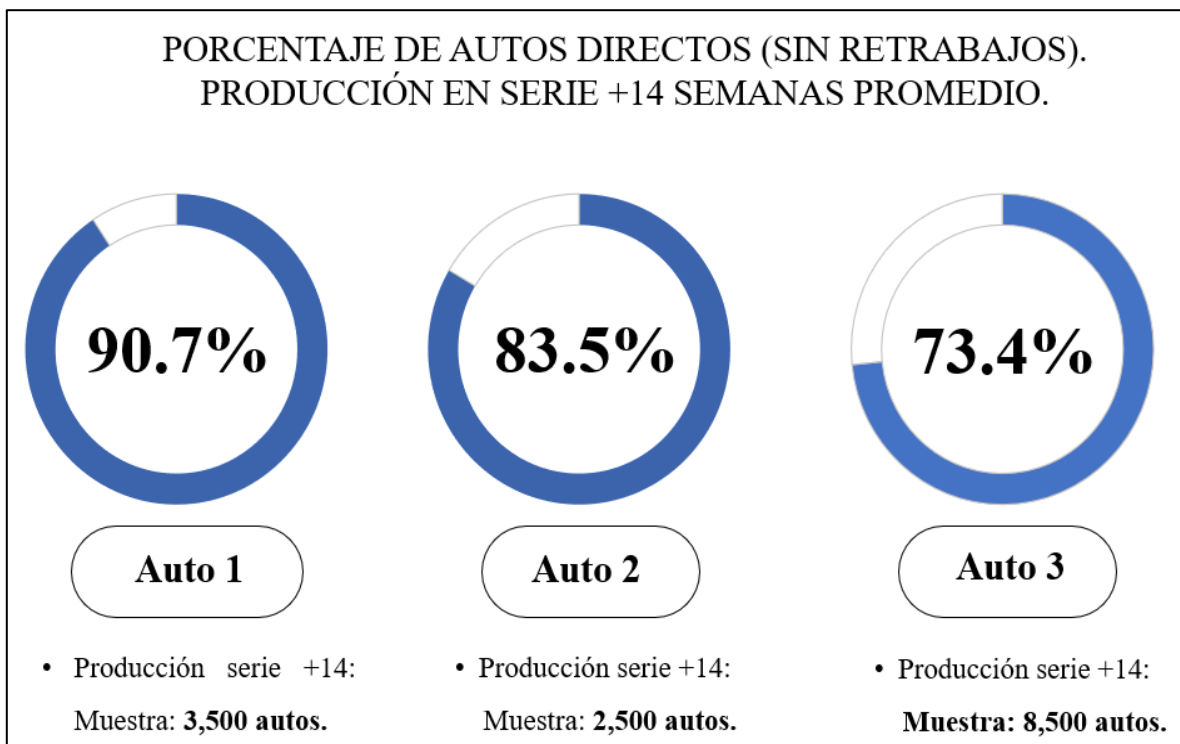


Ilustración 19

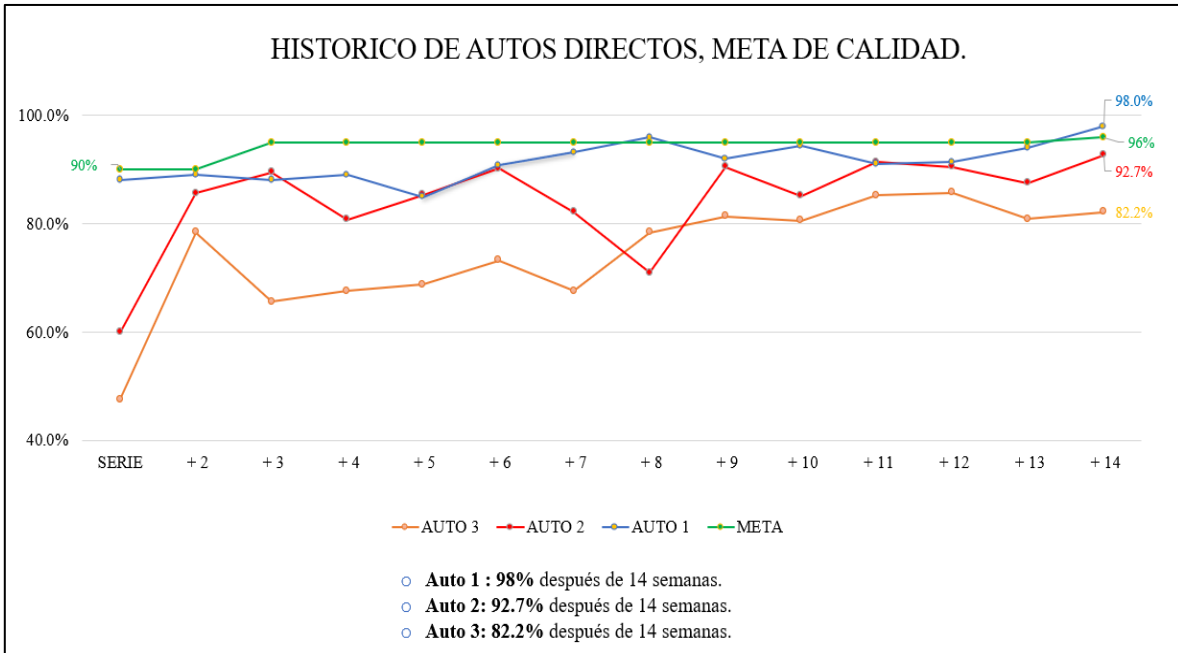


Ilustración 20

Realizando un análisis detallado sobre los resultados obtenidos de los indicadores de calidad, se pudo obtener de forma implícita que el sistema de equipos multidisciplinares de trabajo incurrió en un ahorro de capital para el consorcio (Ver ilustración 21), al existir una menor cantidad de autos desviados por retrabajos, se invirtió una cantidad menor para pagar el costo de dichas actividades que implica el que un auto sea desviado.



Ilustración 21

El implementar un sistema de gestión de calidad no es sencillo. Se requiere tener una visión amplia para poder ser capaces de actuar conforme se vayan dando los resultados ya sean positivos o negativos. Se deben tomar acciones que requieran ser consensuadas y esto implica involucrar a todos los colaboradores que tienen influencia en el proyecto a desarrollar, para establecer los modos de trabajo en conjunto con todos los departamentos asociados, lograr el mayor de los beneficios en el producto final y lograr su aceptación en el mercado.

Todos los cambios, decisiones o implementaciones, estarán relacionados directamente a costos que se deben contemplar en estas actividades. Son tres categorías en las que puede adjuntarse los costos de calidad:

En primer lugar, el costo de prevención es el que está relacionado con todas las actividades que su finalidad es evitar la mala calidad del vehículo completamente armado. Los costos de evaluación son los correspondientes a la medida, evaluación o auditoría del producto o servicio que se entregará al cliente final. Por último, los costos de fallos son los que resultan del producto o servicio que no cumple con las necesidades o expectativas del cliente.

Dentro de los costos de fallos también se toman en cuenta los costos que pueden resultar de la mala calidad del producto final, es decir, si cuenta con desvíos en su proceso y es necesario realizar un retrabajo para que cumpla con la calidad de la empresa manufacturera. A esta actividad, se le denomina costos de fallos internos, quienes asumen la responsabilidad total del desvío es la empresa automotriz.

El trabajar con diversas áreas involucradas en el diseño y manufactura de un vehículo puede beneficiar en el ahorro de tiempo y costos una vez que el proyecto esté definido y sea autorizada su fabricación.

La identificación de fallas en las etapas tempranas del proyecto durante el desarrollo, permite que se reduzca el número de incidencias que puedan presentarse durante el proceso productivo, incluso, evitar que dichas incidencias puedan llegar a presentarse con el cliente final.

El tiempo que contempla la implementación del sistema de trabajo de este proyecto debe considerarse para los nuevos modelos a ser diseñados. La integración del equipo multidisciplinario de trabajo debe conformarse con una ventana de tiempo de 15 meses antes del inicio de producción en serie, con la finalidad de que los involucrados en el desarrollo puedan estar en el mismo nivel de información sobre cambios técnicos a realizar, información de resultados de pruebas realizadas o información sobre medidas de contención y definitivas que sea necesario implementar.

Deben estar presentes los integrantes involucrados para dar sus puntos de vista, opiniones o ideas con base a su experiencia, en las etapas tempranas del proyecto y beneficiar la calidad del producto final impactando en los decrementos de desvíos que se puedan presentar en la construcción del vehículo terminado.

EVALUACIÓN DE RESULTADOS, APLICACIÓN DE SISTEMA DE TRABAJO.

Al desarrollar este proceso, me ayudó a comprender las etapas del proceso de evaluación de un producto antes de autorizar su producción. Me permitió analizar y poner en práctica las metodologías y teorías de la gestión de la calidad aplicables al análisis de una problemática que pueda desarrollarse o presentarse en el proceso.

Logré identificar factores claves para proponer un sistema multidisciplinario de trabajo que permitirá documentar cada falla o desviación localizadas desde las fases tempranas de los proyectos a implementar hasta su producción en serie.

El sistema de trabajo de equipos multidisciplinarios fue aplicado solo en una prueba del área de calidad del vehículo completo. La prueba de hermeticidad del vehículo completamente armando fue el punto de partida para implementar, desarrollar, dar seguimiento y consultar los resultados que se obtuvieron en cada una de las fases del nuevo proyecto conformado.

Al tener una postura establecida sobre los beneficios que se obtuvieron acerca de tiempos de trabajo, ahorro de dinero, decremento de desvíos por retrabajos hechos y la estabilidad de los indicadores de calidad a corto plazo, impulsó a que se realizara una homologación que pudiera aplicarse en las demás pruebas que conforman el departamento de calidad análisis del vehículo completo.

El desarrollo del proyecto del sistema de trabajo de equipos multidisciplinarios desde las fases tempranas de los nuevos proyectos en las pruebas de calidad, como se pudo observar en la prueba de hermeticidad, tendría un beneficio de forma general, en la mayor cantidad de rubros que se contemplan para la implementación de los nuevos modelos de vehículos a construir en las empresas pertenecientes a la manufactura de autos.

BIBLIOGRAFÍA.

- Alexander Servat, A. G. (2005). *Calidad : metodología para documentar el ISO-9000 versión 2000*. México : Pearson Educación.
- Banks, J., & Ibarra Aispuro, F. (2000). *Control de calidad*. . México : Limusa Noriega.
- Barrio, J. F., & Monzón, M. T. (1997). *Las siete nuevas herramientas para la mejora de la calidad*. Bogotá: FC Editorial.
- Basque Ecodesign Center. (10 de Diciembre de 2021). *Basque Ecodesign Center*. Obtenido de Basque Ecodesign Center: <http://www.basqueecodesigncenter.net/Paginas/Ficha.aspx?IdMenu=52a870e0-9994-45e1-a72a-c355ebde5fb2&Idioma=es-ES#:~:text=La%20durabilidad%20de%20un%20producto,unas%20condiciones%20C3%B3ptimas%20de%20funcionamiento>.
- Calidad. (6 de Julio de 2022). *Significados*. Obtenido de Significados: <https://www.significados.com/calidad/>
- Calidad Total. (6 de Julio de 2022). *Calidad Total*. Obtenido de Calidad Total: <http://ctcalidad.blogspot.com/2015/12/mi-proceso-esta-bajo-control-graficas.html>
- Castillo, J. (9 de Abril de 2021). *OCC Mundial*. Obtenido de OCC Mundial: <https://www.occ.com.mx/blog/industria-automotriz-mexico/>
- Castillo, L. (6 de Julio de 2022). *Evaluación, calidad y gestión de calidad total*. Obtenido de Evaluación, calidad y gestión de calidad total.: <https://www.uv.es/macass/T10.pdf>
- Chang, R. Y., & Niedzwiecki, M. E. (1999). *Las herramientas para la mejora continua de la calidad*. México: Ediciones Granica SA.
- Clockwork. (6 de Julio de 2022). *Las 7 Herramientas de la Calidad*. Obtenido de Las 7 Herramientas de la Calidad: <https://clockwork.com.co/las-7-herramientas-de-la-calidad/>
- Colima Tecnm. (10 de Marzo de 2022). *Colima Tecnm*. Obtenido de Colima Tecnm: <https://www.colima.tecnm.mx/posgrado/vfji/materialdescarga/Las%207%20herramientas.pdf>
- Conceptos de calidad*. (s.f.). Obtenido de Conceptos de calidad: <https://www.uv.mx/personal/lbotello/files/2015/08/conceptos-de-calidad.pdf>
- ECOTONO, Equipo Consultor en Turismo y Desarrollo, S.L. (10 de Diciembre de 2021). *Redeuroparc*. Obtenido de Redeuroparc: https://www.redeuroparc.org/system/files/shared/Taller1_Indicadores_RESULTADOS.pdf
- Escalante, E., & Vázquez, E. J. (2006). *Análisis y mejoramiento de la calidad*. México: Limusa.

- Gehisy. (6 de Julio de 2022). *Aprendiendo Calidad y ADR*. Obtenido de Aprendiendo Calidad y ADR: <https://aprendiendocalidadyadr.com/diagrama-de-dispersion/>
- Gehisy. (6 de Julio de 2022). *Aprendiendo Calidad y ADR*. Obtenido de Aprendiendo Calidad y ADR: <https://aprendiendocalidadyadr.com/grafico-o-diagrama-de-control/>
- González González, C. (1991). *Control de calidad*. México : McGraw Hill.
- GSL Industrias. (3 de Agosto de 2021). *GSL Industrias*. Obtenido de GSL Industrias: <https://www.industriasgsl.com/blog/post/Industria-automotriz>
- Ishikawa, K. (2003). *¿Qué es el control total de la calidad?*. Bogotá: Norma.
- ISO9001. (6 de Julio de 2022). *Desarrollo del concepto calidad*. Obtenido de Desarrollo del concepto calidad: <https://www.nueva-iso-9001-2015.com/2016/09/desarrollo-concepto-calidad/>
- ISOTools Excellence. (6 de Julio de 2022). *ISOTools Excellence*. Obtenido de ISOTools Excellence: <https://www.isotools.cl/herramientas-de-control-de-calidad/>
- Item. (10 de Diciembre de 2021). *Item*. Obtenido de Item: <https://glossar.item24.com/es/indice-de-glosario/articulo/item//prueba-de-durabilidad-1.html#:~:text=Las%20pruebas%20de%20durabilidad%20son,mecanoqu%C3%ADmicos%20durante%20un%20periodo%20largo.&text=La%20resistencia%20a%20la%20relajaci%C3%B3n%20puede%20me>
- Lemos, P. L. (2016). *Herramientas para la mejora de la calidad*. México: FEMETAL.
- López de la Madrid, M., Flores Guerrero, K., & Rodríguez Hernández, M. (6 de Julio de 2022). *Rieoei*. Obtenido de Rieoei: <https://rieoei.org/historico/documentos/rie60a06.pdf>
- Marketing XXI. (10 de Diciembre de 2021). *Marketing XXI*. Obtenido de Marketing XXI: <https://www.marketing-xxi.com/concepto-de-producto-34.htm>
- Montaño, J. (6 de Julio de 2022). *Los 8 Gurús de la Calidad y sus Aportes Más Relevantes*. Obtenido de Los 8 Gurús de la Calidad y sus Aportes Más Relevantes.: <https://www.lifeder.com/gurus-calidad-aportes/>
- Municio, P. (2002). *Herramientas para la evaluación de la calidad*. Barcelona: CISSPRAXIS.
- Pérez, J. (10 de Diciembre de 2021). *Definicion.de*. Obtenido de Definicion.de: <https://definicion.de/industria-automotriz/>
- Pérez, J., & Merino, M. (10 de Diciembre de 2008). *Definición.de*. Obtenido de Definición.de: <https://definicion.de/proyecto/>
- Pulido, H. G., & De la Vara Salazar, R. (2009). *Control estadístico de calidad y seis sigma*. México: McGraw-Hill.
- Ramos, D. (6 de Julio de 2022). *Las Siete Herramientas de la Calidad*. Obtenido de Las Siete Herramientas de la Calidad: <https://blogdelacalidad.com/las-siete-herramientas-de-la-calidad/>

- Sandholm, L., & Aparicio González, N. R. (1995). *Control total de calidad*. México: Trillas.
- Secretaría Central de ISO. (15 de Septiembre de 2015). *Sistemas de Gestión de la Calidad*. Obtenido de Sistemas de Gestión de la Calidad: <http://www.itvalledelguadiana.edu.mx/ftp/Normas%20ISO/ISO%209001-2015%20Sistemas%20de%20Gesti%C3%B3n%20de%20la%20Calidad.pdf>
- Significados. (10 de Diciembre de 2021). *Significados*. Obtenido de Significados: <https://www.significados.com/calidad/>
- Sinnaps. (10 de Diciembre de 2021). *Sinnaps*. Obtenido de Sinnaps: <https://www.sinnaps.com/blog-gestion-proyectos/tipos-de-proyectos>
- Tecno Mesura Centro Tecnológico. (10 de Diciembre de 2021). *Tecno Mesura*. Obtenido de Tecno Mesura: https://www.bdv.cat/perfil/esbarbera/recursos/recursos/confer_ncia_qualitat_2011.pdf#:~:text=La%20calidad%20de%20un%20producto,punto%20de%20necesitar%20nuevas%20especificaciones.
- Thilkom. (29 de Junio de 2019). *Thilkom*. Obtenido de Thilkom: <https://thilkom.org/2019/06/29/retrabajo-y-desperdicio-definicion-para-su-control/#:~:text=El%20retrabajo%20es%20el%20producto,producci%C3%B3n%20en%20donde%20se%20origin%C3%B3.>
- Universidad Pontificia Comillas Madrid. (06 de Julio de 2022). *Herramientas de Calidad*. Obtenido de Herramientas de Calidad: <https://web.cortland.edu/matresearch/HerraCalidad.pdf>
- UV. (15 de Agosto de 2015). *Conceptos de calidad*. Obtenido de Conceptos de calidad: <https://www.uv.mx/personal/lbotello/files/2015/08/conceptos-de-calidad.pdf>
- Vargas, C. (10 de Diciembre de 2021). *Trycore*. Obtenido de Trycore: <https://trycore.co/transformacion-digital/tipos-de-pruebas-funcionales/>

ANEXOS

TABLA 1 DE CONTENIDOS

Ilustración 1 – Diagrama de flujo (Bosquejo)	15
Ilustración 2 – Diagrama de causa y efecto (Bosquejo)	16
Ilustración 3 – Ejemplo de datos graficados del diagrama de dispersión.....	24
Ilustración 4 – Ejemplo de gráfico de control	25
Ilustración 5 – Proceso de evaluación y establecimiento de equipos multidisciplinarios	28
Ilustración 6 – Zonas localizadas en la carrocería virtual con desviaciones	30
Ilustración 7 – Fotografías de problemas reales en la carrocería	30
Ilustración 8 – Ejemplo de análisis aplicando diagrama de Ishikawa	31
Ilustración 9 – Gráfico de control de huecos constructivos	32
Ilustración 10 – Ejemplo de hoja problema.....	33
Ilustración 11 – Ejemplo de reporte de datos por desvíos en prueba de hermeticidad.....	35
Ilustración 12 – Dibujo con representación de dispersión de agua por toberas de simulación de lluvia en cabina de hermeticidad	37
Ilustración 13 – Representación de la asperción de agua por toberas	38
Ilustración 14 – Dispositivo para la calibración del caudal en la cabina de hermeticidad	39
Ilustración 15 – Dibujo con representación de ubicación de toberas de aire para secado.....	40
Ilustración 16 – Herramienta manual para la detecciónde humedad en la verificación	41
Ilustración 17 – Representación del proceso de prueba de hermeticidad en los autos	41
Ilustración 18 – Representación gráfica del equipo multidisciplinario de trabajo	43
Ilustración 19 – Gráfico de resultados de autos con proceso directo	47
Ilustración 20 – Gráfico comparativo de indicadores de calidad	48
Ilustración 21 – Gráfico comparativo de proyectos anteriores, ahorro de costos.....	48

TABLA 2 DE CONTENIDOS

Tabla 1 – Ejemplo de lista de verificación “Repetibilidad de incidencias”	17
Tabla 2 – Ejemplo de tabla de conteo.....	20
Tabla 3 – Ejemplo de diagrama de dispersión con datos	23
Tabla 4 – Ejemplo de resultados del análisis virtual a carrocerías	29