

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente

Reconocimiento de validez oficial de estudios de nivel superior según acuerdo secretarial 15018, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 29 de noviembre de 1976.

Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales
Maestría en Ingeniería y Gestión de la Calidad



**REDUCCIÓN DE DESPERDICIO EN PRODUCCIÓN DE *CLUSTER* DENTRO
DE CUARTO LIMPIO EN EL PROCESO DE *OPTICAL BONDING***

TESIS que para obtener el **GRADO** de
MAESTRO EN INGENIERÍA Y GESTIÓN DE LA CALIDAD

Presenta: **MARCOS ALEJANDRO GARCÍA CABRERA**

Tutor **GUILLERMO VILLARRUEL ULLOA**

Tlaquepaque, Jalisco. mayo de 2021.

Índice

1. Fundamentación del trabajo.....	8
1.1. Descripción del escenario que se planea intervenir	8
1.2. Descripción de la problemática percibida que justifica la intervención	9
1.3. Validación de las condiciones del escenario.....	12
1.4. Análisis del contexto y del entorno de la organización	13
1.4.1. Contexto de la empresa	13
1.4.2. Entorno de la organización.....	15
1.5. Análisis inicial de la problemática: primera hipótesis.	17
1.5.1. Diagrama causa-efecto o Diagrama de Ishikawa	18
1.6. Objetivos de la intervención	19
1.7. Delimitaciones y área funcional por intervenir.....	20
1.8. Justificación y pertinencia del trabajo.....	23
2. Marco conceptual o de referencia	24
2.1. Estado de la cuestión.....	24
2.2. Conceptos y enfoques teóricos relacionados	26
2.3. Herramientas tecnológicas o de innovación consideradas en el trabajo	28
3. Análisis de la problemática.....	28
3.1. Definición de la metodología del análisis de la problemática, selección de las herramientas requeridas y el cronograma.	31
3.2. Metas de información	32
3.3. Identificación, descripción y cuantificación de métricas iniciales.....	33
3.4. Análisis: correlación e interpretación de la información obtenida.	36
3.5. Conclusiones: definición de los factores prioritarios a modificar en la problemática.	37
4. Estrategia metodológica de intervención.....	38
4.1. Justificación de la estrategia metodológica de intervención.....	39
4.1.1. Consideraciones costo/beneficio de la estrategia	39
4.2. Herramientas e instrumentos	40

4.3.	Ámbito de la intervención.....	41
4.4.	Etapas del proceso de aplicación/intervención	41
4.4.1.	Cronograma del proyecto	42
4.4.2.	Imprevistos	42
5.	Exposición de hallazgos	43
5.1.	Sistematización y aplicación de escalas de medición de resultados	52
5.2.	Organización de la información obtenida	54
5.3.	Impacto de la estrategia en la organización	60
6.	Discusión final	61
6.1.	Consecuencias de la aplicación de la estrategia.....	62
6.2.	Aspectos de mejora para intervenciones subsecuentes	63
6.3.	Relevancia y trascendencia disciplinaria del caso	64
7.	Bibliografía	65
8.	Anexos	66

Índice de siglas

TOG: Trabajo de Obtención de Grado.

IDI: Investigación, Desarrollo e Innovación.

DEAM: Departamento de Economía, Administración y Mercadología.

ITESO: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente.

DMAIC: Definición, Medición, Análisis, Incremento, Control.

CEPAL: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

VSM: *Value Stream Mapping* por sus siglas en inglés, Mapa del Flujo de Valor.

SIPOC: *Supplier, Input, Process, Output, Customers*, por sus siglas en inglés.

IA: Inteligencia Artificial.

Pa: Unidad de medida de presión, Pascal.

ESD: *Electrostatic Discharge* por sus siglas en inglés, Descarga Electrostática.

Cluster: Es el dispositivo o elemento de un automóvil que muestra información crítica para el conductor, tal como velocidad, temperatura y alertas.

Optical Bonding (adhesión óptica): Proceso productivo donde se adhiere pantalla con lente.

CTQ's: *Critical to Quality*, por sus siglas en inglés, parámetros clave de calidad de un cliente.

TPM: *Total Productive Maintenance*, por sus siglas en inglés, enfocado a la mejora continua.

Cp: Índice de capacidad de proceso.

Cpk: Índice de capacidad real de proceso.

FODA: Fortalezas, Oportunidades, Debilidades Amenazas

Abstract

Este trabajo está enfocado en la solución de un problema de desperdicio que se genera en un proceso productivo dentro de un cuarto limpio, en una empresa del ramo electrónico automotriz, dicho proceso llamado *Optical Bonding* consiste en unir mediante un adhesivo un lente protector y una pantalla digital con el objetivo de proteger la pantalla durante su uso cotidiano. Un cuarto limpio es un espacio con ambientes controlados para trabajos biológicos, físicos o químicos, es decir, es un sistema de trabajo que proporciona limpieza absoluta, la norma internacional que rige a los cuartos limpios es la ISO 14644-1-2015 “Clasificación y control de cuartos limpios”, situados bajo esta norma el problema se presenta en un cuarto limpio clase ISO 7.

El cumplimiento y control de las condiciones ambientales dentro de un cuarto limpio es indispensable para cumplir en este caso con la calidad requerida por el producto y así satisfacer la necesidad del cliente, la temperatura, la humedad relativa, la cantidad de partículas suspendidas y contar con presión positiva dentro del cuarto son condiciones ambientales que deben ser controladas, el carecer del control de éstas genera desperdicio en el proceso productivo, por lo tanto, genera un problema.

Este documento expone el método con que se analiza el problema, utilizando la metodología DMAIC, el nombre es un acrónimo de los pasos en inglés de la metodología: definir, medir, analizar, mejorar y controlar, esta metodología está basada en estadística y da mucha importancia a la recolección de información y a la veracidad de los datos como base de una mejora.

En cada paso de esta metodología se utilizan herramientas que ayudan a conducir de manera objetiva y eficiente los esfuerzos en esta intervención al proceso, algunas de las herramientas que se utilizan son: Pareto, Diagrama de Ishikawa, Gráfico de Brechas, Análisis FODA, Reporte A3, Cronograma, Pruebas de Normalidad, Gráficos de Control, Análisis de Capacidad entre otras.

El orden que sigue la metodología, en conjunto con las herramientas utilizadas dan una amplia visión de la situación y dejan de manera clara expuesta la causa raíz y las actividades necesarias para implementar y así eliminar el problema, además de establecer controles necesarios para evitar que se vuelva a presentar el problema.

El objetivo de la intervención es reducir o eliminar por completo el desperdicio que se da en el proceso productivo, trayendo como beneficios complementarios un incremento en el margen de utilidad y una mejor imagen con el cliente.

Agradecimientos

A Dios por permitirme hasta hoy vivir un sinfín de experiencias a lo largo de mi vida, y estar siempre presente en los acontecimientos importantes de mi vida.

A mis padres y hermana porque con su amor incondicional y sus enseñanzas de vida me han demostrado que todo es posible, solo es cuestión de enfoque y planeación.

A mi esposa e hijo por su amor, paciencia y apoyo incondicional, ya que sin ello hubiese sido imposible culminar este aprendizaje.

A mis compañeros de trabajo y compañeros de clase porque con sus conocimientos y experiencia enriquecieron mi aprendizaje e hicieron que valorara aún más la vida que estoy disfrutando.

A Continental Automotive de Occidente, por brindarme la confianza y destinar recursos para mi formación profesional con el pleno convencimiento de que mejores personas hacen mejores organizaciones.

A ITESO por crear contenido valioso y compartirlo en sus diferentes niveles educativos con el fin de generar mejores seres humanos que tengan pensamientos críticos constructivos que coadyuven a tener una mejor sociedad.

Finalmente quiero citar una frase que me inspira de Henry Ford fundador de la compañía *Ford Motor Company*, él realizó cambios en el sistema de producción para reducir costes y mejorar el producto final, la frase es la siguiente:

“Calidad significa hacer lo correcto aun cuando nadie te está mirando.”

Henry Ford.

1. Fundamentación del trabajo

1.1. Descripción del escenario que se planea intervenir

Continental Automotive de Occidente fundada en el año 2002 y que actualmente cuenta con una fuerza laboral de 2866 empleados está ubicada en el municipio de Tlaquepaque Jalisco, es una empresa que participa en el mercado electrónico automotriz y que se dedica entre otras cosas al diseño y fabricación de *cluster* (dispositivo de información) para diferentes marcas de automóviles y camiones tales como Ford, Volkswagen, Nissan, Toyota, Harley Davidson, Mack Truck, Freightliner entre otras marcas.

Constantemente la organización enfrenta diferentes tipos de retos a todos niveles, hay retos en temas corporativos, administrativos, productivos entre otros; sin duda los más complejos son los productivos ya que los procesos que forman parte de la fabricación del producto involucran un sinnúmero de variables que monitorear y controlar lo que provoca un verdadero reto el tener procesos estables.

A continuación, en la imagen 1 se muestra un análisis FODA de la organización, donde se mencionan las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, este análisis se utilizó para definir o crear una estrategia y así conseguir el objetivo de esta intervención.

La estrategia en la que se trabajó involucra los cuatro ejes del análisis FODA, cada uno de ellos aportó información valiosa para lograr la creación de la estrategia que se siguió en la intervención, se buscó la eliminación o atenuación de las debilidades observadas en la organización.



Imagen 1. Análisis FODA de la organización. Nota: creación propia.

1.2. Descripción de la problemática percibida que justifica la intervención

Como lo mencioné anteriormente, la organización actualmente se enfrenta a un reto productivo importante que es el de la migración de fabricación de *cluster* análogos a *cluster* digitales, un par de ejemplos de ello es que los clientes piden eliminar las agujas indicadoras (*pointers*) y en su lugar, la indicación se muestre en una imagen digital, otro es poder proyectar cierta información en el parabrisas del automóvil para no distraer la mirada del conductor mientras se conduce, esta migración de *cluster* provoca cambios en los procesos para su fabricación, los cuartos limpios (*cleanrooms*) se vuelven entonces necesarios e indispensables para la fabricación de estos *cluster*; los cuartos limpios deben de cumplir especificaciones ambientales que se muestran en la imagen 2, que tienen que estar

controladas tales como: temperatura, humedad relativa, cantidad de partículas en el aire, presión diferencial entre otras para garantizar la calidad que el producto requiere, actualmente Continental no tiene el control completo de las especificaciones y por lo tanto, no tiene procesos estables, por lo que estamos teniendo desperdicio debido a que no se cumplen los requerimientos de calidad del *cluster*, el objetivo en este escenario es reducir o eliminar por completo la cantidad de desperdicio que se genera por no tener el control de las especificaciones ambientales.

Especificación	Límites establecidos		
Temperatura	22°C ± 2°C		
Humedad Relativa	50% ± 10% OB	50% ± 5% GLUING	
Cantidad de Partículas	352,000 ≤ 0.5µ	83,200 ≤ 1.0µ	2,900 ≤ 5.0µ
Presión Diferencial	≥ 10 Pa VS Piso de producción		≥ 5 Pa VS Cuartos limpios aledaños

Imagen 2. Especificaciones ambientales para cuartos limpios proceso *Optical Bonding*.

Fuente: TST N002 02.02 (documento interno Continental Automotive).

A continuación, una breve descripción de la importancia de tener control de cada una de las especificaciones ambientales mostradas en la tabla anterior.

Control de temperatura y humedad relativa:

Es importante mantener el control de la temperatura y la humedad relativa en la manufactura de dispositivos electrónicos ya que de no hacerlo esto puede ocasionar grandes fallas en los procesos de producción. Tener temperatura y humedad relativa muy alta o baja afecta a la soldadura de los componentes, dejándolos inservibles. Por ejemplo, la temperatura puede afectar a la viscosidad de la pasta para soldar, lo que ocasiona que ésta no tenga la consistencia adecuada y por lo tanto los trazos de soldadura resultan ineficaces, por otro lado,

la humedad ocasiona que el flux que contiene el estaño de la soldadura se evapore a mayor velocidad y en el momento de fusión la cantidad necesaria del mismo no sea la correcta.

Para procesos en donde se realiza la unión de dos o más elementos, como por ejemplo, la adhesión de pantallas digitales con lentes protectores que se dan dentro de los cuartos limpios (*cleanrooms*), la temperatura y humedad relativa que debe de existir en el ambiente debe de ser controlada en base a las recomendaciones del fabricante del adhesivo, esto con el fin de garantizar un correcto estado y evitar una degradación del mismo, que provoque posteriormente un problema de calidad que termine generando desperdicio.

Control de cantidad de partículas en el aire:

Las partículas en el aire también son un problema en los procesos de manufactura, este tipo de control es incluso más crítico en los cuartos limpios. La relevancia de su control radica en que la mayoría de las partículas que se encuentran en un área no controlada pueden afectar el producto en proceso, tanto en funcionamiento como en estética. Es por esto por lo que se pretende mantener el mínimo posible de partículas en el aire, para esto existen estándares que nos señalan los límites permisibles, así como recomendaciones.

Control de presión diferencial:

Otro factor muy importante, y que además se relaciona estrechamente con el punto anterior, es el control de la presión diferencial. Para fines de este documento, la presión diferencial se entiende como la diferencia de presión (presión positiva) que debe de tener el área controlada con respecto a otra área (no controlada) que se toma como referencia. La presión debe ser mayor en el sector controlado para que de esta manera se disminuya el ingreso de partículas

contaminantes del exterior, garantizando aún más la calidad de los procesos de producción que allí se lleven a cabo.

1.3. Validación de las condiciones del escenario

A continuación, expongo la validación de las condiciones del escenario con lo cual aseguro que existen las condiciones para realizar la intervención en la organización, algunas de ellas son las siguientes:

Identificación del cliente: Al ser una organización grande consideré varios clientes, el Director General, Director de Finanzas, Gerente de la Unidad de Negocio, Gerente de Ingeniería Industrial / Ingeniería de Planta, Líder del Proyecto, Ingenieros de Procesos, e Ingenieros y Técnicos de Mantenimiento, ya que todos ellos están involucrados en la fabricación del producto donde se tiene el problema.

Sostenibilidad del proyecto: El involucramiento que tiene la alta dirección en este tipo de proyectos es total, ya que es de suma importancia eliminar o reducir el desperdicio, normalmente se asignan responsables para dar seguimiento constante y solucionarlos.

Tiempo requerido: Estimo que el proyecto se concluirá en alrededor de un año mostrando avances periódicos, hay sentido de urgencia debido a que la problemática disminuye margen de utilidad e imagen con cliente en la organización.

Disposición al cambio: Se percibe disposición al cambio, por la importancia del problema y por la filosofía de la organización de estar siempre mejorando procesos veo factible la intervención.

1.4. Análisis del contexto y del entorno de la organización

A continuación, pongo en contexto a la organización para saber la importancia que adquiere esta intervención y con la cual se pretende mejorar las condiciones de desperdicio que se tiene en el proceso de *Optical Bonding*.

1.4.1. Contexto de la empresa

Este contexto pretende exponer la empresa (Continental Automotive de Occidente) a nivel macro, la organización fundada en Hannover Alemania el 08 de octubre de 1871 comenzó fabricando productos de caucho blando, telas engomadas, neumáticos macizos para vagones y bicicletas, a lo largo del tiempo y desde su fundación ha estado involucrada en diversos acontecimientos importantes en pro del desarrollo tecnológico, aquí menciono algunos: participó en el sellado de los depósitos de gas del primer dirigible alemán LZ1 en año 1900, fabricó los neumáticos para el primer automóvil marca Daimler (denominado Mercedes) que ganó de manera sensacional la carrera Niza-Salon-Niza en año 1901, inventó la llanta desmontable para automóviles sedán para ahorrar tiempo y esfuerzo al cambiar la rueda en año 1908, incorporó el caucho sintético en el proceso de fabricación de los neumáticos en el año 1936, presentó la patente para neumáticos sin cámara en el año 1943, produjo cintas transportadoras de cables de acero en el año 1950, añadió neumáticos M + S que se utilizan para barro y nieve en invierno en el año 1955, también en el mismo año es la primera empresa en desarrollar muelles de aire para camiones y autobuses, abrió el primer centro de prueba de neumáticos Contidrom en el año 1967, fue el primer fabricante que comenzó a abastecer a la industria automotriz europea con polainas de poliuretano moldeadas con extrusión soplado en el año de 1974, fabricó soportes hidro elásticos (soportes especiales utilizados en diseño de ingeniería para amortiguar las vibraciones y el ruido) en masa para la industria automotriz en el año 1983, presentó el amortiguador integrado de alternador y arranque que

combina el arranque y el generador del vehículo en una sola unidad lo cual ayuda a reducir de forma significativa el consumo de combustible y sus emisiones en el año 1997, en la planta de Nuremberg comenzó la producción de baterías de ion-litio para uso en vehículos híbridos para conducción en el año 2008, en Shanghái se abrió la nueva oficina central asiática y un centro de investigación y desarrollo importante para el crecimiento en China y Asia en el año 2009, comenzó la producción de motores eléctricos en Alemania en el año 2011, comenzó las pruebas exhaustivas para la conducción automatizada en el estado norteamericano de Nevada en el año 2012, presentó por primera vez un híbrido suave de 48 voltios *connected Energy Management* en el año 2016, además la organización a lo largo de todo este tiempo ha adquirido a diferentes empresas y ha formado importantes alianzas o fusiones para desarrollar productos innovadores en el ramo automotriz, algunas de estas empresas son: Daimler, Benz, Porsche, Uniroyal, Semperit, General Tire, Mabor, Benecke-Kaliko AG, Temic, Phoenix AG, Motorola (departamento electrónica automotriz), Siemens VDO, Emitec, Osram Licht AG entre otras.

La mejora continua en los neumáticos siempre ha estado vigente a lo largo de este tiempo y ha sido siempre punta de lanza con las innovaciones en los neumáticos.

Por lo anteriormente mencionado la empresa tiene miles de colaboradores alrededor del mundo en varias localidades como se muestra en la imagen 3, los cuales aportan capital intelectual y mano de obra calificada para los diferentes productos que fabrica.

En los últimos cinco años se ha venido presentando una revolución en el sector electrónico automotriz debido a que las exigencias del mercado se han incrementado, temas como digitalización, conectividad, conducción autónoma entre otras han revolucionado el sector y la investigación y desarrollo han cobrado mayor importancia para poder solucionar las exigencias del mercado como se muestra en la imagen 4.

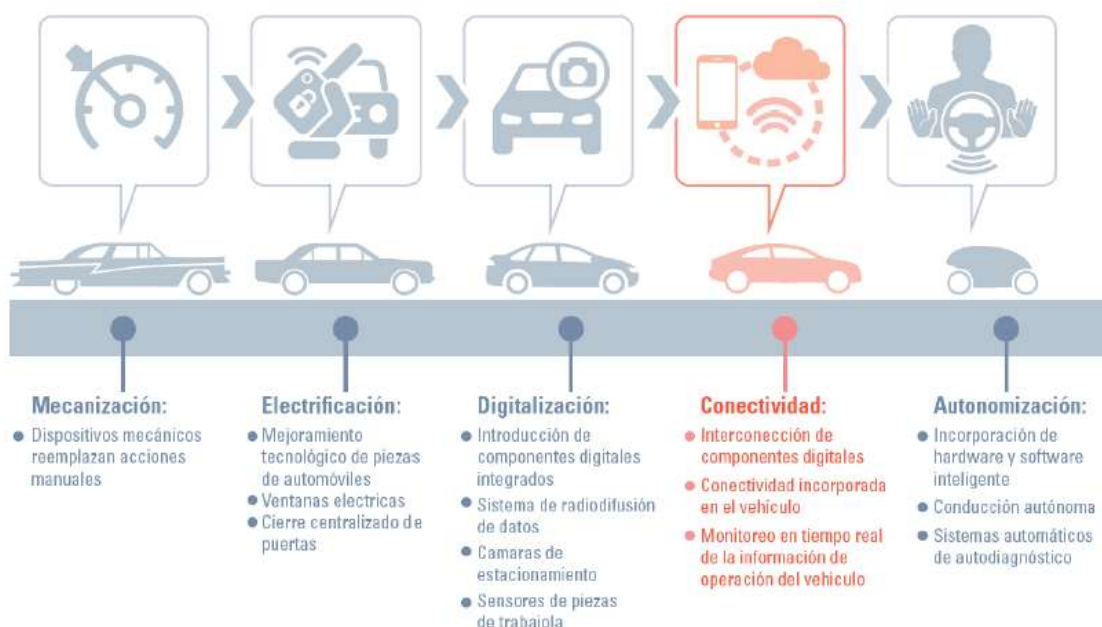


Imagen 4. Incorporación de la electrónica, el *software* y la IA está modificando las características de los vehículos. Fuente: CEPAL.

Sin duda, las exigencias del mercado siempre estarán presentes poniendo siempre en constantes retos a la industria automotriz con el objeto de obtener siempre un mejor desempeño, una mejor productividad, una mayor comodidad y sobre todo una mejor seguridad y prevención de accidentes tanto para los ocupantes de los vehículos como para el resto de los individuos que interactuamos con ellos a diario por las calles como se muestra en la imagen 5.

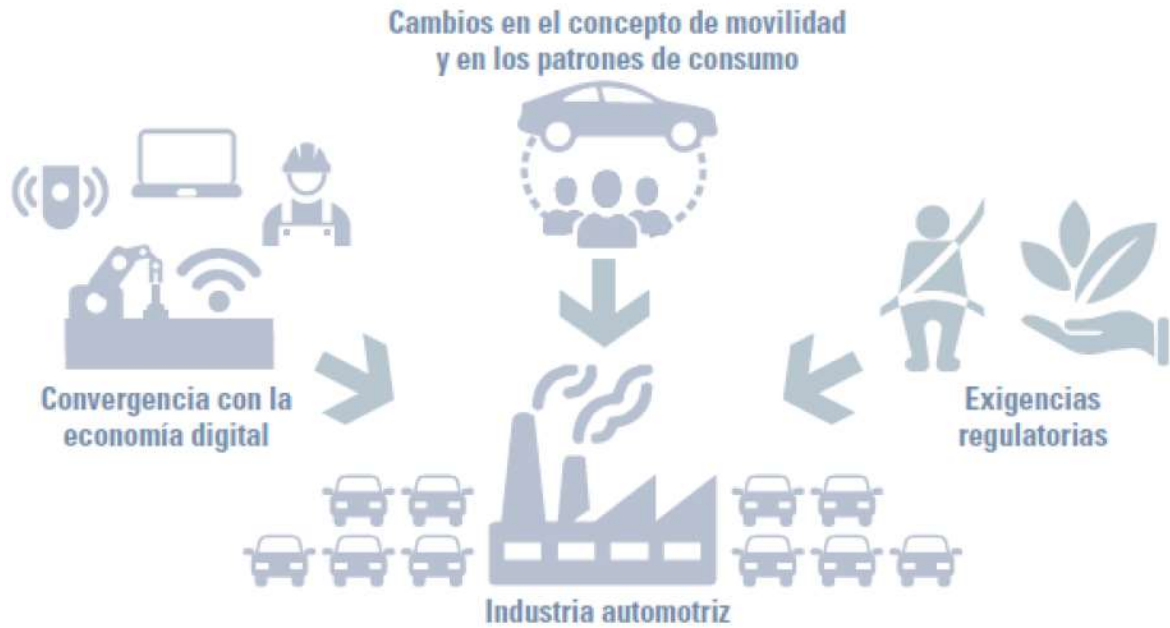


Imagen 5. Cambios acelerados a futuro de corto plazo. Fuente: CEPAL.

1.5. Análisis inicial de la problemática: primera hipótesis.

Como lo comenté en el capítulo 1.2 la problemática que existe en la organización es el alto desperdicio que se genera por no tener el control de las especificaciones ambientales del producto, una vez teniendo esto claro se elaboró un reporte A3 para representar la información obtenida en el mínimo espacio físico posible para el seguimiento de la estrategia, en la imagen 6 se muestra el reporte mencionado.

El reporte A3 muestra la información de la problemática en general que presenta el proceso del *Optical Bonding* de este reporte se desprende la intervención al proceso enfocándonos a la problemática detectada de desperdicio en este proceso.

A3 - Problem Solving

Title: MIB ABT 2 GP - PARTICLES IN OPTICAL BONDING

A. Describe Problem / Issue

1 - Problem Description & Background / Containment Actions

Optical bonding scrap due to particles increased since November 2018 and jump it critical in Cw03/19

2 - Current Condition

As of Cw03 the percentage of scrap due to particles increase from average of 3% up to 11.26% in Cw05

3 - Goal Statement / Objectives / Target Condition

Initial Goal: 5% of particles scrap, average of particles in 2018.
Challenge target: 3% of particles scrap. Due Date: 30/06/2019 (this goal depends on the implementation of open action for the clean room)

B. Find Root cause of Problem / Issue

4 - Root-Cause Analysis

According root cause analysis it was detected that the main offensor in the infrastructure (degradation) of the clean room (air conditioner, ducts, custom curtains)

C. Solve Problem / Issue

5 - Countermeasures

Action	Responsible	Due Date	Status
17. Evaluation of new overalls (dressing in clean room). 2 (Medium, large) -6th shift evaluation -4th shift evaluation	R. Archundia	08-mar	in process
18. Evaluation of new towels in order to avoid debris. -CEOS in process, 22.02.19 -Towels arrival, 01.03.19 -Lead time 1 week	R. Archundia	08-mar	in process
19. Get quotation of air shower. -Create the CEOS for the seleted supplier -Get 3 quotations in order to select the supplier	R. Archundia	08-mar	in process
20. Curtains concept improvement -Create the CEOS for the seleted supplier -Get 3 quotations in order to select the supplier -Review the concept of curtains improvement prior to the implementation	L. Rivas	CW22	in process
22. Installation of pressure of magnehetic air indicator.	L. Rivas	CW22	in process
23. Expedite the preform trays for screen and optical assy. -Evaluation of trays in order to released the purchase -Buy trays out of system. -Trays part number parametrization (8wks lead time)	C. Rodriguez	CW18	in process
24. Expedite delivery of Acusol solvent.	C. Rodriguez	CW10	in process
25. Air particles measurement system in the clean room -0.5 micras -1.0 micras -5.0 micras	R. Archundia	CW22	in process
26- Create a deep cleaning program. -Scope definition of the deep cleaning	A. Elias	08-mar	in process

D. Validate Solution and Standardize

6 - Effect Confirmation

Results: after Filter change from Cleanroom made in Cw05/19 the average of NOK pieces per week.

Cw06--> 4.5%,
 Cw07--> 6.8%,
 Cw08--> 3.7%,
 Cw09--> 3.5%,

1. Daily scrap monitoring due to particles vs. Production and sales. Resp. A. Elias/A. Ceja
 2. Continuous monitoring of pressure, temperature, moisture in clean room

7 - Follow-up Actions

Read across with new projects coming with optical bonding process

Location/Plant/Site: Guadalajara Periferico	Sponsor/Champion: Francisco Contreras	Team: A. Ceja/Luis Rivas/Euclí Araceli/Karelly Alvarado/Diana Luz/Cesar Rodriguez/Soraida Héctor/Rubén Salgado/H. Herrera	Start Date: Jan. 21st, 2019
BU/Department: ID	Author/Team Leader: Angélica Elías	End Date: Aug. 30, 2019	Latest Update: March 1st, 2019

Imagen 6. Reporte A3. Autor: Angélica Elías.

Utilizando la información del reporte A3 se generó entonces un diagrama causa efecto para encontrar las posibles causas que originan el problema.

1.5.1. Diagrama causa-efecto o Diagrama de Ishikawa

Este diagrama que se puede observar en la imagen 7, me fue útil para identificar las posibles causas del problema agrupándolas en categorías. La naturaleza de herramienta visual y la forma participativa en que se realiza ayudaron a utilizar la inteligencia colectiva en la apreciación del problema.

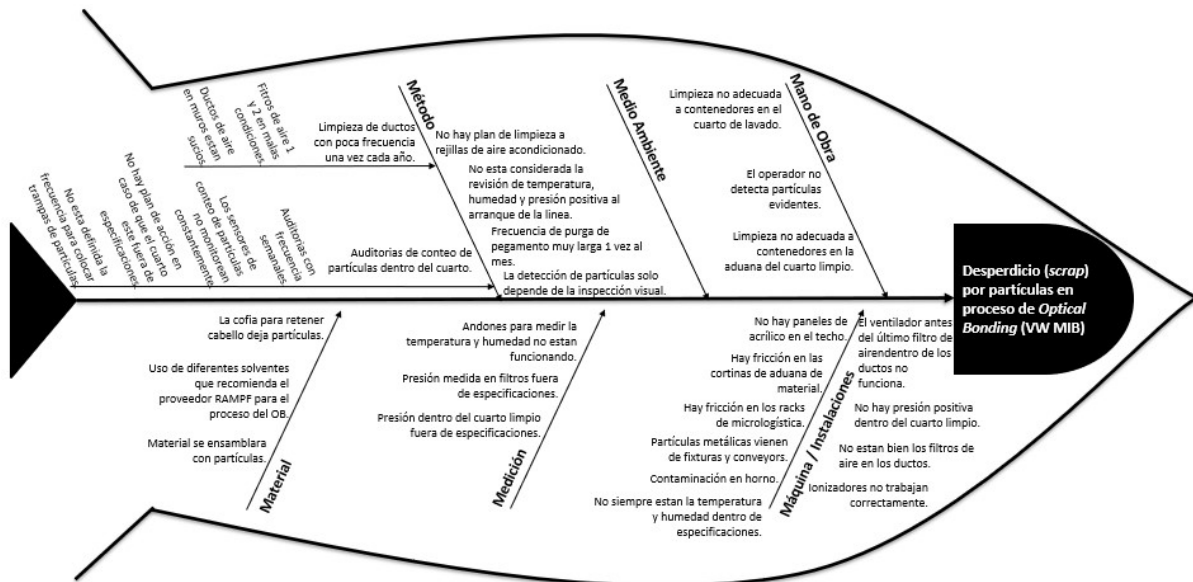


Imagen 7. Diagrama causa-efecto o Diagrama Ishikawa. Nota: creación propia.

1.6. Objetivos de la intervención

Buscando siempre la mejora continua en los procesos de la compañía se definen a continuación los siguientes tres objetivos que ayudaran a resolver la problemática anteriormente mencionada.

- Reducción de desperdicios.
- Incremento en el margen de utilidad.
- Mejorar la imagen con cliente.

Cabe mencionar que al alcanzar los objetivos anteriores se puedan lograr beneficios adicionales que se pueden observar en la imagen 8 y que pueden ser replicables a otras problemáticas de la misma organización e incluso pueden ser lecciones aprendidas que ayuden a otras localidades con alguna problemática similar.

Título del proyecto	Reducción de desperdicio en producción de <i>cluster</i> dentro de cuarto limpio en proceso <i>Optical Bonding</i>																																																																																		
Unidad de negocio	HMI																																																																																		
Subestructura	Interior																																																																																		
Planta	GDL-P																																																																																		
Área del proyecto	Piso de producción (VW)																																																																																		
Departamento	Ingeniería de planta																																																																																		
Estados del proyecto	En proceso																																																																																		
Inicio del proyecto	Febrero 2020																																																																																		
Fin del proyecto	Mayo 2021																																																																																		
Situación actual / Descripción del problema	Problema Desperdicio (<i>scrap</i>) en el proceso de " <i>Optical Bonding</i> ", Meta 0.38% (desperdicio VS ventas) real: 1.90% Situación actual: En 2019 hubo desperdicio (<i>scrap</i>) por \$11'316,363.93 MXN en el proceso de " <i>Optical Bonding</i> " Alcance: Proceso " <i>Optical Bonding</i> "																																																																																		
Situación futura / Objetivo del proyecto	Objetivo: Eliminar o reducir desperdicio (<i>scrap</i>) que es generado por no tener el control de las especificaciones ambientales que la calidad del producto requiere.																																																																																		
Acciones de mejora / hitos	<p>2020</p> <p>Q1 Búsqueda de proyecto Q2 Búsqueda de proyecto y etapa de definición Q3 Etapa de medición y etapa de análisis Q4 Etapa de incremento</p> <p>2021</p> <p>Q1 Etapa de incremento Q2 Etapa de control Q3 Cierre de proyecto</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Propuesta</th> <th rowspan="2">Duración</th> <th colspan="4">2020</th> <th colspan="3">2021</th> </tr> <tr> <th>Q1</th> <th>Q2</th> <th>Q3</th> <th>Q4</th> <th>Q1</th> <th>Q2</th> <th>Q3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Búsqueda de proyecto.</td> <td>3M</td> <td>■</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Etapa definición.</td> <td>3M</td> <td></td> <td>■</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Etapa medición.</td> <td>3M</td> <td></td> <td></td> <td>■</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Etapa análisis.</td> <td>4M</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>■</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Etapa incremento.</td> <td>4M</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>■</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Etapa control.</td> <td>3M</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>■</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cierre de proyecto.</td> <td>2M</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>■</td> </tr> </tbody> </table>			Propuesta	Duración	2020				2021			Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Búsqueda de proyecto.	3M	■							Etapa definición.	3M		■						Etapa medición.	3M			■					Etapa análisis.	4M				■				Etapa incremento.	4M					■			Etapa control.	3M						■		Cierre de proyecto.	2M							■
Propuesta	Duración	2020					2021																																																																												
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3																																																																											
Búsqueda de proyecto.	3M	■																																																																																	
Etapa definición.	3M		■																																																																																
Etapa medición.	3M			■																																																																															
Etapa análisis.	4M				■																																																																														
Etapa incremento.	4M					■																																																																													
Etapa control.	3M						■																																																																												
Cierre de proyecto.	2M							■																																																																											
Patrocinador	Luis Rivas Pajarito																																																																																		
Junta directiva	José Ortíz Escobar																																																																																		
Gerente del proyecto	Marcos García Cabrera																																																																																		
Miembros del equipo	Francisco Contreras, Raúl Archundia, Ricardo Ambríz																																																																																		
Entrenador	Guillermo Villarruel																																																																																		
Esfuerzos financieros	Considerados dentro del presupuesto de FM																																																																																		
Resultados cualitativos alcanzados	Alcanzar la calidad del producto que el cliente requiere																																																																																		
Especificación de indicadores	Valor Antes	Valor Después	Dirección	Cambio (%)																																																																															
Indicador "1" (Nombre y Dimensión)	Reducción de desperdicio (<i>scrap</i>).																																																																																		
Indicador "1" (Valor)	11'316,363.93 MXN	3'176,193.70 MXN	Reducción	72%																																																																															
Indicador "2" (Nombre y Dimensión)	Incrementar el margen de utilidad.																																																																																		
Indicador "2" (Valor)	1.90%	0.36%	Incremento	81%																																																																															
Indicador "3" (Nombre y Dimensión)	Mejorar la imagen con el cliente.																																																																																		
KPI "3" (Valor)	Por definir	Por definir	Incremento/Reducción																																																																																
Comentarios																																																																																			

Imagen 8. Acta constitutiva del proyecto. Nota: creación propia.

1.7. Delimitaciones y área funcional por intervenir

El alcance de este proyecto se enfoca a una sola familia de productos de un solo cliente, esta acotación permitirá trabajar de mejor manera ya que obtendremos una visión más amplia, clara y detallada de los problemas que afectan el proceso de fabricación de estos productos.

Se elaboró un diagrama de flujo de la fabricación del *cluster* para hacer visible el proceso donde se realizó la intervención, se muestra en la imagen 9, este diagrama además de la identificación de los procesos contiene el desperdicio en dinero que se genera en cada uno de los procesos; cómo se puede ver el proceso del *Optical Bonding* es el que mayor desperdicio está generando.

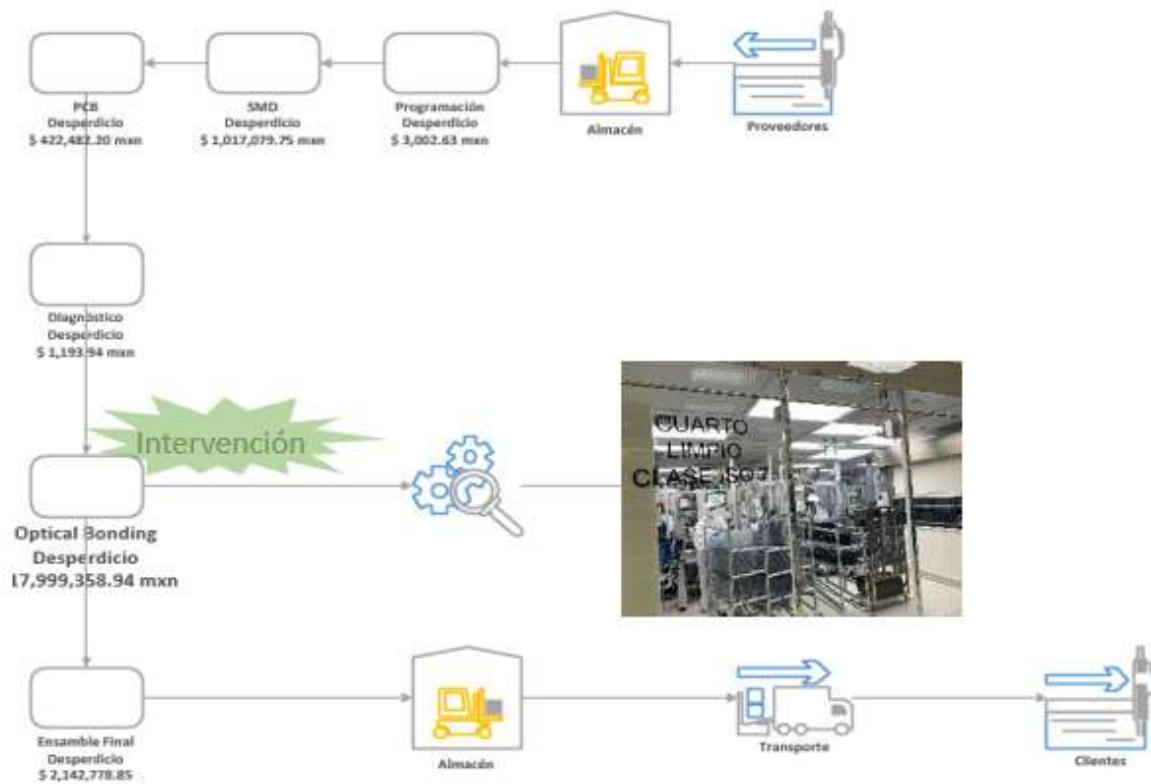


Imagen 9. Diagrama de flujo de fabricación de *cluster*. Nota: creación propia.

Como se mostró en la imagen anterior el proceso donde se realiza la intervención es el proceso de *Optical Bonding* el cual, es uno de seis procesos requeridos para la fabricación del *cluster*, a continuación, en la imagen 10 se muestra en un diagrama SIPOC el proceso a intervenir.



Imagen 10. Diagrama SIPOC. Nota: creación propia.

A continuación, en la imagen 11, se puede observar en un diagrama CTQ donde se enlistan las variables críticas para el cliente para el proceso a intervenir, en otras palabras, los requerimientos que son importantes para los clientes durante la fabricación del *cluster*.

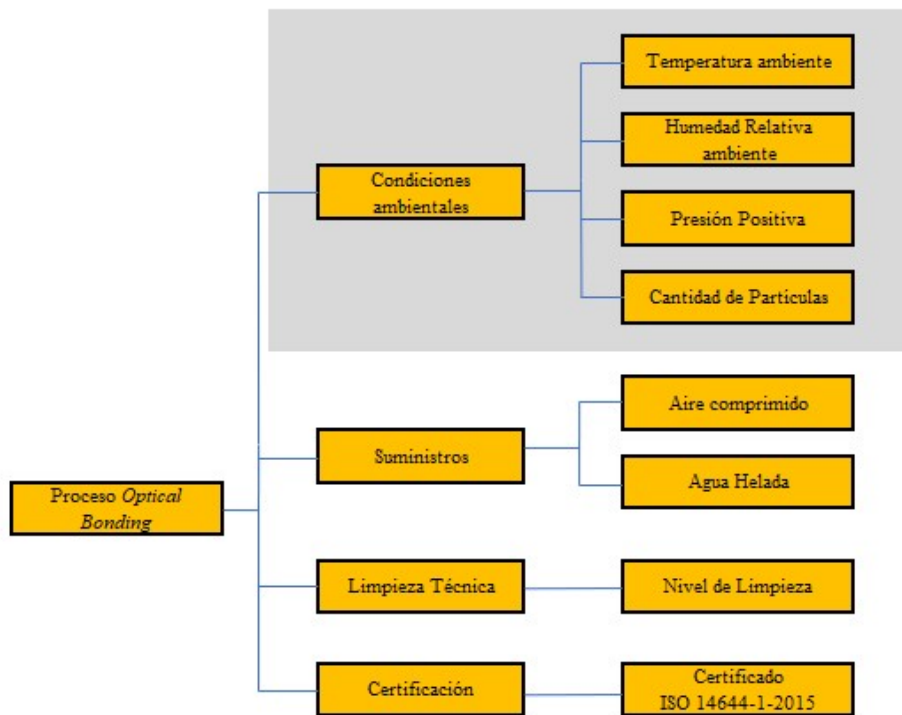


Imagen 11. Diagrama CTQ. Nota: creación propia.

1.8. Justificación y pertinencia del trabajo

A continuación, se muestran los valores estimados de desperdicio para este proceso:

Meta del proyecto 0.45% Meta del Proceso *Optical Bonding* 0.38%

Los anteriores valores planteados no se han cumplido en distintas ocasiones a lo largo de la vida del proyecto que dicho sea de paso es de un par de años, a continuación, se muestran los resultados alcanzados durante el año 2019 en la imagen 12, donde se observan los valores de comportamiento del desperdicio.

Desperdicio VS Ventas Proyecto VW MIB 2019		
Mes	Desperdicio Total del Proyecto	Desperdicio <i>Optical Bonding</i>
Enero	5.80%	4.29%
Febrero	5.09%	4.59%
Marzo	4.02%	3.51%
Abril	1.38%	1.17%
Mayo	1.60%	1.31%
Junio	2.07%	1.70%
Julio	1.84%	1.46%
Agosto	1.37%	1.19%
Septiembre	1.08%	0.87%
Octubre	1.50%	1.17%
Noviembre	1.29%	0.97%
Diciembre	0.88%	0.62%

Imagen 12. Tabla de comportamiento de desperdicio. Nota: creación propia.

2. Marco conceptual o de referencia

Como se ha mencionado anteriormente en el capítulo 1.4.2, la evolución de la industria automotriz se ha acelerado en los últimos cinco años, esto ha provocado enormes esfuerzos de los proveedores de esta industria para cumplir con las exigencias de los productores de automóviles a nivel mundial, los constantes avances en tecnología han permitido materializar muchos de lo que hasta hace pocos años eran solo sueños de clientes de automóviles.

2.1. Estado de la cuestión

La evolución del *cluster* a través del tiempo a partir de 1980 la puedo clasificar en tres etapas hasta el día de hoy, la primera sería la medición e indicación análoga, la segunda, medición e indicación con pantalla informativa y la tercera, medición e indicación con pantalla interactiva; los cambios que se han hecho en este tiempo son extraordinarios y han garantizado una mayor seguridad y una mejor conducción en los vehículos al conductor y pasajeros, además que han adquirido prestaciones para hacer más placentero el viaje, esta evolución se muestra en la imagen 13.



Imagen 13. Evolución del *cluster* a través del tiempo (1980 a 2020). Fuente: Internet

(imágenes).

A continuación, una breve descripción de cada una de las tres etapas:

1. Medición e indicación análoga.

En esta etapa el *cluster* era muy sencillo y solo medía e indicaba información básica del automóvil, como las revoluciones por hora del motor, la presión de aceite, la temperatura de anticongelante o agua, la velocidad a la cual se viajaba, el nivel del tanque de combustible y un odómetro para registrar los kilómetros recorridos, todo esto indicado en diferentes escalas mediante una aguja o indicador (*pointer*); todo esto se integraba al vehículo de una manera funcional, pero de manera separada, tratando siempre de tenerlo a la mano de un solo vistazo por el conductor, los materiales eran en su mayoría plásticos y operaban con electrónica muy básica en la composición de los mismos.

2. Medición e indicación con pantalla informativa.

En esta etapa el *cluster* contenía mayor cantidad de mediciones e indicaciones de información del automóvil, además de la etapa anterior ya contaba con testigos (indicadores) para medir presión de aire en las llantas, posibles daños en sensores de motor, puertas mal cerradas o abiertas, alertas o problemas en el sistema de frenos, entre otros; para este tiempo todos los indicadores estaban integrados en un solo módulo o panel que permitía de una manera segura y rápida echar un vistazo al conductor del estado general del automóvil, para este momento los plásticos eran de una mejor calidad y la electrónica con que operaban era la más avanzada.

3. Medición e indicación con pantalla interactiva.

En esta etapa reciente, el *cluster* maneja todas las mediciones e indicadores de información de las dos etapas anteriores e integra tecnologías de conexión inalámbrica para dispositivos móviles como celulares, mandos por voz, sistemas de navegación en tiempo real, pantallas

touch, conducción autónoma entre otras cosas; la calidad de los plásticos de fabricación y la electrónica con que operan son lo más avanzado que hay tecnológicamente, todo esto ofrece al conductor una experiencia interactiva al conducir lo cual provoca una experiencia placentera y segura de viaje en el automóvil.

Tomando como justificación la explicación sobre las tres etapas de la evolución del *cluster* anteriormente mencionadas quiero resaltar la importancia que tiene la intervención en este proyecto, el constante avance tecnológico y la competencia entre los fabricantes de automóviles provocarán en un futuro cercano la fabricación de una mayor cantidad de *cluster* que requieran para su producción procesos de *Optical Bonding* o similares, por lo que, será necesario tener control ambiental de estos procesos, para reducir o eliminar desperdicios que provoquen mermas en las ganancias de la organización y una mala imagen ante los clientes por fallas o retrasos en los productos. Esta intervención entonces pretende corregir para luego estabilizar las condiciones ambientales del proceso *Optical Bonding* trayendo como beneficio a la organización una reducción de desperdicio, un aumento en el margen de utilidad y una mejor imagen con los clientes.

2.2. Conceptos y enfoques teóricos relacionados

El proceso para la fabricación de este tipo de *cluster* demanda condiciones controladas mencionadas en el capítulo 1.2 que deben de cumplirse para poder lograr una baja contaminación por partículas y con ello lograr la calidad exigida por el cliente, un cuarto limpio es entonces el elemento principal donde se construye este tipo de *cluster*, en él se dan las condiciones idóneas para la fabricación, los cuartos limpios se rigen bajo la Norma ISO 14644-1-2015 Clasificación y control de cuartos limpios, bajo esta norma la clasificación del cuarto que tenemos es la ISO 7, como se muestra en la imagen 14.

Clase	Número de Partículas por Metro Cúbico por Tamaño Micrométrico					
	0,1 µm	0,2 µm	0,3 µm	0,5 µm	1,0 µm	5,0 µm
ISO 1	10	2				
ISO 2	100	24	10	4		
ISO 3	1,000	237	102	35	8	
ISO 4	10,000	2,370	1,020	352	83	
ISO 5	100,000	23,700	10,200	3,520	832	29
ISO 6	1,000,000	237,000	102,000	35,200	8,320	293
ISO 7				352,000	83,200	2,930
ISO 8				3,520,000	832,000	29,300
ISO 9				35,200,000	8,320,000	293,000

Imagen 14. Cantidad de partículas permitidas en cuartos limpios por su clase. Fuente: Norma ISO 14644-1-2015 Clasificación y control de cuartos limpios.

Un cuarto limpio es un espacio con ambientes controlados para trabajos biológicos, físicos o químicos, es decir, son sistemas de trabajo que proporcionan limpieza absoluta, por lo tanto, requieren de ciertas condiciones y características para su correcta función que se puede observar en la imagen 15.

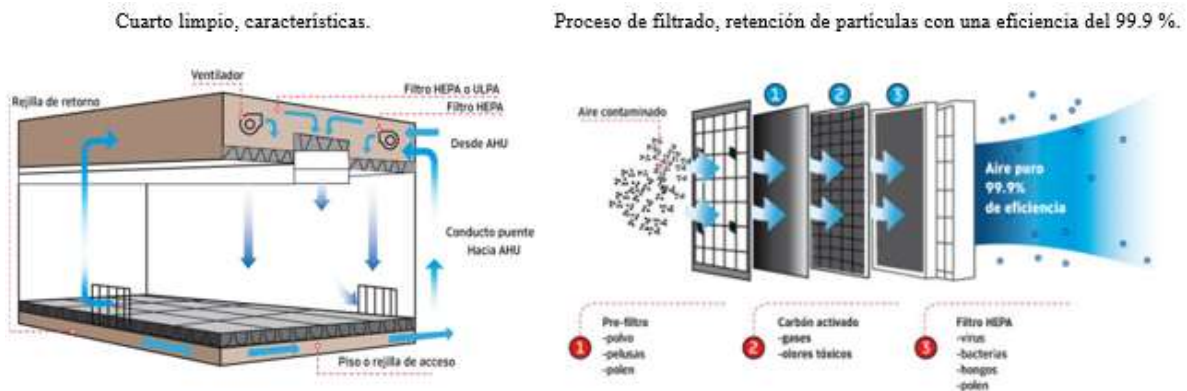


Imagen 15. Características de cuartos limpios. Fuente: BMG Ingeniería.

Como se ha mencionado anteriormente el mantener las especificaciones o condiciones dentro de un cuarto limpio es esencial para la fabricación de un producto de calidad, por lo que la intervención planteada para este proyecto coadyuvará a cumplir con las especificaciones o

condiciones requeridas para la fabricación del *cluster* y con ello se reducirá el desperdicio y se incrementará el margen de utilidad de la organización.

2.3. Herramientas tecnológicas o de innovación consideradas en el trabajo

En este proyecto se trabaja con herramientas tecnológicas avanzadas tales como sensores de temperatura y humedad, contadores de partículas, medidores de presión diferencial en línea y que envían la información de manera remota, además de monitoreo de estado de equipos como aire acondicionado, humidificador, algunas estaciones de proceso cuentan con cámaras que graban en tiempo real las actividades que se realizan, entre otras herramientas que ayudan a tener monitoreado el proceso de fabricación del *cluster*, además que se utilizarán herramientas estadísticas y metodológicas para el análisis de la problemática y la evaluación de la mejora en el proceso que se intervendrá.

3. Análisis de la problemática.

Como se ha mencionado en los capítulos anteriores es fundamental mantener dentro de límites ciertas condiciones ambientales dentro de un cuarto limpio, la temperatura, la humedad relativa, la presión diferencial y la cantidad de partículas en el ambiente es clave para poder elaborar productos confiables y con la calidad demandada por el cliente. En el capítulo 1.2 se describen y detallan las especificaciones ambientales en las que se debe mantener un cuarto limpio clase ISO 7, bajo la Norma ISO 14644-1-2015 Clasificación y control de cuartos limpios, actualmente el cuarto limpio no tiene el control completo de las especificaciones y por ende procesos estables, por lo que estamos teniendo desperdicio debido a que no se cumplen los requerimientos de calidad establecidos; en el capítulo 1.5.1 donde se analizaron las posibles causas raíz del problema de desperdicio se identificaron que

las especificaciones de las condiciones ambientales dentro del cuarto limpio no se mantenían siempre dentro de los límites establecidos como se muestra en la imagen 16.



Imagen 16. Identificación de especificaciones ambientales fuera de límites como posibles causas raíz del problema. Nota: creación propia.

Por lo anterior, es importante trabajar en realizar acciones para lograr los cambios necesarios en el proceso y así poder cumplir con las especificaciones de las condiciones ambientales dentro del cuarto limpio y con ello hacer que la estrategia de intervención cumpla con el objetivo, eliminar el desperdicio generado por no tener en control las condiciones ambientales.

Se utiliza la herramienta del 5 por qué's también para obtener y comparar las posibles causas raíz del problema que salieron en el diagrama de Ishikawa, como se muestra en la imagen 17, después se generó una matriz de implementación de acciones con las cuales se busca eliminar las causas raíz que generan el desperdicio, estas acciones se pueden ver en la imagen 18.

Causa Raíz					
Pregúntese varias veces, ¿por qué sucedió?, ¿por qué no se dio cuenta del problema? La causa raíz es aquella que queda en el último nivel (el último por qué). Enliste todas las causas potenciales posibles					
	¿Por qué 1?	¿Por qué 2?	¿Por qué 3?	¿Por qué 4?	¿Por qué 5?
Desperdicio (scrap) por partículas en proceso de Optical Bonding (VW MIB)	Porque no se tienen filtros adecuados para retener partículas	Porque los filtros están sucios	Porque los filtros están tapados o dañados	Porque los filtros no se reemplazan con la frecuencia necesaria	Porque no se tiene definido periodo de cambio de los filtros
	Porque la limpieza dentro del cuarto no es la adecuada	Porque la limpieza no es lo suficientemente capaz para eliminar la suciedad	Porque los elementos que realizan la limpieza no están debidamente capacitados	Porque no está definida la frecuencia de la limpieza	Porque no hay plan de limpieza establecido para el cuarto y los elementos de aire acondicionado
	Porque no se monitorean las condiciones ambientales	Porque el sistema de monitoreo no es el adecuado	Porque el software del monitoreo está descalibrado	Porque el monitoreo no es capaz de notificar condiciones en tiempo real	Porque no hay un sistema de monitoreo constante funcionando para alertar contaminación
	Porque la humedad dentro del cuarto está por arriba de la especificación	Porque la humedad dentro del cuarto está por abajo de la especificación	Porque no se monitorean las condiciones de humedad en tiempo real	Porque los equipos están fallando o falta capacidad para controlar la humedad	Porque no se tiene control completo de humedad dentro del cuarto
	Porque el material llega contaminado del exterior	Porque hay equipos que generan contaminación dentro del cuarto	Porque no hay inspección para revisar los materiales que ingresan al cuarto estén limpios	Porque la infraestructura del cuarto no es la adecuada	Porque el plafón del cuarto no es el adecuado (es de yeso)
	Porque los equipos que generan la presión positiva no son los adecuados	Porque los equipos que generan la presión positiva no son suficientes	Porque los equipos no están correctamente instalados	Porque los equipos no se revisan periódicamente para validar su funcionamiento	Porque hay equipos que ayudan a mantener la presión positiva apagados o dañados

Imagen 17. Herramienta 5 por qué's. Nota: creación propia.

Matriz de Implementación de Acciones					
No.	Causa Raíz	Acción a Implementar	Responsable	Implementación (dd/mm/aa)	Estatus (Abierto/Cerrado)
1	Contadores de partículas no monitorean constantemente	Corregir problema en sistema de monitoreo para garantizar el monitoreo constante de la cantidad de partículas	O. Antuna	12/08/2019	Cerrado
2	Ductos de aire sobre muros están sucios	Agregarlos al plan de limpieza mensual que realiza una compañía especializada (AQLM)	E. Pérez	20/01/2020	Cerrado
3	Filtros de aire en malas condiciones	Reemplazar los filtros y establecer la periodicidad del cambio mediante sistema de mantenimiento (SAP PM)	M. García	13/01/2020	Cerrado
4	Limpieza de ductos solo se realiza una vez al año	Agregarlos al plan de limpieza mensual que realiza una compañía especializada (AQLM)	M. García	20/01/2020	Cerrado
5	No hay plan de limpieza para rejillas de aire acondicionado	Agregarlos al plan de limpieza mensual que realiza una compañía especializada (AQLM)	E. Pérez	20/01/2020	Cerrado
6	Andones para alertar condiciones de temperatura y humedad no funcionan	Corregir la programación en el sistema de monitoreo para garantizar el adecuado funcionamiento	M. García / O. Antuna	13/11/2019	Cerrado
7	Presión diferencial medida en filtros fuera de especificaciones	Revisar que los ventiladores de apoyo estén funcionando	C. Velázquez / D. Ramírez	28/12/2019	Cerrado
8	Presión diferencial dentro de cuarto está fuera de especificaciones	Revisión periódica de ventiladores de apoyo y hermeticidad del cuarto limpio mediante sistema de mantenimiento (SAP PM)	C. Velázquez / D. Ramírez	07/10/2019	Cerrado
9	No hay paneles (plafón) de acrílico en el techo	Cambiar los plafones actuales que son de de yeso plastificados por plafón de acrílico	A. Rodríguez	26/09/2019	Cerrado
10	Temperatura no siempre están dentro de especificaciones	Instalar mayor capacidad de enfriamiento y un termostato de doble etapa para tener un control más	M. García / C. Velázquez	18/04/2021	Abierto
11	Humedad relativa no siempre están dentro de especificaciones	Instalar un sistema de des-humidificación para lograr mantener dentro de especificaciones	M. García / F. Contreras	18/04/2021	Abierto
12	Ventilador de apoyo en el filtro terminal no funciona	Reparar el ventilador de apoyo	C. Velázquez / D. Ramírez	28/12/2019	Cerrado

Imagen 18. Matriz de implementación de acciones. Nota: creación propia.

Es importante mencionar que quedan pendientes por implementar las acciones diez y once de esta matriz debido a que hubo un retraso en la compra de los equipos por temas de retención de presupuesto originados por la pandemia de COVID-19, sin embargo, estas

acciones se implementarán a finales del mes de mayo del 2021, se está trabajando actualmente en la base y soportes donde se montarán los equipos para su posterior instalación y puesta en marcha. Como se pudo observar en la imagen anterior casi todas las acciones ya fueron implementadas.

3.1. Definición de la metodología del análisis de la problemática, selección de las herramientas requeridas y el cronograma.

La metodología que se siguió en el proyecto es la DMAIC, como se muestra en la imagen 19, enfocada en la mejora incremental de procesos existentes, es una herramienta utilizada en calidad, basada en estadística que da mucha importancia a la recolección de información y a la veracidad de los datos como base de una mejora. El nombre es un acrónimo de los pasos de la metodología: definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

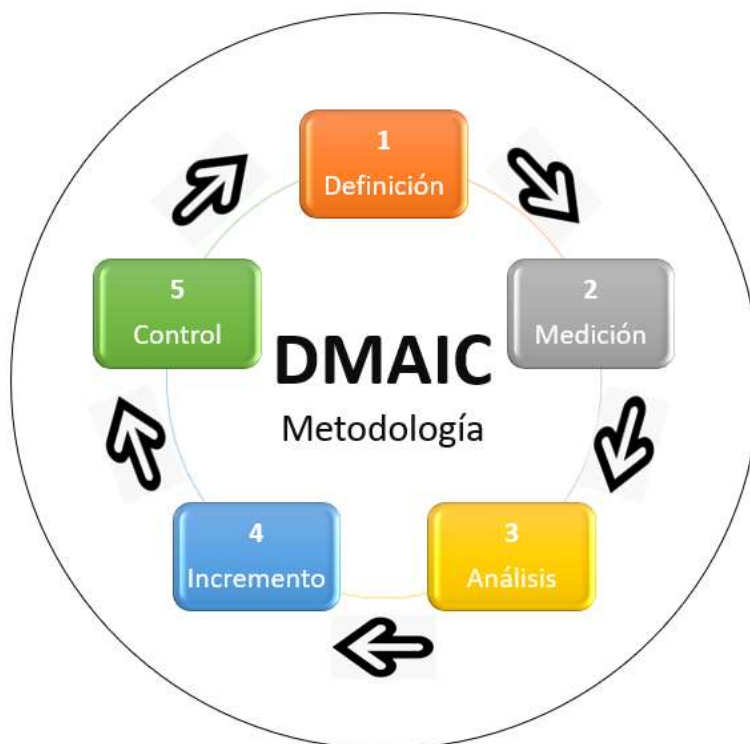


Imagen 19. Etapas de la metodología DMAIC. Nota: creación propia con información de club responsables de la calidad.

Algunas herramientas que utilicé son: Pareto, Diagrama de Ishikawa, Diagrama SIPOC, Análisis FODA, Reporte A3, Diagrama CTQ, Gráfico de Brechas, Cronograma, Pruebas de Normalidad, Gráficos de Control, Análisis de Capacidad entre otros.

A continuación, se muestra en la imagen 20 el cronograma general del proyecto con el cual, se pretende cubrir cada una de las etapas de la metodología, los tiempos están estimados en base a la experiencia de la recolección de datos y también a los tiempos destinados de la organización para el seguimiento de actividades tomando en cuenta mi carga actual de trabajo.

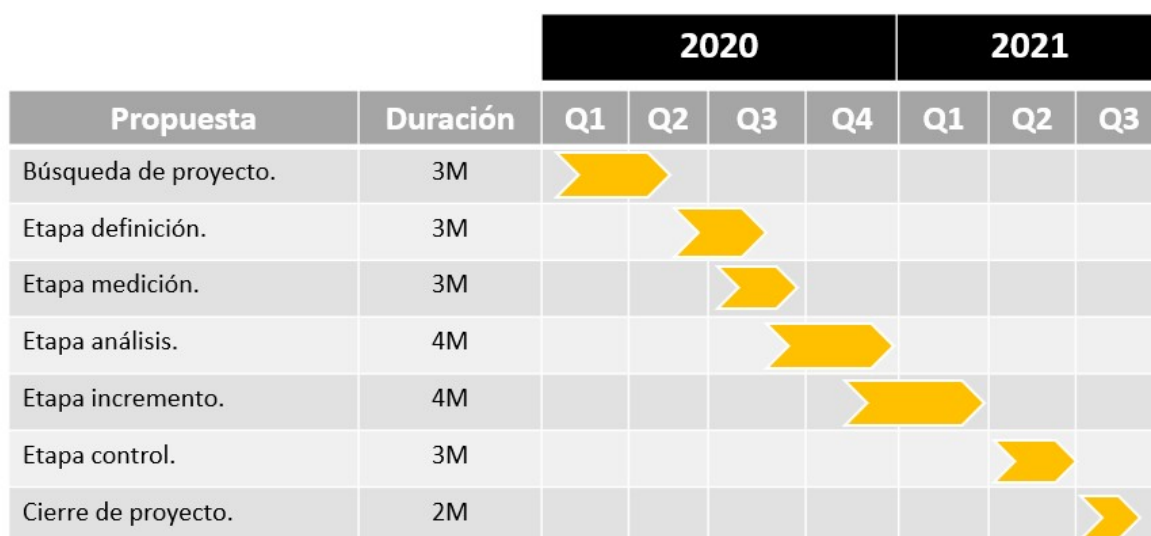


Imagen 20. Cronograma del proyecto, Nota: creación propia.

3.2. Metas de información

La información que se utiliza en la intervención es de tipo cuantitativa, lo cual, nos permitirá observar y entender la situación actual de la problemática, además, después de hacer la intervención nos ayudará a validar que se dio la mejora.

La información cuantitativa que se utiliza se obtiene de diferentes medios electrónicos oficiales de la organización, los cuales se alimentan de manera automática por diferentes

sistemas de registro y monitoreo; para el caso específico de las condiciones ambientales del cuarto limpio que es donde se hará la intervención, hay un sistema de monitoreo y registro parámetros automatizado que permite en todo momento visualizar las condiciones ambientales, los valores utilizados en este trabajo se obtendrán de dicho sistema como se muestra en la imagen 21. Es importante mencionar que la información obtenida del sistema de monitoreo es confiable ya que periódicamente los sensores y dispositivos que registran la información son calibrados para validar su correcto funcionamiento.

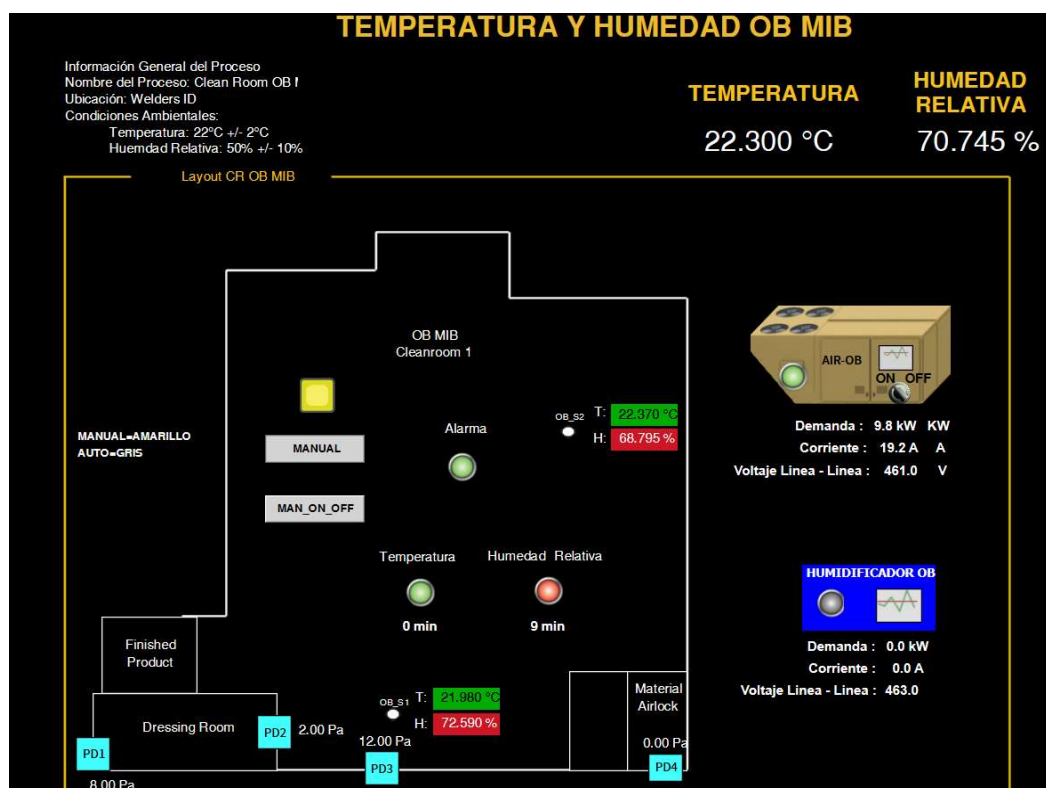


Imagen 21. Sistema de monitoreo y registro de condiciones ambientales del cuarto limpio.

Fuente: Sistema de monitoreo Continental Automotive.

3.3. Identificación, descripción y cuantificación de métricas iniciales.

A continuación, como se muestra en la imagen 22, se utilizó un gráfico de Pareto donde se observa que el mayor impacto de desperdicio se da en el proceso de *Optical Bonding* con un

monto de \$17,999,358.94 pesos, se realizó también un gráfico de Pareto de segundo nivel como se muestra en la imagen 23, donde se observa que el defecto de mayor impacto en el desperdicio del proceso de *Optical Bonding* es el de partículas en pantalla, además, en un gráfico de análisis de brechas como se muestra en la imagen 24 se puede observar la diferencia también considerable que existe entre la meta del año 2019 que era de 0.38% contra 1.90 % que fue lo que realmente sucedió, se desperdició cinco veces más de lo proyectado.

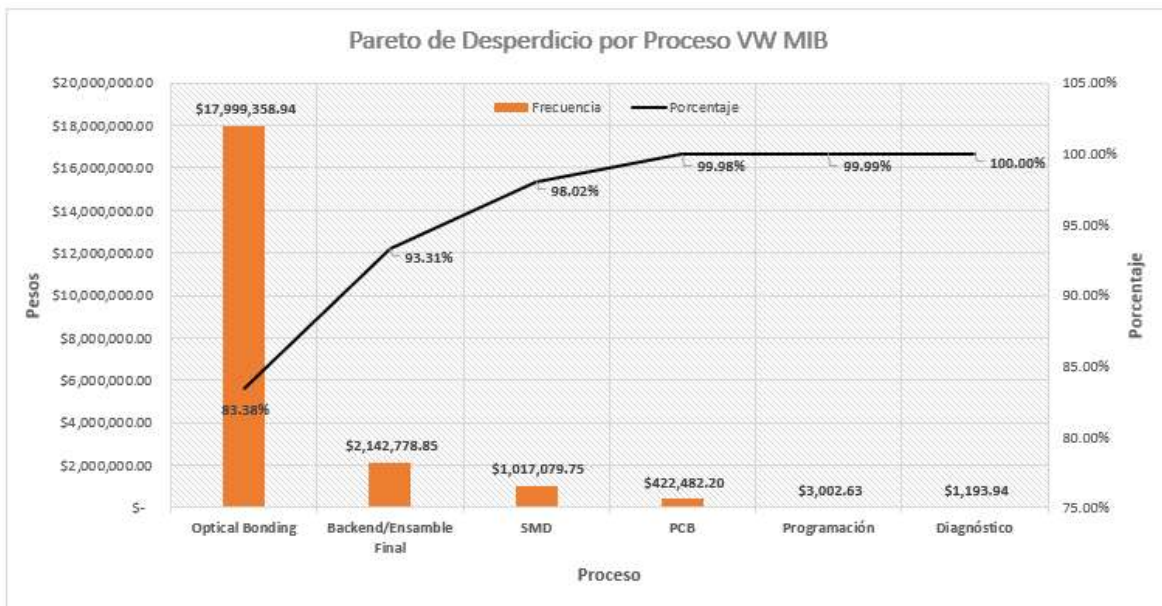


Imagen 22. Pareto de desperdicio por proceso VW MIB. Nota: creación propia.

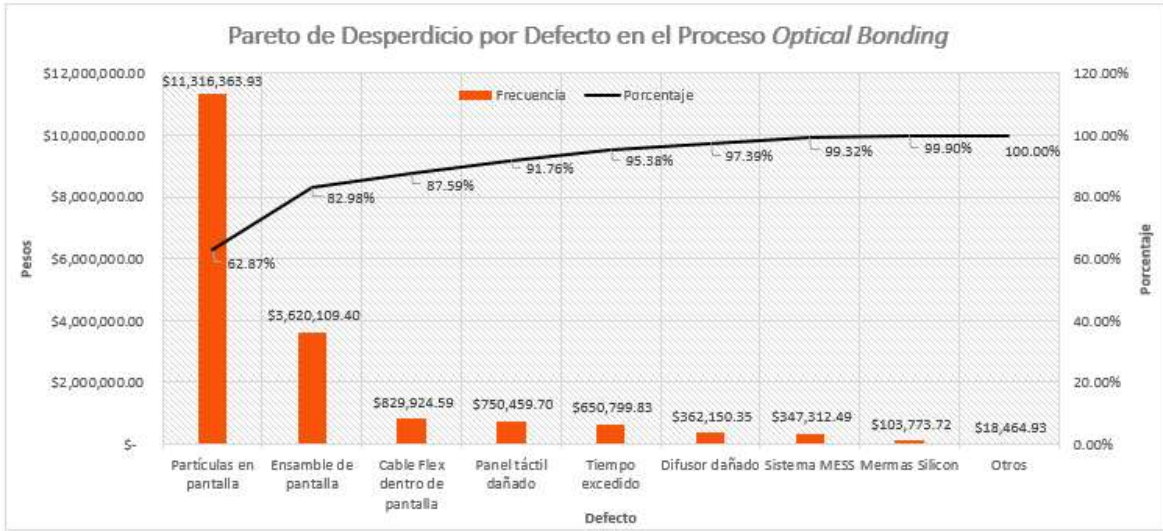


Imagen 23. Pareto de desperdicio por defecto en el proceso de *Optical Bonding*. Nota: creación propia.

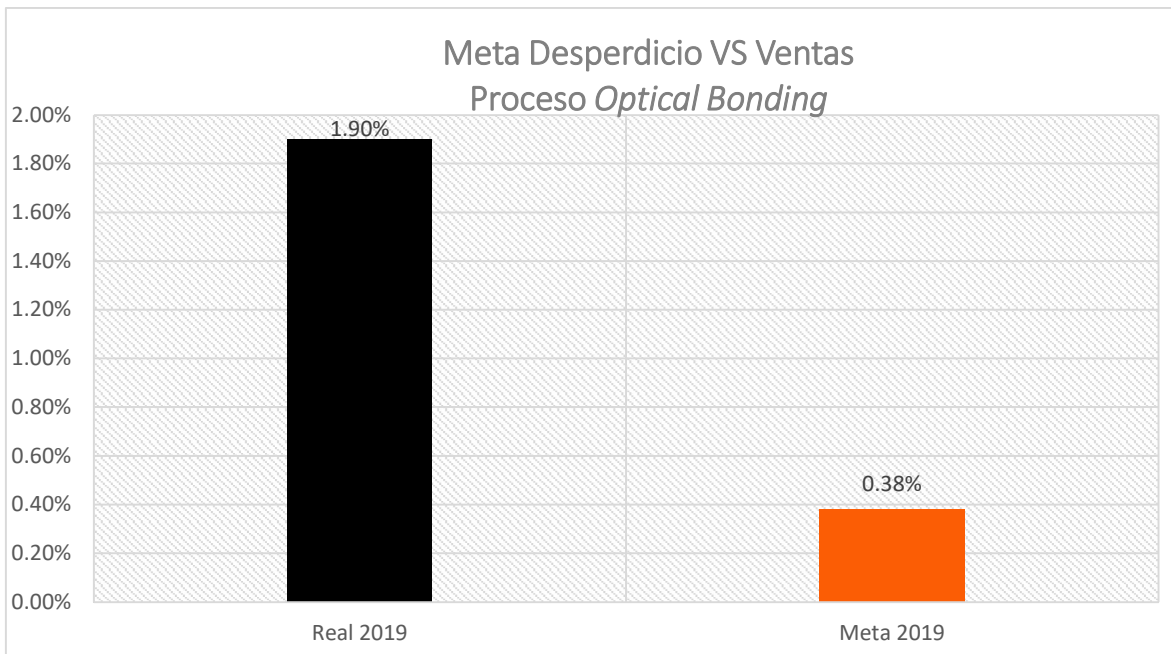


Imagen 24. Análisis de brechas proceso *Optical Bonding*. Nota: creación propia.

3.4. Análisis: correlación e interpretación de la información obtenida.

En este capítulo se realiza un análisis de correlación lineal, este análisis permite visualizar el tipo y grado de relación entre dos variables, las piezas producidas y el desperdicio son las dos variables que se analizaron, como se observa en el diagrama de dispersión en la imagen 25, a simple vista se ve que no tienen ningún tipo de correlación, en otras palabras, las variables no tienen dependencia de ningún tipo.

Se calculó también el coeficiente de correlación, para asegurar que la relación entre las dos variables que se observa en el diagrama de dispersión no se debe a una construcción errónea (por ejemplo el tamaño y las escalas) y para cuantificar la magnitud de la correlación lineal en términos numéricos, el valor del coeficiente de correlación obtenido fue de -0.3535 (entre más cercano sea el coeficiente a -1 o a 1 hay una fuerte correlación), como se puede ver en la imagen 26, el valor obtenido es muy bajo para considerar que haya correlación entre las variables, esto confirma también una nula correlación entre ambas variables.

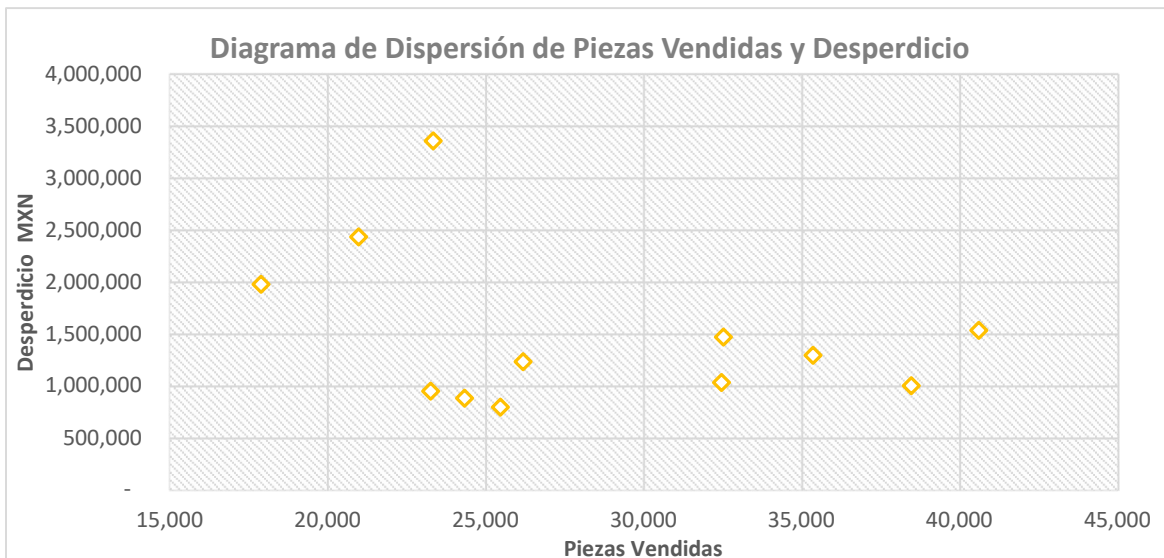


Imagen 25. Diagrama de dispersión de piezas producidas y el desperdicio. Nota: creación propia.

	<i>Cantidad vendida</i>	<i>Desperdicio</i>
<i>Cantidad vendida</i>	1	
<i>Desperdicio</i>	-0.3535	1

Imagen 26. Coeficiente de correlación de dispersión de piezas producidas y el desperdicio.

Nota: creación propia.

La interpretación que doy a este análisis es que la baja dependencia que hay en estas variables no significa que no haya relación alguna, ya que puede existir alguna relación no lineal, por eso será importante utilizar otras herramientas que nos ayuden a explicar las causas que generen el problema.

3.5. Conclusiones: definición de los factores prioritarios a modificar en la problemática.

Después de analizar y entender la problemática que atraviesa la organización en el proyecto de VW MIB, donde el proceso de *Optical Bonding* es principal contribuidor a la generación de desperdicio por defectos de partículas en pantalla y el ensamble de la misma, es necesario enfocar la estrategia a los principales factores que influyen en este comportamiento, el control de condiciones ambientales es sin duda un factor prioritario para poder lograr alcanzar los tres objetivos mencionados en el capítulo 1.6, los cuales son: reducir desperdicio, incrementar el margen de utilidad y mejorar la imagen con el cliente.

Enfocar la estrategia de intervención en el control de las condiciones ambientales dentro del proceso de *Optical Bonding* para lograr el objetivo de reducción de desperdicio, traerá como beneficio colateral el incremento del margen de utilidad y la mejora de la imagen de la compañía con el cliente, esta es la conclusión de este capítulo.

4. Estrategia metodológica de intervención.

Como se mencionó en el capítulo 3.1 la metodología que se definió utilizar es la DMAIC, a continuación, menciono una breve descripción de cada uno de los cinco pasos que hay que seguir en esta herramienta metodológica:

1.- Definir: Se definen los requerimientos del cliente y se entienden los procesos importantes afectados, los requerimientos del cliente se denominan CTQ's (por sus siglas en inglés: *Critical to Quality*, Crítico para la Calidad). En este paso se delimita el alcance del proyecto.

2.- Medir: Se mide el desempeño actual del proceso que se quiere mejorar, se utilizan los CTQ's para determinar los indicadores y tipos de defectos que se utilizarán durante el proyecto, se diseñan y recolectan los datos necesarios de las fuentes, se organizan las hipótesis causa – efecto y por último se comparan los resultados de la situación actual con los requerimientos del cliente para determinar la magnitud de la mejora.

3.- Analizar: Se analiza la información recolectada de las diferentes fuentes para encontrar a causa raíz del problema y oportunidades de mejora, estas oportunidades de mejora se priorizan de acuerdo su importancia con el cliente, se identifican y validan sus causas de variación.

4.- Incrementar/Mejorar: Se diseñan las soluciones que resuelvan el problema raíz y se logre que los resultados cumplan las expectativas del cliente, se desarrolla un plan de implementación, se implementan las acciones y se valida su eficacia.

5.- Controlar: Una vez validado que las acciones implementadas lograron el objetivo, se deben implementar controles que aseguren que el proceso se mantendrá de acuerdo con los

requerimientos del cliente, se debe documentar los cambios o en su defecto el nuevo proceso y establecer un plan de monitoreo para evitar que la solución sea solo temporal.

4.1. Justificación de la estrategia metodológica de intervención

DMAIC es una metodología estándar que utiliza Continental AG a nivel mundial para la mejora de los procesos en todas sus áreas, como se mencionó anteriormente, incorpora en cada una de sus etapas herramientas para obtener los mejores resultados incrementando o mejorando el proceso, minimizando errores. Es por ello, que en esta intervención utilizo esta metodología que basa su éxito en el uso de la estadística.

El hecho de que sea una metodología de uso estándar en la compañía permite su aplicación y entendimiento entre colaboradores de diferentes áreas de trabajo, por lo tanto, las acciones y/o actividades previamente analizadas que resulten de esta metodología contarán con el apoyo también de la alta dirección para su implementación, siempre y cuando no caigan en alguna de las dos categorías de imprevistos que se mencionan a continuación: Imprevistos por causa de fuerza mayor e Imprevistos por falta de recursos económicos, que se detallan en el capítulo 4.4.2.

4.1.1. Consideraciones costo/beneficio de la estrategia

Es innegable que un problema que afecte el margen de utilidad de una compañía, que lo disminuya en otras palabras, es motivo suficiente para que la compañía ponga su atención en él y destine recursos para su pronta y definitiva solución, esta intervención, es ese recurso que ayudará a dar la solución a este problema. El monto de desperdicio es considerablemente elevado, casi 18 millones de pesos al año, por lo que, es de suma importancia solucionar el problema de raíz, el hecho de reducir este desperdicio da como beneficio a la compañía un mayor margen de utilidad y una mejor imagen con el cliente.

4.2. Herramientas e instrumentos

El uso de diferentes herramientas me permitió analizar y entender las situaciones en cada una de las etapas de la metodología DMAIC, a continuación, menciono con una breve explicación las herramientas que he utilizado:

Pareto: Gráfico de barras que nos ayuda a identificar causas, ordenando por importancia a los diferentes problemas que se presentan en el proceso.

Diagrama de Ishikawa: Método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generen.

Diagrama SIPOC: Se utiliza para identificar todos los elementos relevantes de un proyecto de mejora de proceso antes de comenzar el trabajo.

Análisis FODA: Se utiliza para definir una estrategia para conseguir objetivos.

Reporte A3: Se utiliza para facilitar la solución de problemas, incrementando el aprendizaje y la cooperación entre colaboradores de la organización

Diagrama CTQ: Se utiliza para observar características de un producto o servicio que satisfacen requerimientos críticos de un cliente.

Gráfico de Brechas: Método gráfico para evaluar las diferencias entre el desempeño real y el desempeño esperado en un proceso.

Cronograma: Es un calendario en el que se establecen los tiempos en los que se realizarán distintas actividades y/o proyectos.

Pruebas de Normalidad: Se utilizan para determinar si un conjunto de datos está bien modelado por una distribución normal o no.

Gráficos de Control: Gráfico que ayuda a detectar anomalías en un proceso, además, nos ayuda a identificar causas especiales de variación.

Análisis de Capacidad: Se define como la cuantificación de la capacidad de cumplir con especificaciones de producto o cliente, estos índices son: Cp y Cpk. Estos valores ayudan a enfatizar la necesidad de mejoras para reducir la variabilidad del proceso.

En cuanto a la utilización de instrumentos a continuación menciono con una breve descripción los que se han utilizado para la obtención de datos:

Termohigrómetro: Instrumento que mide la temperatura y la humedad relativa en el medio ambiente.

Contador de partículas: Instrumento que cuenta y mide el tamaño de las partículas del aire que hay en el medio ambiente.

Sensor de presión diferencial: Instrumento que mide diferencia de presión entre dos habitaciones o áreas.

4.3. Ámbito de la intervención

Esta intervención está enfocada a resolver un problema de desperdicio (reduciéndolo o eliminándolo) en un proceso llamado *Optical Bonding* que es parte de una serie de procesos para la fabricación de un *cluster* que forma parte de un vehículo llamado Tiguan del cliente VW.

El proceso que se intervino es completamente productivo e involucra varias áreas, las cuales se han considerado desde un inicio y se han hecho participes en los diferentes análisis realizados a la problemática.

4.4. Etapas del proceso de aplicación/intervención

A continuación, se muestra el cronograma que se seguirá en este proyecto, la metodología a utilizar para la solución de la problemática es la DMAIC, por lo que, el cronograma se basa

en cada una de las etapas tomando en cuenta los recursos de tiempo, económicos y humanos que tengo a mi disposición, además del apoyo y/o recursos que la organización me brinda.

4.4.1. Cronograma del proyecto

A continuación, se muestra en la imagen 27 el cronograma general para la intervención de este proyecto.

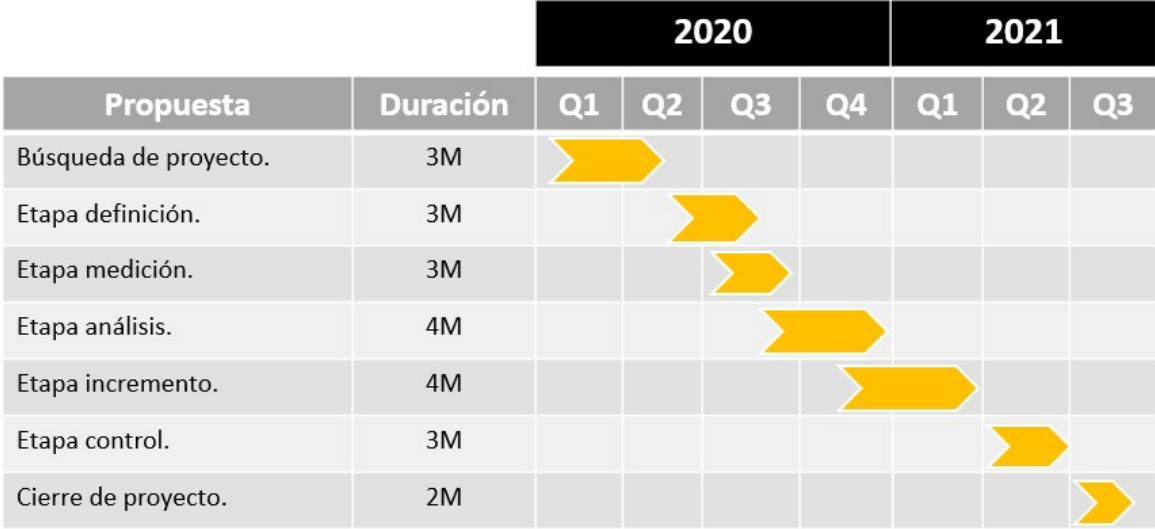


Imagen 27. Cronograma del proyecto. Nota: creación propia.

4.4.2. Imprevistos

En este capítulo expongo los imprevistos que pudieran ocurrir durante la intervención al proyecto. Los clasifico en dos: Imprevistos por causa de fuerza mayor e Imprevistos por falta de recursos económicos.

Los imprevistos por causa de fuerza mayor son todos aquellos que son ajenos a la organización y que pueden provocar un atraso o suspensión parcial o definitiva de la intervención del proyecto, es decir, aquellos imprevistos donde la organización tiene que reaccionar o adaptarse a las circunstancias mismas del entorno municipal, estatal, nacional o internacional, un claro ejemplo de este tipo de imprevistos es la pandemia de COVID-19 que

comenzó a tener repercusiones a finales del primer trimestre del 2020, provocando en la organización grandes cambios en la estrategia y en la forma de trabajo, la etapa en la que ha afectado la pandemia es la etapa de análisis ya que se tuvo un paro de planta de casi dos meses (abril 2020 - mayo 2020), por lo cual, no tuve oportunidad en ese periodo de tiempo de obtener información, sin embargo, he logrado recuperar ese tiempo avanzando en otros entregables.

Los imprevistos por falta de recursos económicos, también pueden provocar atraso o suspensión parcial o definitiva de la intervención del proyecto, por ejemplo a inicios del año 2020 antes de ser golpeados por la pandemia del COVID-19 ya se estaba presentando una desaceleración económica en algunos países primermundistas lo cual, comenzaba a tener repercusiones en la industria automotriz a nivel mundial y dejaba ver que todo el año 2020 y el 2021 habría una disminución de las ventas proyectadas para la organización.

La organización tiene muchos años de experiencia y ya le ha tocado sortear diferentes imprevistos a lo largo de la historia, por lo anterior, me da tranquilidad y confío en que se dará todo el apoyo a la intervención a este proyecto.

5. Exposición de hallazgos

En este capítulo expongo los hallazgos iniciales encontrados en dos condiciones ambientales que se monitorean constantemente dentro del cuarto limpio, temperatura ambiente y humedad relativa. La elección de estas dos condiciones ambientales es porque son clave para el correcto estado del adhesivo en el proceso que une a la pantalla digital con el lente protector que se produce dentro del cuarto limpio, además que son importantes también para el control ESD del área. Estas condiciones que se deben controlar son descritas en un documento

interno llamado TST N002 02.02 en el cual, dentro del punto 4.1 y 4.2 se menciona los valores en que se deben de encontrar estas condiciones. Este documento interno a su vez toma como referencias externas la ISO 14644-1 y la VDA 19 *Part 2* que son estándares internacionales que norman la limpieza que debe de haber en cuartos limpios.

A continuación, en las imágenes 28 y 29 se muestra el resultado de la prueba de normalidad, esta prueba es necesaria para saber si los datos que se utilizaran en próximos análisis estadísticos tienen un comportamiento normal, en otras palabras, si los puntos en la gráfica forman una línea aproximadamente recta y se ubican a lo largo de una línea ajustada que se encuentran dentro de los bordes de confianza se puede presuponer que los datos son normales, si hay datos alejados de esta línea recta hay entonces alejamiento de la normalidad por lo tanto, se tendría que presuponer que los datos no siguen un comportamiento normal.

Si el valor p es mayor que 0.05, se puede presuponer entonces que los datos siguen una distribución normal, por lo tanto, la capacidad del proceso se podría evaluar utilizando la distribución normal, pero si el valor de p es menor que 0.05, los datos no son normales y los resultados del análisis de capacidad podrían no ser correctos, si esto sucede se tendría que hacer una transformación de datos previo al análisis de capacidad o en su defecto, realizar un análisis de capacidad no normal, previamente se necesitaría saber qué tipo de comportamiento tienen los datos para poder así seleccionarlos durante el análisis.

Una vez mencionado lo anterior, se utiliza entonces la prueba de Anderson-Darling para saber el comportamiento de los datos, para los datos de temperatura ambiente la prueba arroja un valor de p de 0.014, para los datos de humedad relativa el valor de p es menor de 0.005, en ambos casos el valor de p es menor a 0.05 lo que indica entonces la prueba es que los datos no son normales.

Esto es importante saberlo antes de realizar el análisis de capacidad de los procesos.

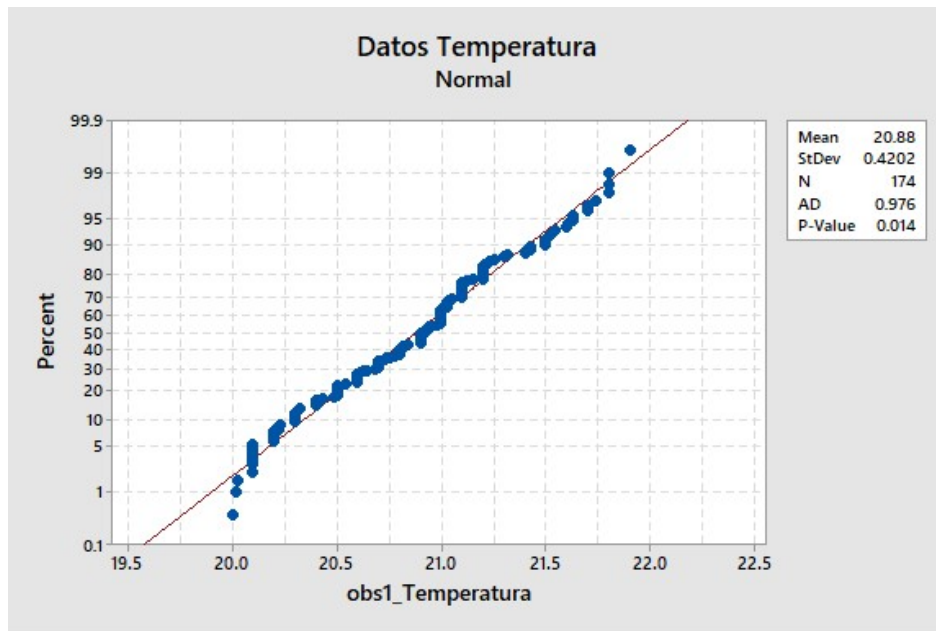


Imagen 28. Resultado prueba de normalidad para datos de temperatura ambiente. Nota: creación propia, con utilización de *software minitab*.

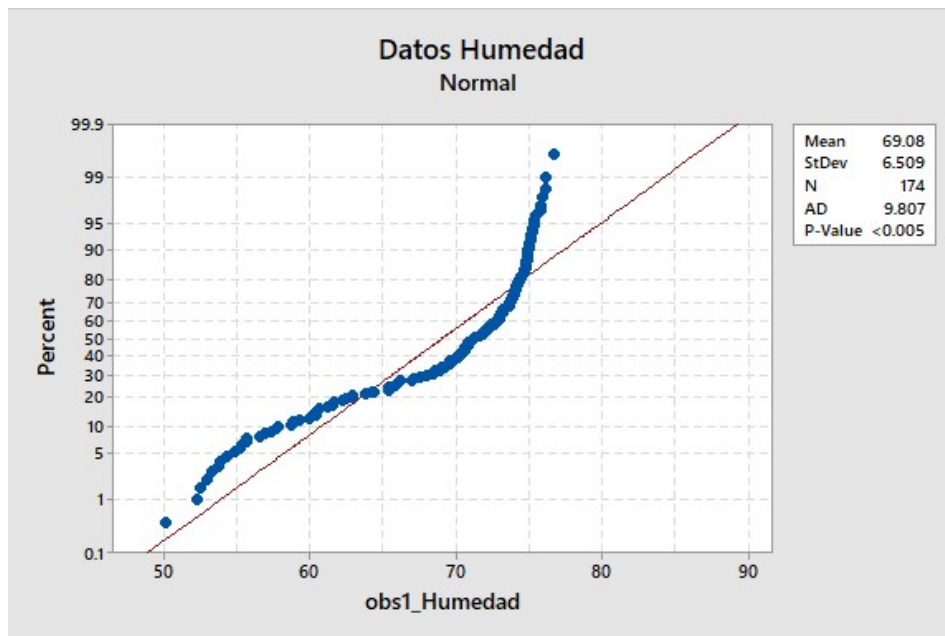


Imagen 29. Resultado prueba de normalidad para datos de humedad relativa. Nota: creación propia con utilización de *software minitab*.

Utilicé la herramienta de gráfico o carta de control para poder observar y analizar con datos estadísticos el comportamiento de un proceso a través del tiempo, encontrándose lo siguiente para cada una de las condiciones ambientales:

Temperatura Ambiente: Para esta condición el gráfico de control muestra en la imagen 30 que hay valores fuera de los límites de control, además hay una tendencia en la parte final de la gráfica, estos valores se pueden observar con una marca color rojo, por lo anterior, definimos que el proceso para mantener la temperatura no está bajo control estadístico. En la imagen 31 observamos los resultados de las pruebas de las ocho reglas de control estadístico de este proceso, cinco de ocho pruebas no son satisfactorias, se corrobora mediante el *minitab* que el proceso no está dentro de control estadístico, con respecto a la gráfica de rango se observa poca variación en el proceso, sin embargo, nueve valores consecutivos se encuentran por encima de la línea central por lo que no cumple con la regla número dos del control estadístico.

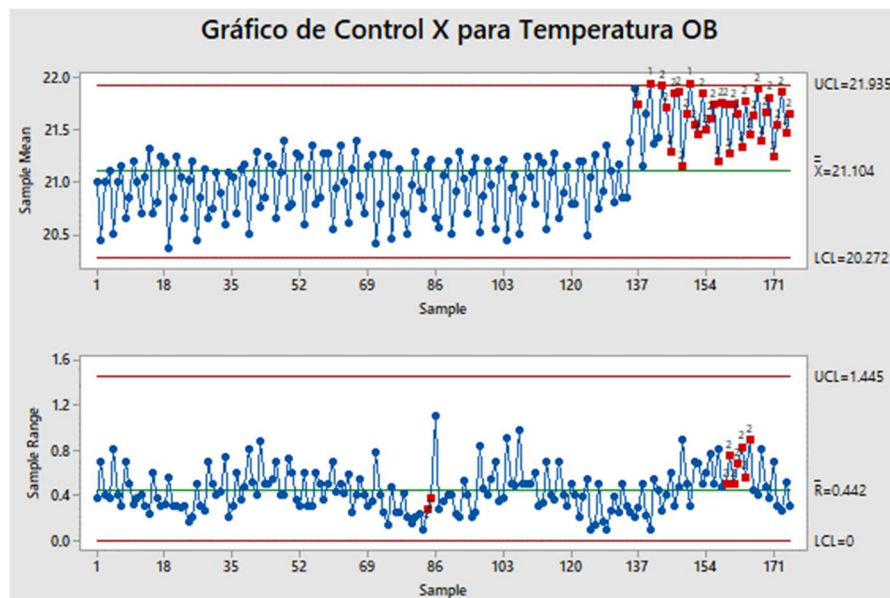


Imagen 30. Gráfico de control para temperatura ambiente. Nota: creación propia con utilización de *software minitab*.

Test Results for Xbar Chart of obs1_3, ..., obs2_3

TEST 1. One point more than 3.00 standard deviations from center line.
Test Failed at points: 140, 150

TEST 2. 9 points in a row on same side of center line.
Test Failed at points: 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156,
157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170,
171, 172, 173, 174, 175

TEST 5. 2 out of 3 points more than 2 standard deviations from center line (on one side of CL).
Test Failed at points: 137, 144, 146, 147, 158, 159, 161, 162, 164, 169, 170

TEST 6. 4 out of 5 points more than 1 standard deviation from center line (on one side of CL).
Test Failed at points: 140, 143, 144, 146, 147, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 158, 159,
162, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 172, 173, 174, 175

TEST 8. 8 points in a row more than 1 standard deviation from center line (above and below CL).
Test Failed at points: 156

Test Results for R Chart of obs1_3, ..., obs2_3

TEST 2. 9 points in a row on same side of center line.
Test Failed at points: 84, 85, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165

* WARNING * If graph is updated with new data, the results above may no
* longer be correct.

Imagen 31. Resultado de las ocho reglas de control estadístico para temperatura. Nota:

creación propia con utilización de *software minitab*.

Humedad Relativa: Para esta condición el gráfico de control muestra en la imagen 32 que hay valores fuera de los límites de control, estos valores se pueden observar con una marca color rojo, por lo anterior, definimos que el proceso para mantener la humedad relativa no está bajo control estadístico debido a que los valores están fuera de límites que son de 63.03% a 72.69%, en la imagen 33 observamos los resultados de las pruebas de las ocho reglas de control estadístico de este proceso, cuatro de ocho pruebas no son satisfactorias, por lo tanto, se corrobora mediante el *minitab* que el proceso no está dentro de control estadístico, con respecto a la gráfica de rango se observa poca variación en el proceso, sin embargo, hay un valor que esta tres desviaciones estándar por encima de la línea central por lo cual infringe la regla número uno del control estadístico, además nueve valores consecutivos se encuentran por debajo de la línea central por lo que no cumple con la regla número dos del control estadístico.

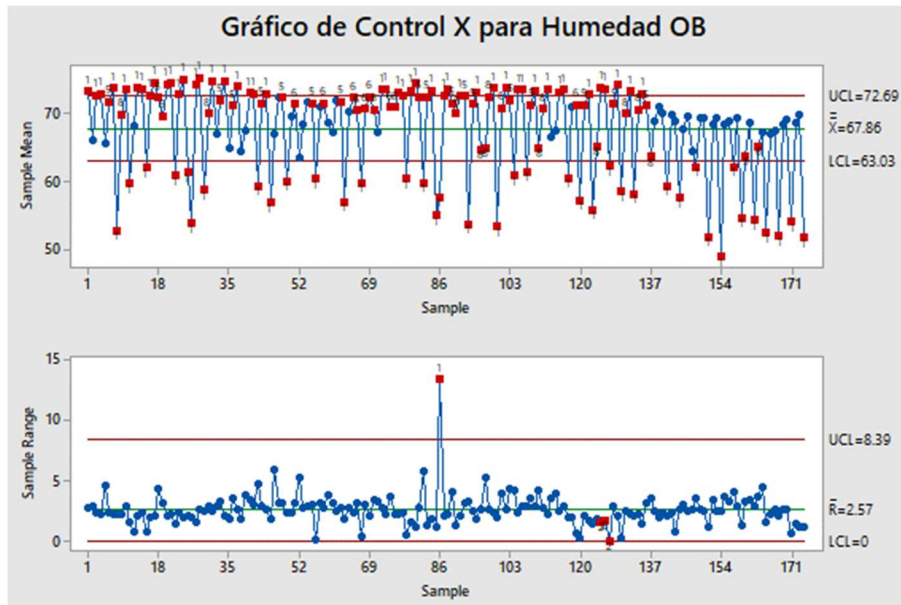


Imagen 32. Gráfico de control para humedad relativa. Nota: creación propia con utilización de *software minitab*.

Test Results for Xbar Chart of obs1_4, ..., obs2_4

TEST 1. One point more than 3.00 standard deviations from center line.
 Test Failed at points: 1, 3, 4, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 34, 37, 40, 41, 42, 44, 45, 49, 56, 63, 67, 72, 73, 76, 77, 78, 79, 80, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 91, 93, 95, 99, 100, 102, 104, 105, 106, 107, 109, 112, 115, 116, 117, 120, 122, 123, 125, 126, 127, 129, 130, 132, 133, 135, 141, 144, 148, 151, 154, 157, 159, 162, 165, 168, 171, 174

TEST 5. 2 out of 3 points more than 2 standard deviations from center line (on one side of CL).
 Test Failed at points: 3, 4, 6, 7, 14, 16, 17, 18, 20, 21, 23, 24, 26, 28, 33, 34, 36, 37, 41, 43, 44, 48, 55, 62, 73, 77, 79, 80, 81, 83, 84, 86, 88, 89, 91, 92, 94, 95, 99, 103, 105, 106, 108, 109, 116, 121, 122, 126, 128, 129, 136, 148, 159, 160, 162

TEST 6. 4 out of 5 points more than 1 standard deviation from center line (on one side of CL).
 Test Failed at points: 7, 10, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 31, 34, 37, 44, 51, 58, 65, 66, 68, 69, 70, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 79, 80, 81, 83, 84, 90, 91, 92, 94, 95, 102, 103, 105, 106, 109, 112, 119, 122, 129, 132, 135, 136, 163

TEST 8. 8 points in a row more than 1 standard deviation from center line (above and below CL).
 Test Failed at points: 8, 9, 10, 11, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 68, 69, 70, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137

Test Results for R Chart of obs1_4, ..., obs2_4

TEST 1. One point more than 3.00 standard deviations from center line.
 Test Failed at points: 86

TEST 2. 9 points in a row on same side of center line.
 Test Failed at points: 125, 126, 127

* WARNING * If graph is updated with new data, the results above may no longer be correct.

Imagen 33. Resultado de las ocho reglas de control estadístico para humedad relativa.

Nota: creación propia con utilización de *software minitab*.

Para ambas condiciones, temperatura y humedad relativa se utilizó el método de medias y rangos para el análisis de los gráficos o cartas de control.

Después de graficar y analizar el comportamiento de las condiciones ambientales se puede concluir que las condiciones ambientales están fuera de control estadístico, los procesos de ambas son inestables.

Un análisis de capacidad es otra herramienta que utilizo a continuación para para determinar si los procesos son capaces de producir una salida que satisfaga los requisitos del cliente cuando el proceso esté bajo control estadístico. La capacidad de un proceso se determina comparando la amplitud de la dispersión del proceso con la amplitud de la dispersión de especificación, lo que define la cantidad máxima de variación permitida de acuerdo con los requisitos del cliente. Un proceso es capaz cuando la dispersión del proceso es menor que la dispersión de especificación, cuando el proceso está centrado y se encuentra claramente dentro de los límites de especificación, es más capaz de producir de manera consistente un producto que satisfaga las expectativas del cliente.

A continuación, en la imagen 34 y la imagen 35 se muestran los resultados de un análisis de capacidad del proceso para mantener la temperatura ambiente y mantener la humedad relativa dentro del cuarto limpio.

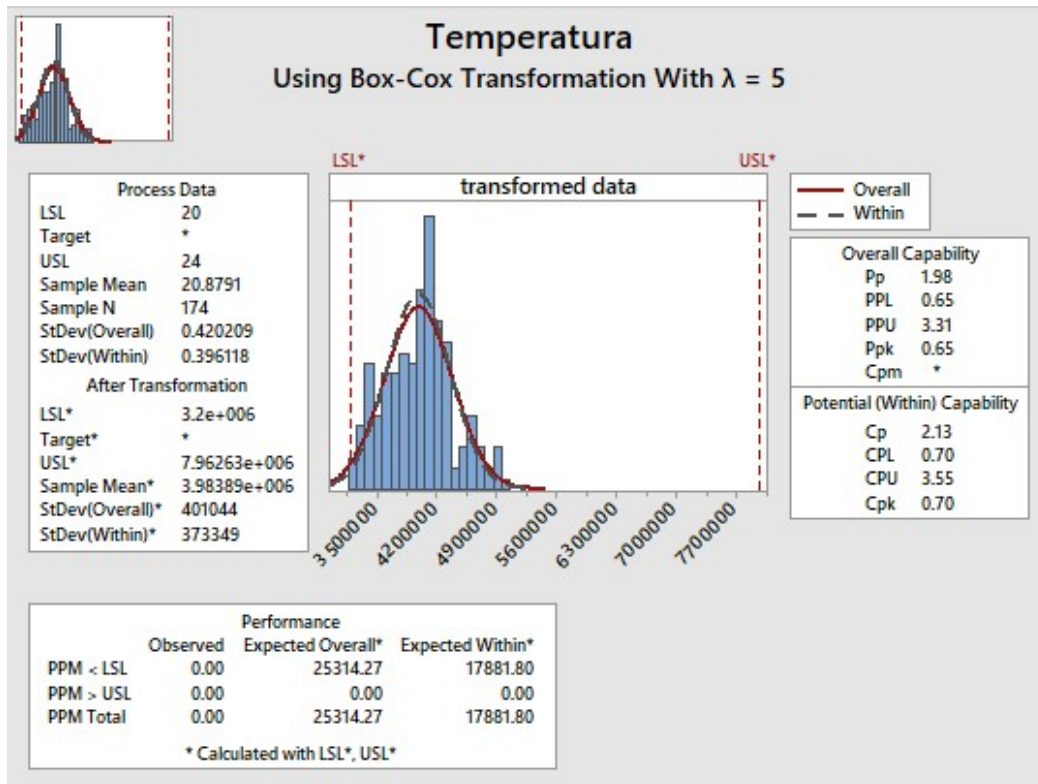


Imagen 34. Análisis de capacidad de proceso para mantener temperatura ambiente. Nota: creación propia con utilización de *software minitab*.

El análisis de capacidad para el proceso de mantener la temperatura ambiente muestra que esta fuera de control estadístico, dicho de otra manera, es incapaz y está descentrado, la distribución de los datos está simétricamente agrupada bajo la campana, sin embargo, hay algunos datos que sobresalen de la misma, además los datos se encuentran agrupados con una clara tendencia hacia el límite de especificación inferior, esto puede provocar que en algunos momentos se salga de especificaciones el proceso, se corrobora esto con los valores resultantes del análisis que para Cp fue 2.13 y para Cpk fue 0.70 comparados con las tablas uno y dos respectivamente del capítulo ocho, anexos. Para realizar este análisis de capacidad fue necesario transformar los datos utilizando Box-Cox con un $\lambda=5$ ya que anteriormente en

la prueba de normalidad nos dimos cuenta de que los datos no son normales, con esta transformación de datos aseguramos que los resultados del análisis de capacidad son exactos.

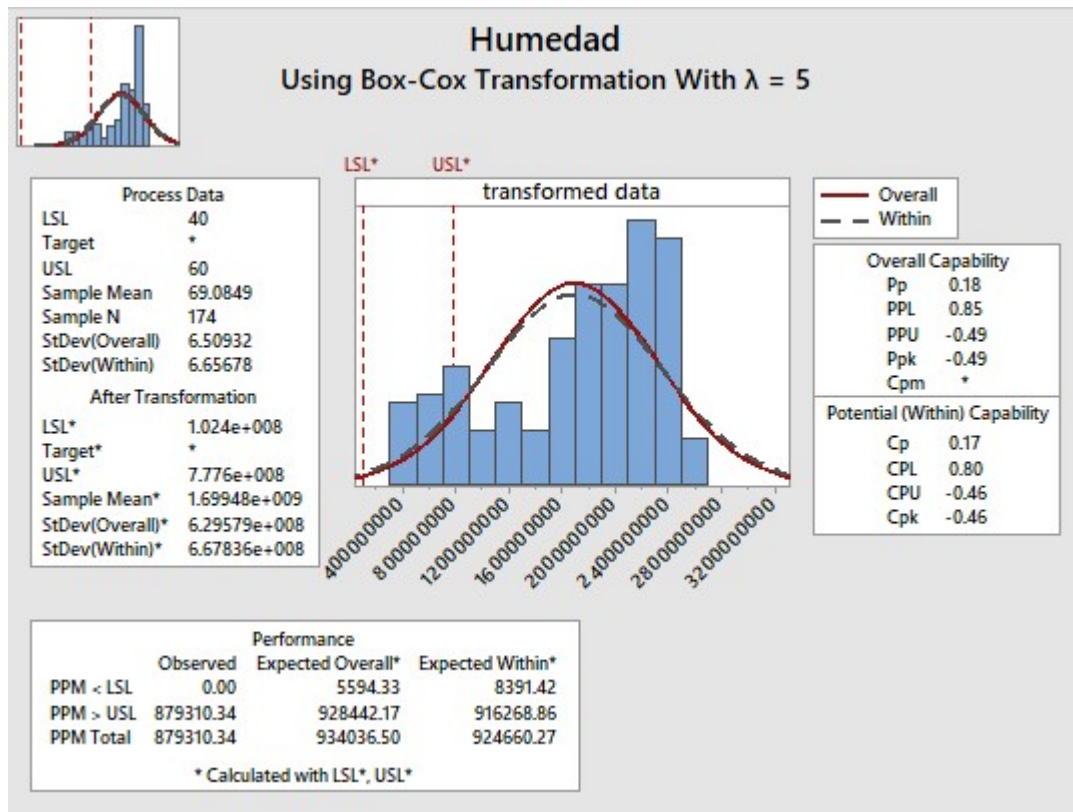


Imagen 35. Análisis de capacidad de proceso para mantener humedad relativa. Nota: creación propia con utilización de *software minitab*.

El análisis de capacidad para el proceso de mantener la humedad relativa muestra que esta fuera de control estadístico y fuera de especificaciones, en otras palabras, es incapaz y esta descentrado, la distribución de los datos claramente se observa fuera de los límites de especificación rebasando en su mayoría el límite de especificación superior, además que no se encuentran simétricamente agrupados bajo la campana, esto se corrobora con los valores resultantes del análisis que para Cp fue 0.17 y para Cpk fue -0.46 comparados con las tablas uno y dos respectivamente del capítulo ocho, anexos. Es importante mencionar que al igual

que el análisis de capacidad del proceso de temperatura ambiente se tuvo que utilizar la transformación Box-Cox con un $\lambda=5$ debido a que los datos no son normales.

Es importante mantener dentro de especificaciones y dentro de control estadístico las condiciones ambientales del cuarto limpio, el hecho de que ambas o al menos una este fuera de control provoca un impacto negativo en la productividad generando desperdicio.

La utilización de herramientas como gráfico de control, prueba de normalidad y análisis de capacidad me permitió validar estadísticamente que los procesos para mantener las condiciones ambientales de temperatura ambiente y humedad relativa dentro del cuarto limpio no estén dentro de control estadístico.

Como lo mencioné en la parte final del capítulo tres queda pendiente la implementación de dos acciones que tienen que ver con la instalación de equipos los cuales estimo quedarán instalados a finales de mayo 2021, posterior a la instalación de los equipos queda pendiente también el análisis del comportamiento de temperatura y humedad relativa dentro del cuarto limpio, para este análisis utilizaré los gráficos de control , prueba de normalidad y análisis de capacidad para comparar el comportamiento antes y después y validar con ello que con la instalación de estos equipos se logró meter dentro de control estadístico el proceso para la temperatura y humedad relativa.

5.1. Sistematización y aplicación de escalas de medición de resultados

La metodología sistemática que utilicé en este trabajo es la DMAIC, que como lo mencioné en capítulos anteriores es un acrónimo de los siguientes pasos: definir, medir, analizar, mejorar y controlar. En cada uno de estos pasos se utilizaron herramientas que ayudaron a definir el problema, a medir el comportamiento del proceso, a analizar la problemática y buscar soluciones para eliminar el problema, además de validar la mejora y por último

mantener el control el proceso, el seguimiento de todos los pasos de esta estrategia en el orden mencionado garantizan una sistematización porque están organizados de una manera lógica. A continuación, de manera breve mencionaré lo que se obtuvo en cada uno de los pasos de la metodología en este trabajo:

Definición: Se delimitó y enunció el problema a resolver, “Reducción de Desperdicio” en un proceso productivo para la fabricación de *cluster* para cliente VW.

Medición: Se midió el desperdicio que se tenía, además, se obtuvieron mediciones del comportamiento de las condiciones ambientales dentro del cuarto limpio

Análisis: Se observó el comportamiento de las condiciones ambientales y en base a esto se definieron acciones a realizar para meter en control dichas condiciones.

Incremento/Mejora: Mediante nuevas mediciones después de implementar las acciones, se validó que las condiciones ambientales están dentro de control y también se validó la reducción de desperdicio en el proceso.

Control: Se establecieron controles (formatos, métodos, registros etc.) necesarios para evitar que el proceso se salga de control nuevamente.

Tomando como base la propuesta de escalas de medida de S.S. Stevens la escala de medición que utilicé en este proyecto es una escala de intervalo, la cual, a diferencia de otras utiliza siempre datos numéricos y el valor de cero no indica la ausencia de la propiedad. En esta escala los datos también tienen las propiedades de los datos de la escala ordinal, es decir los datos tienen sentido de orden (jerarquía).

El utilizar la escala de medición de intervalo me permitió de manera numérica demostrar el incremento o mejora del proceso, comparando el comportamiento del desperdicio y del proceso anterior a la intervención, contra un comportamiento posterior a la misma.

5.2. Organización de la información obtenida

Como lo mencioné en capítulos anteriores la metodología que utilicé en esta intervención me permitió ordenar de manera lógica la situación que se estaba presentando, primero definí el problema, esto implicó también delimitarlo y enfocarnos a la solución de ello, después mediante la utilización de diferentes métodos y equipos de medición recabé la información necesaria para posteriormente analizarla, el análisis en la intervención fue la clave para poder encontrar la causa raíz del problema, se implementaron varias acciones las cuales mejoraron el procesos o dicho en otras palabras trajeron como beneficio la reducción de desperdicio en el proceso intervenido, y por último se establecieron controles los cuales ayudaran al que el proceso se mantenga dentro de límites establecidos.

A continuación, en la imagen 36 se muestra el plan de mantenimiento para los elementos filtrantes y el cuarto limpio, este plan es en realidad un plan de control para mantener dentro de límites las condiciones ambientales del cuarto limpio.

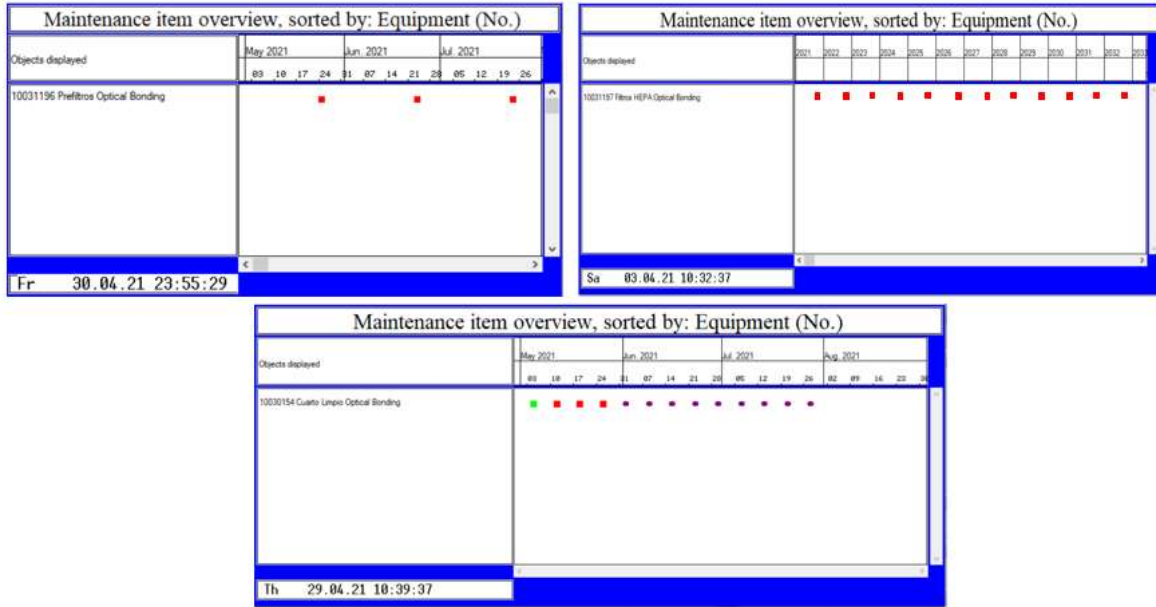


Imagen 36. Planes de control. Fuente: Sistema de mantenimiento de Continental Automotive.

El seguimiento puntual a los planes de mantenimiento garantizará las condiciones ambientales dentro del cuarto limpio y con ello se reducirá el desperdicio. Como complemento a los planes de mantenimiento se realizaron instructivos como se puede observar en la imagen 37 para la intervención al cuarto limpio y sus elementos donde se describen las actividades a realizar para garantizar que las condiciones ambientales se mantengan dentro de límites. Algunas de las actividades que se tienen que realizar son: cambio de prefiltros, limpieza de filtros de retorno, revisión del sellado de plafón y lámparas, revisiones a controles de acceso, revisión a cajas de control, revisión a ventiladores de apoyo, registros de valores de presión en varios puntos dentro del cuarto entre otras.

ORDEN DE MANTENIMIENTO

Equipc: Prefiltros Optical Bonding	Numero de Orden: 8397102
Marca: NA	Tipo de Orden: PM08
Modelo: NA	Ident. Interno: PREFILTROS OB
Ubicación: Optical Bonding	Área de Impacto: Optical Bonding
Responsable del Mantenimiento: D. Ramirez	Fecha Inicio y Cierre:
Fecha Inicio en SAI: 03/07/2021	Hora de Inicio:
No. de Equipo: 10031196	Hora de Cierre:
No. de Serie: NA	

E.P.P.:

- * Lentes de seguridad
- * Guantes
- * Calzado dieléctrico con casquillo
- * Guantes carnaza para trabajo eléctrico

Actividades: Mantenimiento mensual OK
 Cambio de Prefiltros OB

1.- Realizar cambio de prefiltros ()
 2.- Limpieza del filtro de retorno. ()

Observaciones:

Nombre y Firma del Responsable del Mantenimiento
 FMFP Ingeniería de Planta

ORDEN DE MANTENIMIENTO

Equipc: Cuarto Limpio Optical Bonding	Numero de Orden: 8391101
Marca: NA	Tipo de Orden: PM08
Modelo: NA	Ident. Interno: OPTICAL BONDING
Ubicación: Cuarto Limpio OB	Área de Impacto: Cuarto Limpio OB
Responsable del Mantenimiento: D. Ramirez	N. Empleado:
Fecha Inicio en SAI: 03/03/2021	Fecha Inicio y Cierre:
No. de Equipo: 10030154	Hora de Inicio:
No. de Serie: NA	Hora de Cierre:

E.P.P.:

- * Lentes de seguridad
- * Calzado dieléctrico con casquillo

Actividades: **Inspeccion semanal a cuarto limpio OB** OK

1.- Revisión de sellado de plafón y lámparas (no se debe de apreciar desprendimiento de silicon) ()
 2.- Revisión de sellado suministros (no se debe de apreciar desprendimi) ()
 3.- Revisión de sellado acrílicos (no se debe de apreciar desprendimien) ()
 4.- Revisión de iluminación (no debe de haber lamp) Inspeccion semar ()
 5.- Revisión de acceso (2 cortinas) ()
 6.- Revisión de cajas de control (4 puertas) ()
 7.- Revisión de cajas de control ()
 8.- Revisión FFU (18 piezas) ()
 9.- Revisión de filtros de aceite de suministro de aire comprimido. ()
 10.- Revisión y registro de presión diferencial. S1) Pa
 (El valor mínimo es de 10 Pa, a excepción de S2 que su valor mínim: S2) Pa
S3) Pa
S4) Pa

Observaciones:

Nombre y Firma del Responsable del Mantenimiento
 FMFP Ingeniería de Planta

Imagen 37. Instructivos de operación. Fuente: Sistema de mantenimiento Continental Automotive.

Se instalaron dentro del cuarto limpio también controles visuales, los cuales nos ayudaran a identificar de forma oportuna cuando algunas de las condiciones de temperatura y/o humedad relativa están fuera de límites, a ello se suma una aplicación para celular donde se notifica en tiempo real mediante un mensaje que las condiciones anteriormente mencionadas están fuera de límites, en la imagen 38 se pueden observar los controles visuales.

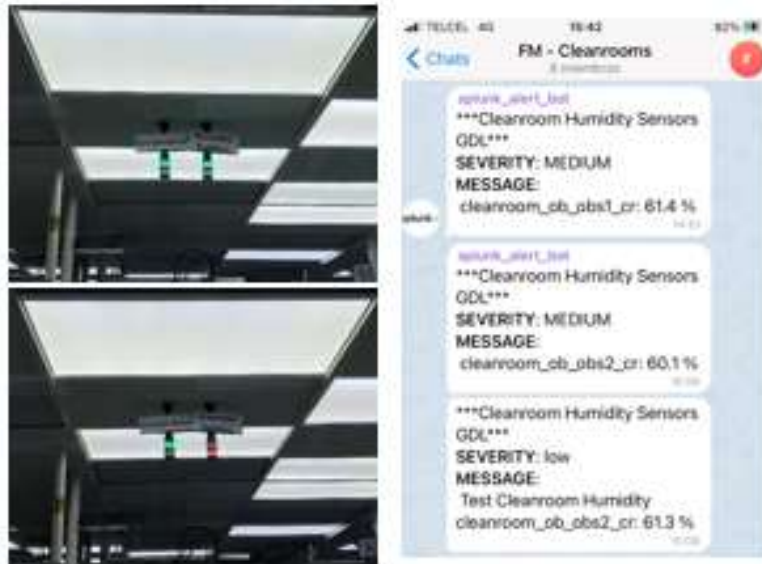


Imagen 38. Controles visuales. Torretas indicadoras de estado y alertas por mensajería.

Adicional a los controles previamente mencionados se establecieron como herramientas de control Poka Yoke's como dispositivos de prevención para mantener el proceso dentro de límites, un ejemplo de esto se puede apreciar en la imagen 39 en donde se instaló en la línea de producción un tapete pegajoso para que los operadores se limpien los guantes con los que manipulan el producto y con ello eliminar partículas que puedan depositar en el producto.



Imagen 39. Poka Yoke. Tapete pegajoso para eliminar partículas de guantes de operadores.

Se implementó también TPM en los equipos de producción, en la imagen 40 se puede observar el formato de uno de los equipos como ejemplo, recordemos que el TPM es un sistema de mantenimiento que está enfocado en la mejora continua para una eficiente operación del equipo, los tipos de mantenimiento que involucra son: el mantenimiento autónomo que implica limpieza y lubricación, este tipo de mantenimiento es comúnmente realizado por los operadores del equipo, el mantenimiento preventivo, el cual consta de actividades previamente programadas las cuales realiza algún técnico o ingeniero especializado en la tecnología, el mantenimiento correctivo el cual también es realizado por algún técnico o ingeniero especializado y en el que después de la intervención al equipo se identifican e implementan mejoras para evitar que falle nuevamente.



Imagen 40. Ejemplo TPM. Formato para equipo limpiador de materia prima. Fuente:

Sistema de mantenimiento de Continental Automotive.

Las siguientes dos herramientas que se implementaron en esta intervención fueron la capacitación y el seguimiento al proceso, esto se puede observar en las imágenes 41 y 42 respectivamente. Ambas herramientas contribuyen a que el proceso este dentro de control durante su operación.



Imagen 41. Formato de capacitación a operadores. Fuente: Sistema de capacitación de Continental Automotive.

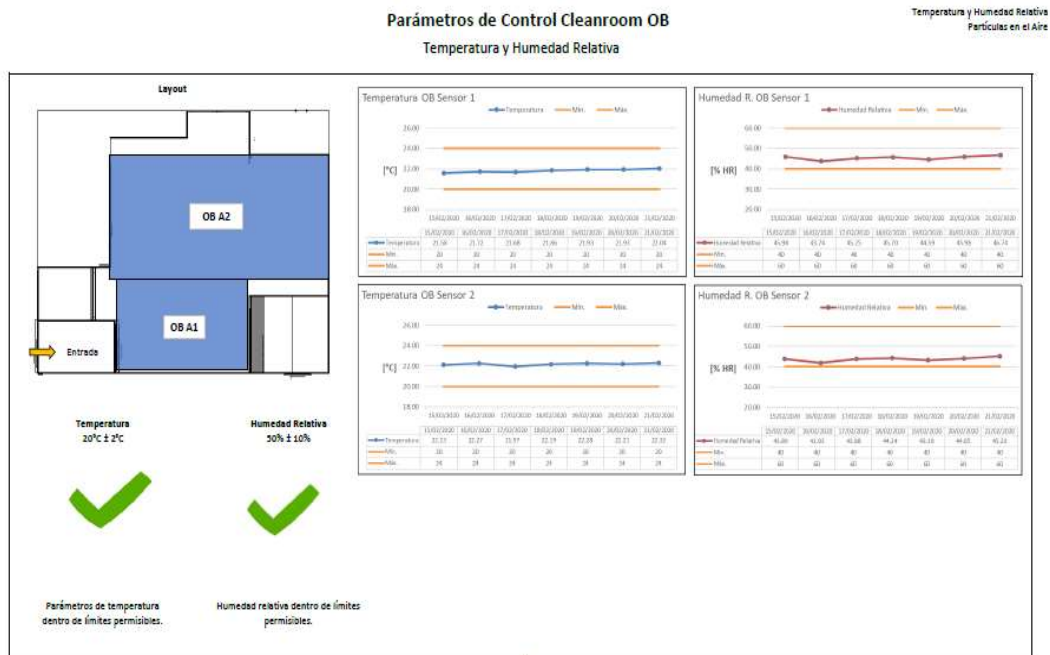


Imagen 42. Seguimiento al proceso intervenido. Fuente: Sistema de seguimiento de procesos de Continental Automotive.

5.3. Impacto de la estrategia en la organización

La estrategia utilizada en esta intervención me permitió demostrar de manera clara, ordenada y contundente la mejora obtenida en el proceso, se logró reducir el desperdicio que se generaba en el proceso de *Optical Bonding* por partículas, esto se puede observar en la imagen 43, donde se muestra el comportamiento del desperdicio del año 2019 hasta marzo del año 2021, la estrategia entonces trajo como consecuencia adicional a la reducción del desperdicio, un incremento en el margen de utilidad, y una mejora en la imagen con el cliente debido a que se cumple actualmente con el plan de producción evitando retrasos.

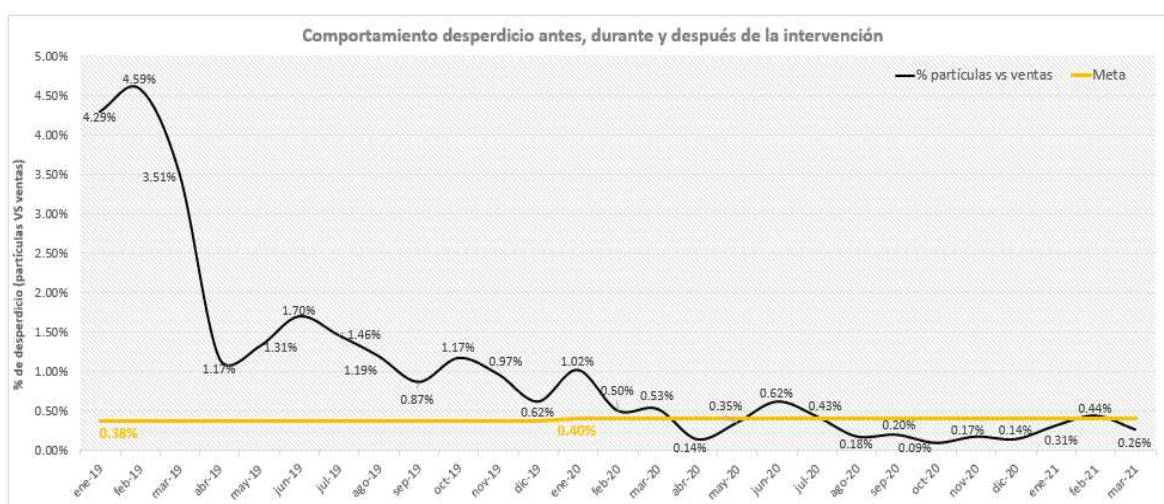


Imagen 43. Comportamiento desperdicio antes, durante y después de la intervención

Proceso *Optical Bonding*. Nota: creación propia.

Como lo he mencionado en otros capítulos la estrategia que utilicé para esta intervención es una herramienta de trabajo estandarizada en la organización, por lo tanto, es aceptada para la solución de problemas complejos donde se requiera de una solución de raíz.

La intervención hecha con la estrategia dejó un buen sabor de boca a la alta dirección debido a que trajo beneficios cuantificables a la organización, además también demostró que la

utilización de esta sigue siendo contundente e importante para solucionar problemas desde la raíz, es importante mencionar que para que una estrategia funcione es importante destinar recursos humanos y materiales suficientes además de tener disciplina para poder cumplir con el objetivo.

6. Discusión final

Según la Real Academia Española la palabra control significa: “Regulación, manual o automática, sobre un sistema” esta palabra es muy utilizada en el lenguaje cotidiano, y todavía más utilizada en procesos productivos.

El objetivo de esta intervención como ya se ha mencionado en capítulos anteriores fue reducir el desperdicio que se estaba generando dentro de un proceso productivo en la fabricación de un producto, para lograr lo anterior, fue necesario primero definir la estrategia con la cual se trataría la problemática, la metodología elegida se compone de cinco etapas o pasos los cuales están organizados de una manera lógica, con lo cual se puede llevar a cabo la implementación de una manera más sencilla y coherente. Cada una de las acciones que se implementaron para eliminar el problema aportó lo suficiente para lograr el objetivo, el común denominador de estas acciones fue el control, controlar diferentes variables ambientales involucradas en el proceso de fabricación del *cluster* dentro del cuarto limpio, antes de la intervención, el proceso no contaba con controles bien establecidos e inclusive no se contaba con todos los controles para mantener dentro de los límites las variables, el éxito de esta intervención se debió a que se logró tener y dejar bien establecidos todos los controles necesarios de las diferentes variables ambientales involucradas en el proceso.

Inicie este capítulo con la definición de la palabra control ya que eso fue lo que como resultado entregó este trabajo de obtención de grado, una regulación de un sistema.

Es probable que suene como algo muy sencillo definir y entregar controles en un proceso, para un trabajo de obtención de grado, sin embargo, para llegar al establecimiento y requerimientos de controles ambientales se requirió de mucho análisis con el respectivo uso de herramientas aplicables, además de tiempo valioso de colaboradores de diferentes áreas, y también de mucha disciplina para alcanzar el objetivo.

6.1. Consecuencias de la aplicación de la estrategia

La estrategia utilizada trajo como beneficio a la organización una reducción de desperdicio por partículas, para el año 2019 el desperdicio promedio fue de 1.90% mientras que para el año 2020 el promedio de desperdicio fue de 0.36%, prácticamente cinco veces menos, esto se puede observar en la imagen 44, donde se compara el desperdicio por partículas el año 2019 con el año 2020 con su respectiva meta.

La intervención aportó un beneficio a la organización en dos metas, las cuales menciono a continuación:

Reducción de desperdicio, con ello se obtuvo un incremento en el margen de utilidad de la organización, es un beneficio con impacto directo a la razón de ser del negocio. La otra meta a la cual beneficia la intervención es gastos, ya que se deja de comprar mayor cantidad de materia prima, se disminuye el pago de tiempo extra a colaboradores y se deja de pagar por envíos extraordinarios que son más costosos, por ser en avión.

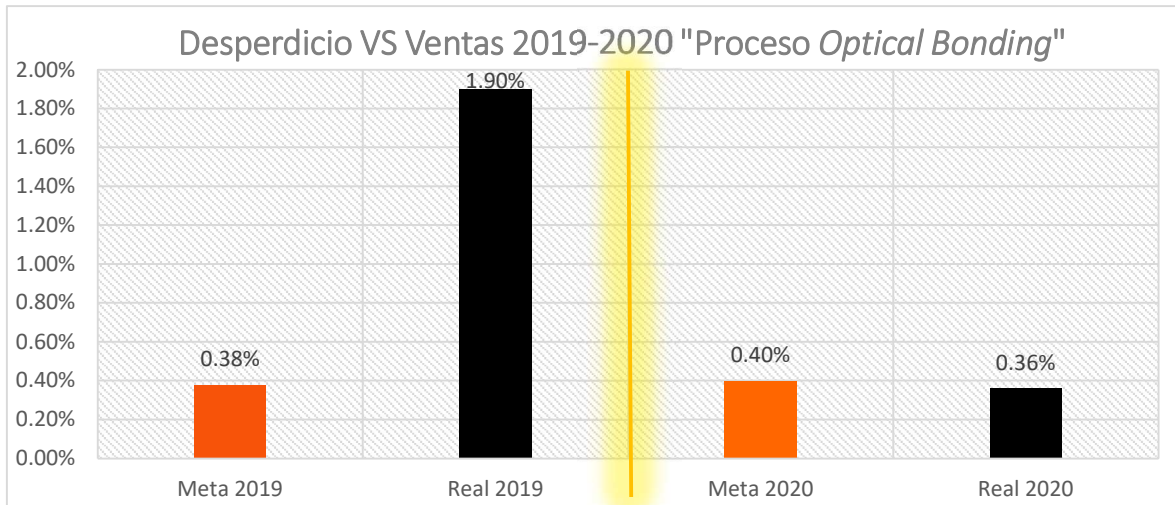


Imagen 44. Comparación de desperdicio por partículas 2019 VS 2020 Proceso *Optical Bonding*. Nota: creación propia.

Con esta intervención logramos mejorar el indicador de desperdicio del proceso *Optical Bonding* a valores promedio por debajo a la meta planteada originalmente, aquí es donde cobra relevancia todo el trabajo y esfuerzo realizado.

6.2. Aspectos de mejora para intervenciones subsecuentes

Esta intervención como se ha mencionado en capítulos anteriores está enfocada a reducir o eliminar un problema que se da en un proceso específico durante la fabricación de un producto, el cual, requiere ciertas condiciones ambientales, esto limita considerablemente la aplicación y utilización de este trabajo en algún proceso de características y especificaciones diferentes a este, sin embargo, la metodología utilizada en conjunto con las herramientas pueden ser de gran utilidad para la solución de problemas similares o de otros completamente diferentes dentro de una organización.

6.3. Relevancia y trascendencia disciplinaria del caso

Durante toda la intervención al proceso tuve utilicé diferentes recursos para poder solucionar el problema, dichos recursos fueron muy importantes para desmenuzar, comprender y solucionar el problema dentro del proceso, la aplicación de una metodología como la DMAIC me ayudó a dar un orden lógico a la situación y en cada una de las etapas a obtener información valiosa la cual me permitió poder llevar a buen puerto la intervención. La disciplina como lo he mencionado anteriormente fue un factor clave para el logro del objetivo, el dar seguimiento a cada una de las acciones necesarias para la mejora me permitió avanzar de manera ágil durante el tiempo que duró la intervención. El trabajo en equipo fue también un factor fundamental, es de hecho, uno de los valores que la compañía pide que se viva como colaboradores y compañeros de trabajo que somos.

7. Bibliografía

Continental AG. (2020). Historia de Continental. 2020, de Continental AG Sitio web:

<https://www.continental.com/en/company/history/milestones>

Gutiérrez H. & De la Vara R. (2009). Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma. México: McGraw-Hill.

Minitab. (2019). Soporte *Minitab*. 2020, de *Minitab* Sitio web:

<https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18>

S.S. Stevens. (7 de junio de 1946). Sobre la Teoría de las Escalas de Medición. *Science*. Nueva Serie, 103, No. 2684, 677-680.

Mauricio Anderson. (2016). Escalas de medición y variables en estadística. 2016, de

Mauricio Anderson Sitio web: <https://mauricioanderson.com/escalas-de-medicion-estadistica/>

Real Academia Española. (2021). Control. 2021, de Real Academia Española Sitio web:

<https://dle.rae.es/control>

8. Anexos

Valor de Cp	Clase de Proceso	Decisión
$C_p > 1.33$	1	Más que adecuado
$1 < C_p < 1.33$	2	Adecuado para el trabajo, pero requiere de un control estricto conforme se acerca el Cp a 1
$0.67 < C_p < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Un análisis del proceso es necesario. Buena probabilidad de éxito.
$C_p < 0.67$	4	Requiere de modificaciones serias

Tabla 1. Valores de Cp y su interpretación. Fuente: Material didáctico clase.

Valor de Cpk	Decisión
$C_{pk} > 1$	El proceso está produciendo dentro de las especificaciones
$0 < C_{pk} < 1$	El proceso está produciendo fuera de las especificaciones
$C_{pk} \leq 0$	La media del proceso está fuera de las especificaciones

Tabla 2. Valores de Cpk y su interpretación. Fuente: Material didáctico de clase.