



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla.

Licenciatura en Ingeniería industrial.

Título: Mejora en el proceso de sello Nave 50 AUDI de México.

Lic. Ingeniería industrial.

Johannes Carrillo Aguilar.

Puebla, México.

Enero 2023



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyła**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Contenido

Antecedentes.	1
Cultura organizacional	6
Organigrama	7
Estructura organizacional	11
Justificación	13
Alcances y limitaciones del proyecto.	16
Definición de objetivos	17
Objetivo general	17
Objetivos particulares	17
Análisis del entorno actual	17
Análisis FODA	37
Propuesta de planificación estratégica.	40
Visión	40
Misión	40
Objetivos	41
Metas a desarrollar desde la perspectiva: TPM	42
Metas a desarrollar desde la perspectiva financiera.	56
Clientes	69
Procesos industriales	70
Recursos	89
Crecimiento.	90
	2

Plan de acción	90
Mediano plazo	93
Largo plazo	95
Conclusiones	96
Referencias	96

Antecedentes.

La empresa Audi de México es una armadora de autos de gama Premium, se encuentra ubicada en el Estado de Puebla, dentro del pueblo de San José Chiapa; por el momento en esta armadora solo se realiza el modelo Q5 para todo el mundo.

De acuerdo a López (2020) “la primera piedra fue colocada el 4 de mayo del 2013 con un arranque de producción en el año 2016 llegando a un volumen de producción anual de 150,000 vehículos. Actualmente trabajan 5 mil 200 en medio de la pandemia alcanzando este 2020 la producción del Audi Q5 medio millón”.

Figura 1

Audi de México.



Nota: Adaptado de Planta Audi México [Fotografía], por Audi México serial view Image Rights: Use for editorial purposes free of charge No: A1610613 ,2016.

Según Ruíz (2020) “Audi México es la planta más joven y una de las más modernas del Grupo a nivel mundial como también la primera planta premium instalada” (p. 1), por tanto, todos los procesos son nuevos y adaptados a las condiciones medio ambientales de la región, comparados con los que ya se tenían en otras plantas en toda Alemania y el mundo.

El presente proyecto, aplicado en la nave 50 de pintura Audi México, se enfoca en la mejora de censado de vaciado de RAMS (contenedor donde es almacenada la materia prima), materia prima de PVC (policloruro de vinilo viscoso) que mediante una bomba alimenta a los robots de sello, y estos a su vez aplican el material a las respectivas zonas de la carrocería del auto como se explicará más adelante.

La ejecución de los sustratos (materiales y sus revestimientos) a la carrocería y piezas adicionales constituye la base para la protección contra la corrosión y la adhesión del sistema de pintura.

Esto aumenta la resistencia de los vehículos contra los daños por corrosión, que pueden ser causados por las situaciones ambientales a las que se somete el auto (lluvias, sol, oxidación de los metales etc.)

Por medio del equipo de mantenimiento y producción sello nave 50 pintura, incluyendo su servidor, encargado de la operación de aplicación sello del robot a la carrocería, se espera lograr un ahorro de PVC (policloruro de vinilo viscoso) que es desperdiciado día a día de los contenedores de materia prima (RAMS); primero identificando las causas y con base en esto se propondrá una solución que tendrá un beneficio económico a corto (1 año) y a largo plazo (5 años).

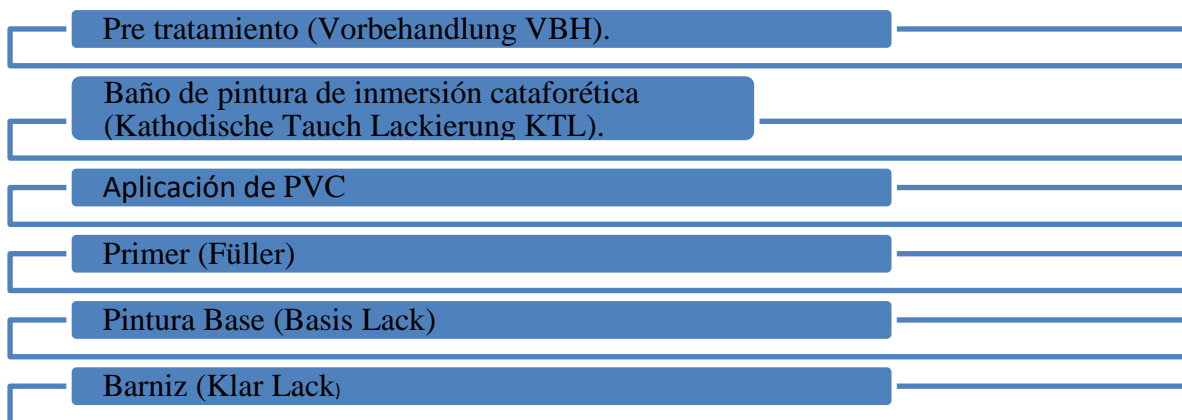
Para entender un poco más el contexto de donde se encuentra la problemática de este proyecto es preciso explicar cómo está conformado el proceso de pintura de Audi de México:

Proceso de pintura NAVE 50 AUDI DE MÉXICO

Esta nave cuenta con más de 600 empleados, quienes operan con los mejores equipos de pintura en el mundo. Los procesos de esta nave cuentan con la tecnología más avanzada de pintura, la cual considera el cuidado del medio ambiente, ya que emplea técnicas como la limpieza del aire de las cabinas de barniz y secado, así como el uso de solventes neutros y ahorro de 80% de agua en el enjuague.

Los procesos de pintura que se llevan a cabo en Audi de México son los que se muestran en la figura 2.

Figura 2 *Procesos de Pintura nave 50.*



Nota: Esta figura muestra en modo de escalera los procesos de Pintura de Nave 50 Audi de México.

Recordemos que la empresa AUDI, al ser una empresa alemana, maneja los procesos identificándolos por nombres alemanes, es por eso que en el proyecto se describe su traducción al habla hispana.

Los procesos de pintura (Lackierungsprozesse) inician luego de concluidos los de hojalatería (Karosseriebau) y se dividen en 2 grupos principales:

- **Protección contra la corrosión (Korrosionsschutz).**
- **Pintura (Lackierung).**

Dentro de los procesos de protección contra la corrosión se encuentran:

- **Pre tratamiento (VBH Vorbehandlung)**

El pretratamiento es el proceso que sigue luego de concluidos los procesos de hojalatería y tiene como objetivo eliminar todo tipo de contaminaciones en la superficie de la carrocería. La carrocería cuenta con residuos de grasas, aceites y/o polvos remanentes del proceso pasado, los cuales son perjudiciales en la etapa de fosfatado, así como en la etapa de electrodeposición.

Figura 3

Pre tratamiento (VBH Vorbehandlung) nave 50.



Nota: La figura representa la forma de Pre tratamiento (VBH Vorbehandlung) en la carrocería en pintura Audi de México; Fuente: elaboración propia.

-Pintura de inmersión cataforética (KTL Kathodische Tauchlackierung).

El proceso de baño cataforético es el proceso siguiente del pre tratamiento (VBH). Consiste en

Formar una película protectora (18 μ m) sobre la pintura por medio de una corriente eléctrica.

Esta película se adhiere al sustrato y mejora la adherencia de las capas posteriores (PVC, primer, pintura y barniz).

Figura 4

Pintura de inmersión cataforética (KTL Kathodische Tauchlackierung) nave 50.



Nota: La figura representa la aplicación de pintura de inmersión cataforética (KTL Kathodische Tauchlackierung) en la carrocería en Audi de México; Fuente: elaboración propia.

- Aplicación de PVC (PVC Applikation).

El proceso de aplicación de PVC consiste en la aplicación de policloruro de vinilo, con la finalidad de proteger la unión entre distintas molduras en el punto de unión entre ellas, sobre el cordón o punto de soldadura donde puede darse inicio a los procesos de corrosión, así como evitar el ingreso de agua, entre otros. También protege los lugares de la carrocería expuestos y sometidos a golpe de piedras (Steinschlag).

En este sector también se colocan materiales absorbentes de vibraciones. Existen 2 tipos, los sólidos en forma de tapetes (Bitumen-Matten) y los que se aplican en forma líquida con robots (SDM – Spritzbare Dämpfungsmasse).

Dentro de los procesos de pintura se encuentran los siguientes:

- Aplicación de Impresión (Füller Applikation).

Es la primera capa que le sigue al KTL. Su función es la de rellenar y nivelar la superficie y dejarla lisa. Tiene un espesor de $30\mu\text{m}$.

- Aplicación de Color (Basislack Applikation).

Compuesta por pigmentos, aglutinantes y solventes. Le da el color a la carrocería. Su espesor es de $15\mu\text{m}$

- Aplicación de Barniz (Klarlack Applikation).

Esta capa brinda brillo a la carrocería, además de evitar daños de agentes contaminantes y golpes leves. El espesor de esta capa es de $45\mu\text{m}$.

Cultura organizacional

Según Castro (2021) en Audi de México se han empleado muchos programas de los cuales permiten que sus trabajadores mantengan un equilibrio entre su vida privada y su vida laboral por ello la firma obtuvo por segunda ocasión el reconocimiento como mejor empleador en Top Employer 2021, Además nos comenta que ante la llegada del Covid-19 a México Audi de México fue de las primeras empresas que tomaron medidas de aislamiento y seguridad de los más de 5,200 colaboradores que tiene la grande firma.

También juega un papel importante la responsabilidad social en Audi de México ya que ésta tiene un especial énfasis en el cuidado y la preservación del medio ambiente es por ello que se crean iniciativas que fomentan generar Energía Verde, que cubra la totalidad los requerimientos eléctricos con energías renovables, procedentes del parque fotovoltaico ubicado en el norte del país, o el uso de mallas antigranizo para la protección de los autos terminados.

Otro compromiso que tiene Audi de México es con los niños en especial con los de la región, en donde fomentan cursos para que aprendan temas de la industria automotriz, así como del cuidado al medio ambiente mediante dinámicas y juegos en las instalaciones de la planta.

Con ello se vincula la participación con los municipios aledaños a la planta haciendo un enlace sociedad -empresa.

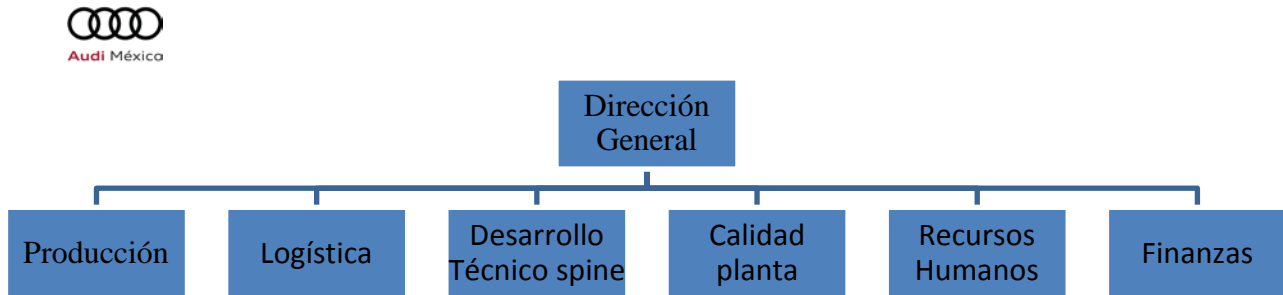
La calidad de vida de sus colaboradores no queda atrás en los planes de Audi, y lo demuestra con iniciativas como Tiempo para la Familia con el programa Mobile Working, que da la oportunidad a los colaboradores de elegir algunos días durante el mes para llevar a cabo sus funciones a distancia permitiéndoles encontrar el equilibrio perfecto entre el trabajo y la familia (Ruiz, Comunicación Corporativa, 2020).

Organigrama

La organización de la planta de Audi de México está dividida en las siguientes áreas o direcciones: Dirección General, Producción, Logística, Recursos Humanos, Calidad y Finanzas como se muestra en la figura 3 y figura 4.

Figura 5

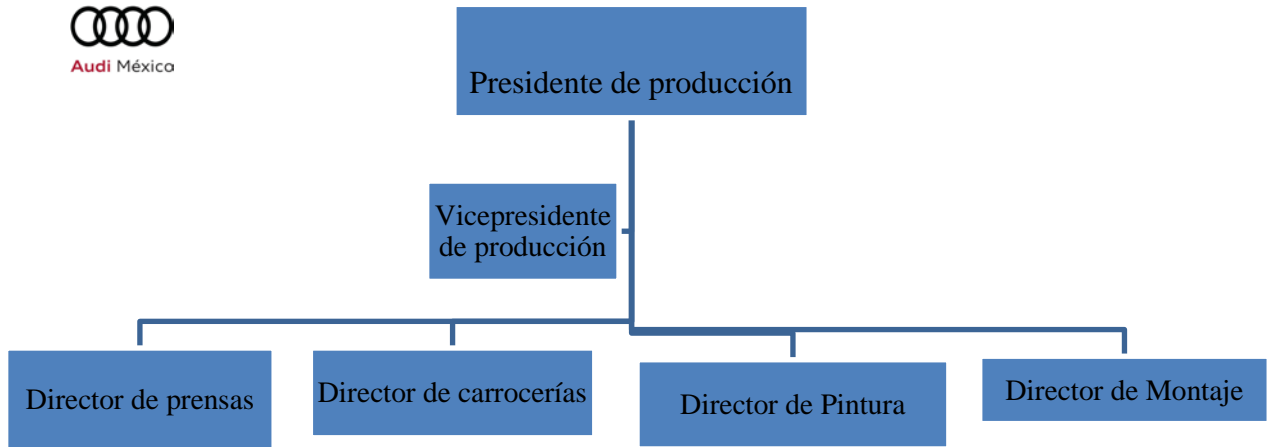
Organigrama General de Audi de México



Nota: El esquema del organigrama general representa las áreas en las que se divide Audi de México.

Figura 4

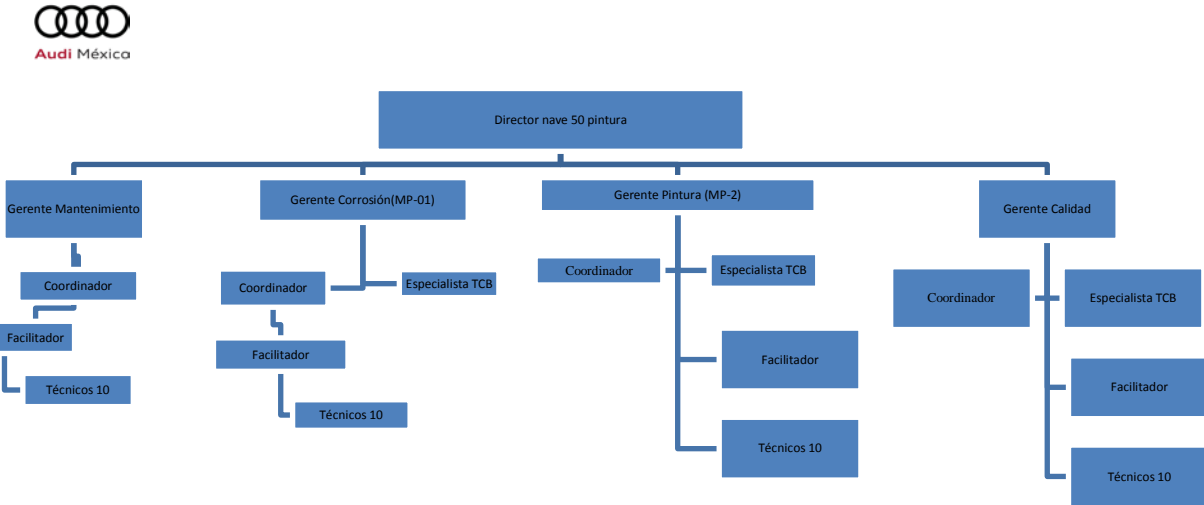
Estructura organizacional del Área de producción planta Audi de México



Nota: Estructura organizacional del área de producción planta, encargada de la ejecución de los procesos de prensas, carrocerías, pintura y por último montaje.

Figura 5

Estructura organizacional de Pintura Nave 50 Audi de México



Nota: Estructura organizacional de la nave 50 Pintura Audi de México donde se describen las diferentes gerencias y cargos.

La estructura organizacional del proceso de pintura que es donde se implementa la mejora, consta de un solo director y cuatro gerentes por dirección y se describe de la siguiente forma:

Gerente de mantenimiento: Es el encargado de gestionar los mantenimientos preventivos y correctivos ya sean de las estructuras del proceso o la maquinaria de toda la nave de pintura.

Gerente del departamento de corrosión (MP-01): Es el encargado de los procesos de prevención de corrosión (Sello, KTL,VBH), se encarga de gestionar que esas respectivas áreas se lleven a cabo la aplicación correcta de los químicos y materiales correspondientes.

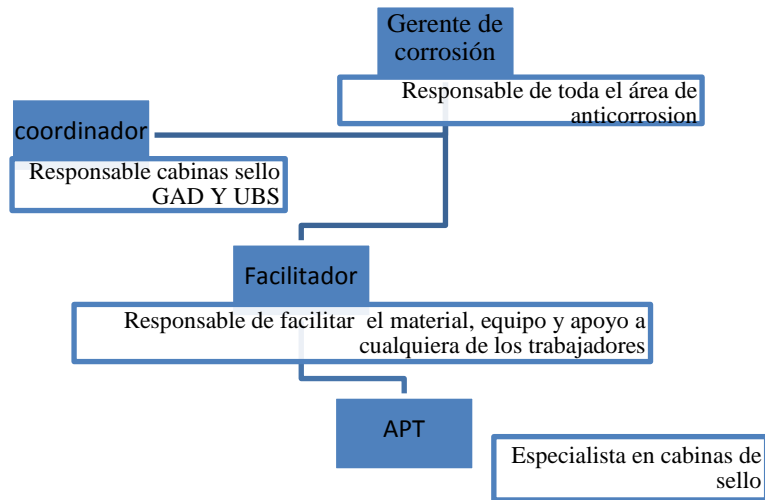
Gerente de Pintura: Es el encargado de gestionar los procesos de barniz y aplicación de pintura, gestiona los recursos materiales y humanos para la correcta aplicación de pintura y barniz.

Gerente de calidad: Es el encargado de gestionar que se lleve un control de calidad adecuado en todas las áreas de pintura desde la revisión de la carrocería que llega del proceso anterior a pintura (carroseriebau) hasta la revisión final del producto terminado.

Estructura organizacional

Figura 6

Estructura organizacional del área de corrosión nave 50 pintura Audi de México.



Nota: Estructura organizacional específica del área de corrosión (MP-01) encargada de la aplicación de PVC.

Como se muestra en la figura 6, el área específica de corrosión (MP-01) encargada de la aplicación de PVC a la carrocería es donde se encuentra desarrollada la mejora del presente proyecto en el cual está formada por la siguiente estructura organizacional:

Gerente de corrosión.

En primer nivel se encuentra el gerente responsable quien gestiona al coordinador de sello GAD y UBS sus diferentes objetivos y compromisos con respecto a la correcta aplicación

Coordinador.

Encargado de generar reportes y análisis del área de aplicación de sello, recaba información de los procesos de sello como también propone soluciones a los problemas que se generen en la línea,

Informando en primera instancia a su alto mando (gerente de corrosión).

Facilitador

Responsable de facilitar el material, equipo y apoyo a cualquiera de los trabajadores de la línea (APT)

Este profesional tiene como habilidad conocer y saber hacer las diferentes actividades demandadas en el proceso.

APT (Especialista en aplicación de pintura con robot).

Técnico especialista en aplicación y manejo de robots de sello con la tarea de supervisar la correcta aplicación de los cordones de sello que hace automáticamente el robot, en caso de falla

este tiene la tarea de corregir y poner de nuevo en ruta el robot, también es su tarea alimentar cada que se requiera de material nuevo al robot como de su limpieza y cuidados especiales de este.

Justificación

Este Trabajo está vinculado a mi estancia de prácticas en el departamento de Pintura Nave 50 de Audi de México. Ser fábrica líder significa que la planta es altamente productiva y por ello su volumen de producción es el más elevado de las fábricas dedicadas a la producción del mismo modelo de automóvil. Esto no puede lograrse sin el gran esfuerzo en innovación que lleva a cabo cada año y que le permite mantenerse en esa posición.

Para Audi de México el cuidado del medio ambiente es fundamental pese a la situación del cambio climático y el impacto en los recursos no renovables del planeta. Por lo tanto, se ha dado la tarea de promover conciencia a sus colaboradores para que formen parte de proyectos que fomenten la creación de energías limpias y disminución de basura, contaminantes o desperdicios de cualquier recurso con el que cuente la empresa. (Ruiz, 2020).

Con lo antes mencionado los compromisos que tiene la empresa con el medio ambiente, este proyecto opta por el análisis y propuesta en la disminución de los desperdicios de sello pintura Nave 50 AUDI de México, los datos de consumo al mes en promedio son de 56 contenedores de sello de los cuales se desperdicia 12 kg por contenedor dando un aproximado de 672 kg de desperdicio al mes.

Estos 672 kg aparte de ser un desaprovechamiento de material es un contaminante, los residuos de policloruro de vinilo que quedan en los contenedores la proveedora EFTEC lo recoge y

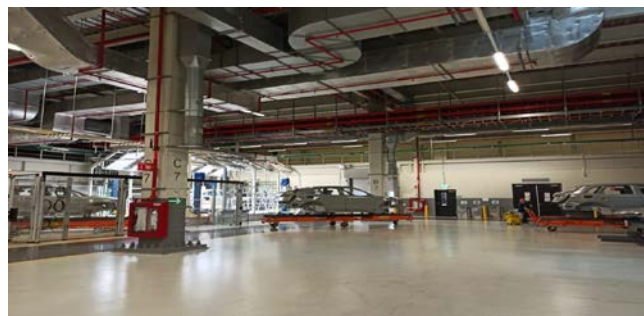
esta lo tiene que mandar a almacenar para después eliminarse, se investigó al proveedor EFTEC en un acercamiento con el personal encargado de residuos y explica que la marca trata este material residual fundamentalmente en incineradoras de residuos urbanos y en incineradoras de residuos hospitalarios ya que al ser un producto altamente inflamable, tiene riesgos serios de explosión, da constancia que sofocar grandes fuegos de este producto es prácticamente imposible ya que este material forma peróxidos poliméricos en contacto con el aire que estos son explosivos.

También puede reaccionar con agua muy caliente para formar humos tóxicos. La inhalación de este compuesto en grandes concentraciones puede causar mareos, adormecimiento e irritación.

Desde el departamento de Pintura/Sello MP01 se buscan continuamente nuevas soluciones o ideas que aseguren la calidad y el ahorro de los procesos de pintura.

Figura 6

Nave 50 Audi de México



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Foto interna de nave 50 proceso pintura Audi de México.

Con respecto a lo anterior este proyecto propone mostrar en primera instancia una evaluación del desperdicio de merma de sello PVC en el área y de segunda instancia propone una mejora enfocada a la causa raíz del problema, como hipótesis se tiene que la merma es causada por el sensor del equipo de vaciado del RAM (contenedor donde se encuentra el policloruro de vinilo), la distancia incorrecta del sensor impide bajar completamente el plato de aspiración hasta el fondo de este RAM dejando material sobrante al fondo, los resultados de este proyecto permitirán comparar los beneficios de la mejora a corto plazo y contribuyendo asimismo a beneficios a largo plazo como se explicará más adelante.

Alcances y limitaciones del proyecto.

Alcances

El espacio objeto de estudio es: la estación Eco RAM encargada de abastecer de materia prima a los robots que aplican el sello a las diferentes partes de la carrocería y los contenedores donde se almacena dicho material (policloruro de vinilo).

Análisis de percepciones se realizará a personal técnico encargado de operación de los robots (APT) e ingenieros del proceso de pintura Nave 50 pintura Audi de México generando datos que nos permitan obtener cuánto material se desperdicia y cómo solucionarlo.

Las partes analizadas en este proyecto son: El robot Ecopaint Sealing EcoGun2 3D, la bomba que absorbe el material (EcoPumps VPS), el plato que entra en los contenedores, los sensores del equipo de absorciones, el contenedor de materia prima en sí mismo.

Limitaciones

No tiene como objetivo la creación de un sistema que recicle este material.

No se pretende investigar el impacto ambiental que genera la merma de este químico cuando se desecha.

El proyecto no se extenderá en áreas fuera de la estación Eco RAM donde se realizará la mejora a implementar.

El proyecto se realizará únicamente para el análisis de desperdicio de sello y cómo puede reducirse.

Los datos de este proyecto están sujetos bajo las políticas de confidencialidad de la empresa Audi de México, no se tiene la información detallada ya que esta es confidencial, debido a que es un proyecto educativo por parte de Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla los valores y precios se estarán proyectando con datos aproximados.

Definición de objetivos.

Objetivo general.

Reducir el desperdicio de los contenedores de sello en la Nave 50 Audi de México, implementando una mejora en el equipo de sustracción de este material para que pueda absorber

del fondo del contenedor el material (PVC), todo esto con ayuda del personal técnico encargado de la operación de los robots (APT) e ingenieros del proceso de pintura.

Objetivos particulares.

Evaluar los gastos que se generan de merma de sello PVC en el área.

Encontrar la causa raíz del problema (inspeccionando detalladamente el equipo ECORAM con sus diferentes elementos que componen su sistema, sus relaciones funcionales y las funciones requeridas).

Planificar y generar una solución al problema de ajuste del sensor de vaciado de material del ECORAM para que llegue a su mínimo desperdicio.

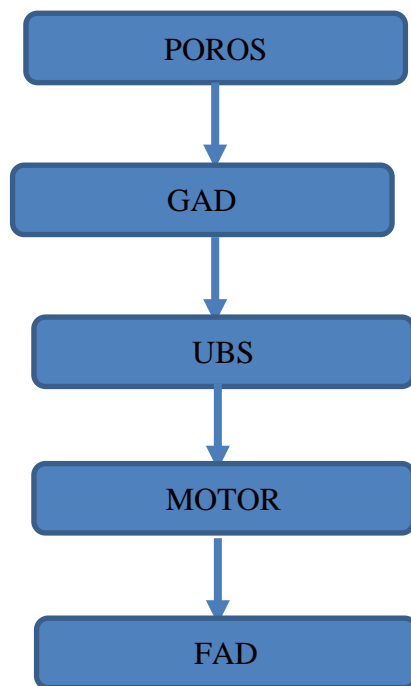
Proporcionar medios claros, precisos y concisos de impartir información de confiabilidad a la gerencia del beneficio que genera la mejora implementada.

Análisis del entorno actual

Esta mejora enfocada está en el proceso de pintura de Audi de México, esta es el área de sello MPO-1 y se compone de 5 celdas o estaciones como se muestra en la figura 7. Estas estaciones están conformadas por el área 1(Poros), el área 2 (sello GAD (Grobnah Abdichtung)), el área 3 de sello UBS (Unterboden Schutz), el área sello 4 parte MOTOR y por último el área 5 de sello fino FAD (Feinnaht Abdichtung).

Figura 7

Área de sello MPO-1 Nave 50 Audi de México.



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Imagen de los procesos de sello de nave 50 pintura Audi de México.

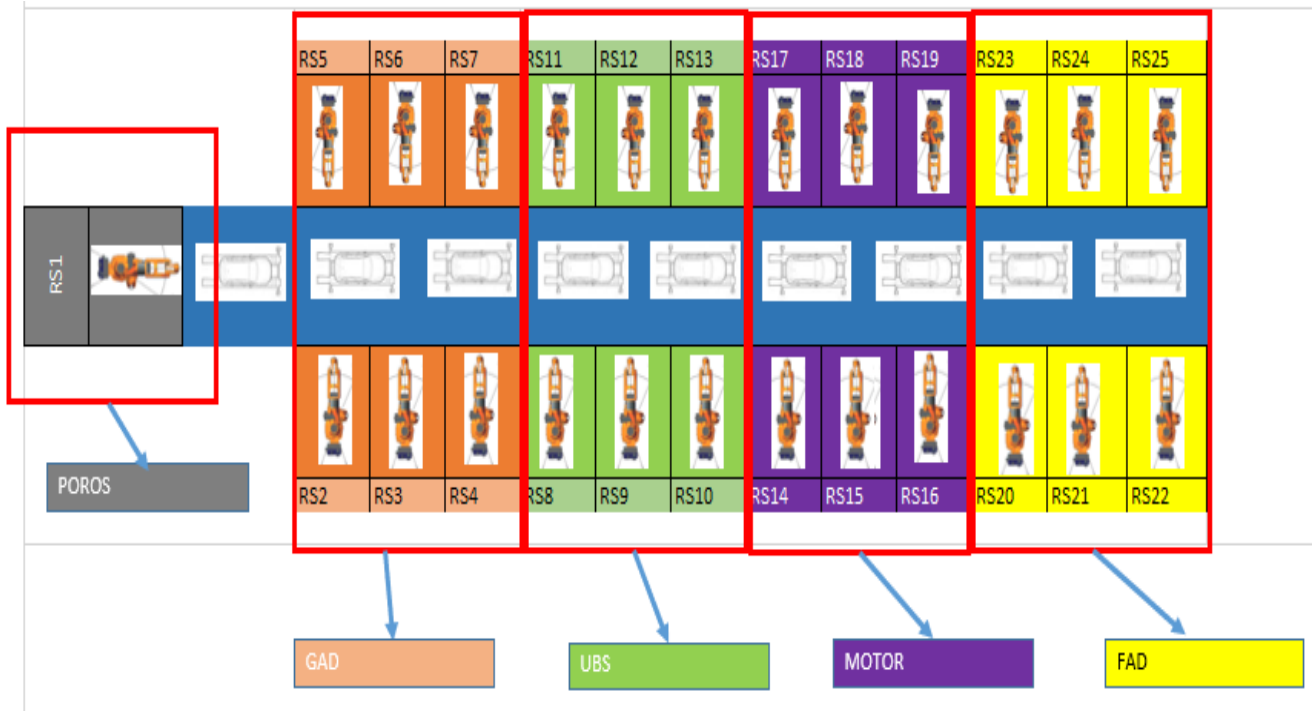
En la zona 4 se encuentran los robots de aplicación PVC de cordón ancho (GAD: Grobnaht Abdichtung), el cual es aproximadamente 25mm de ancho y de 2 a 3 mm de espesor. Este se

aplica en el compartimiento del motor (Motorraum). En esta zona también se aplica un cordón en forma de V en la parte interior de la salpicadera (Kotflügel).

En la zona 5 se aplica sello PVC de cordón fino (FAD: Feinnaht Abdichtung), el cual tiene aproximadamente un ancho de 7mm y espesor de 7mm en puertas (Türen) delanteras y traseras, en la tapa de cajuela (Heckklappe) y aplicación en forma de S (S-Schlag) en la zona de la tapa de cajuela en la carrocería. }

Figura 7

Nave 50 Audi de México



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Foto interna de nave 50 proceso pintura Audi de México.

Para poder explicar un poco más cómo funciona el proceso de aplicación de PVC sello, describiré la función del policloruro de vinilo, este material “figura 8”, se aplica en la carrocería “figura 9” con la finalidad de proteger las uniones de soldadura “figura 10” entre distintas molduras estructurales “figura 11”, sobre el cordón o punto de soldadura donde pueden darse inicio a los procesos de corrosión, así como evitar el ingreso de agua, entre otros.

Figura 8

Muestra de policloruro de vinilo aplicado sobre lámina



Nota: La figura representa la forma de aplicación de PVC en la carrocería según el laboratorio de análisis de calidad Audi de México; Fuente: elaboración propia.

Figura 9

Muestra de policloruro de vinilo aplicado sobre lámina

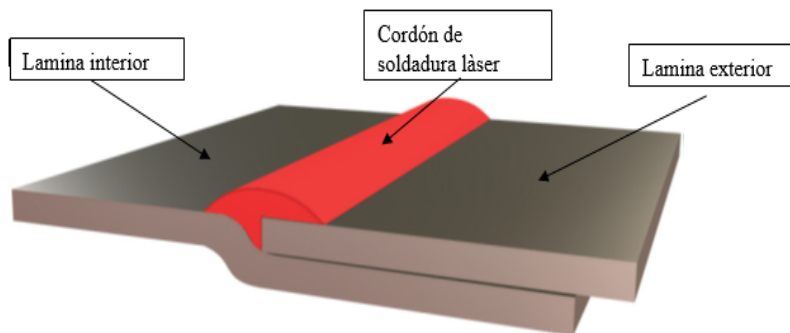


Fuente: (Dürr, 2016)

Nota: La imagen representa la forma de aplicación de PVC en la carrocería con el equipo (Ecopaint Sealing EcoGun2 3D) usado en los procesos de sello de Audi de México.

Figura 10

Muestra de unión dos láminas de metal mediante soldadura láser

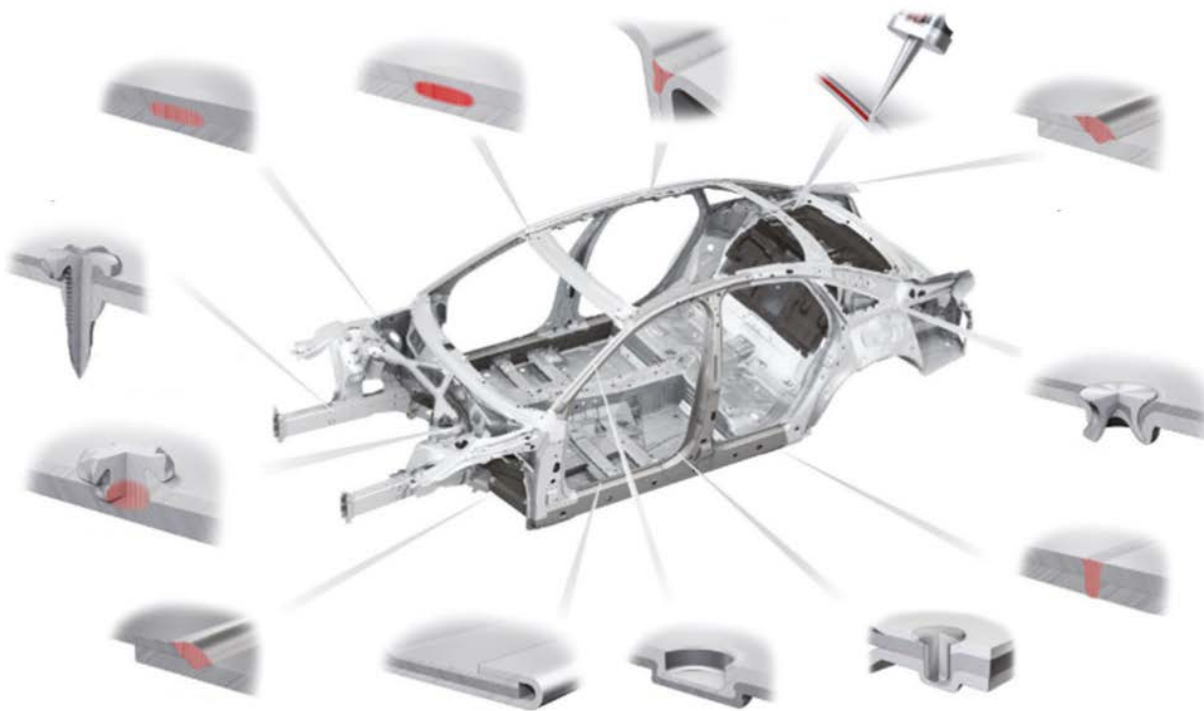


Fuente: Elaboración propia adaptación de (Dürr Systems, 2014)

Nota: La imagen representa la forma de unión de soldadura láser que hay entre dos láminas de una carrocería.

Figura 11

Uniones de soldadura en una carrocería.



Fuente: (Dürr, 2016)

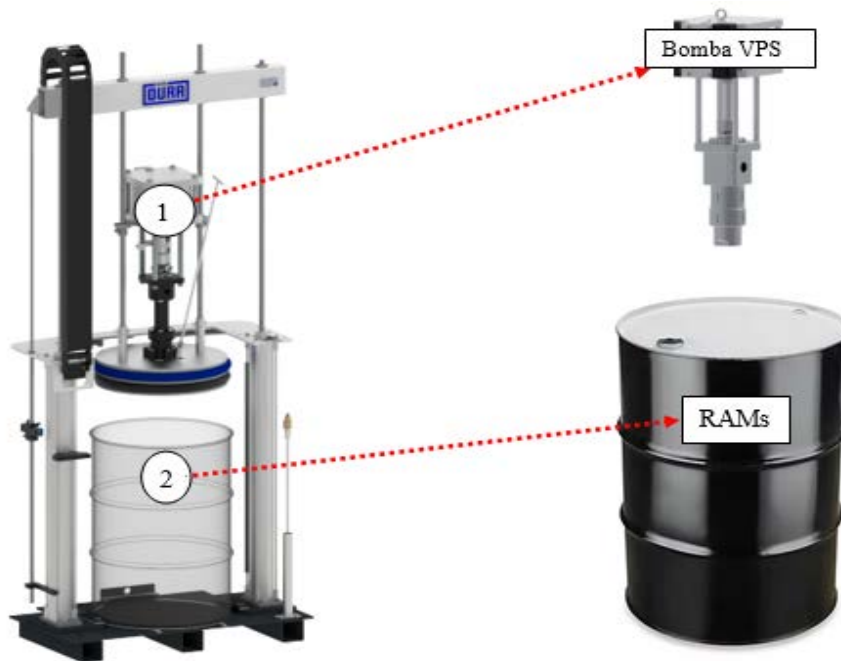
Nota: La imagen representa las diferentes uniones de soldadura láser que se presentan en la carrocería donde por subsecuente se les aplica policloruro de vinilo.

De este modo en el proyecto nos enfocaremos solo en la mejora en el suministro de este material (policloruro de vinilo viscoso).

Mediante tambos de 1300 kg llega el material al área, estos tambos se les nombra Mega RAMS “figura 12” número 2 y son colocados en una bomba VPS que se presenta con el número 1 “figura 12”.

Figura 12

Uniones de soldadura en una carrocería.



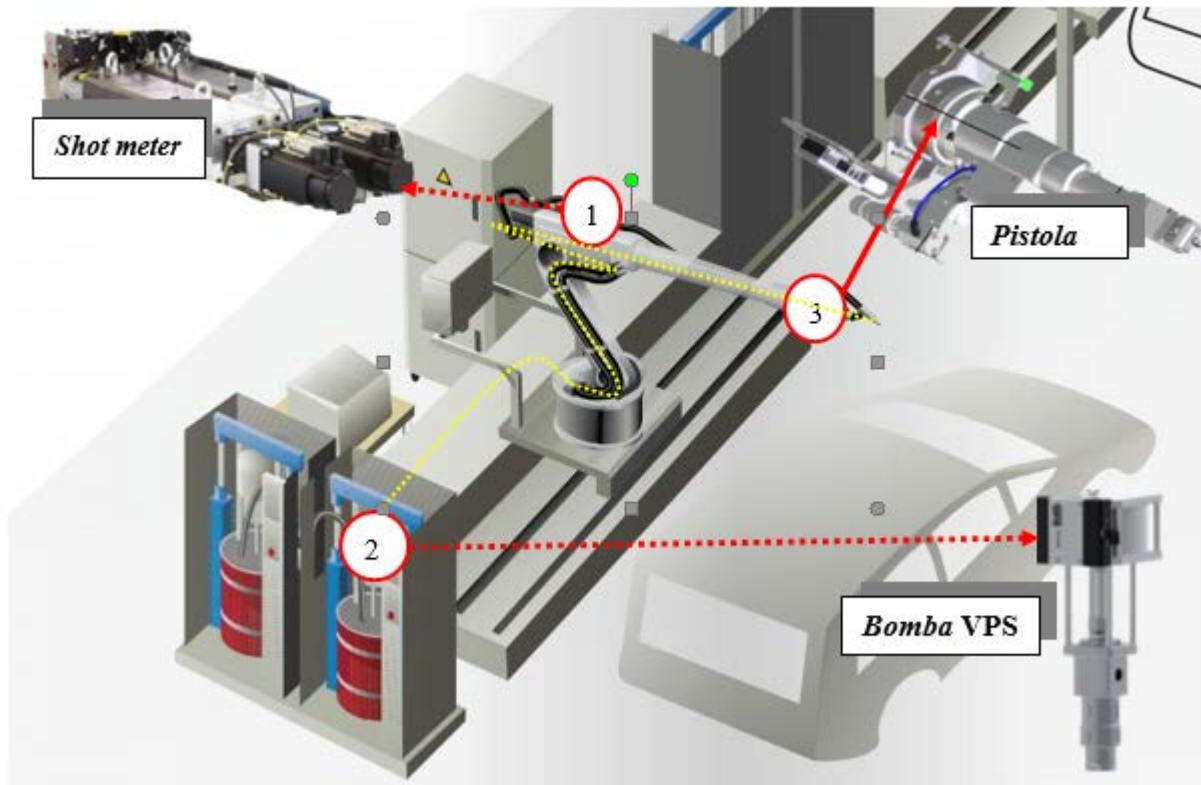
Fuente: Elaboración propia adaptación de (Dürr Systems, 2014)

Nota: La imagen representa las diferentes uniones de soldadura láser que se presentan en la carrocería donde por subsecuente se les aplica policloruro de vinilo.

Después de absorber el sello la bomba VPS con el número 2 en la “figura 13”, esta manda el material a otra bomba, pero en este caso es calen table y estas son conocidas como Shot meter como se muestra con el número 1 “figura 13”, de ahí la bomba Shot meter manda el material a la herramienta (pistola) del robot como se muestra con el número 3 “figura 13”.

Figura 10

Estación de sello



Fuente: Elaboración propia adaptación de (Dürr Systems, 2014).

Nota: La figura representa la típica estación de PVC (Ecopaint Sealing EcoG 2 3D) en Audi de México área de aplicación de PVC UBS/GAD/FAD Nave 50.

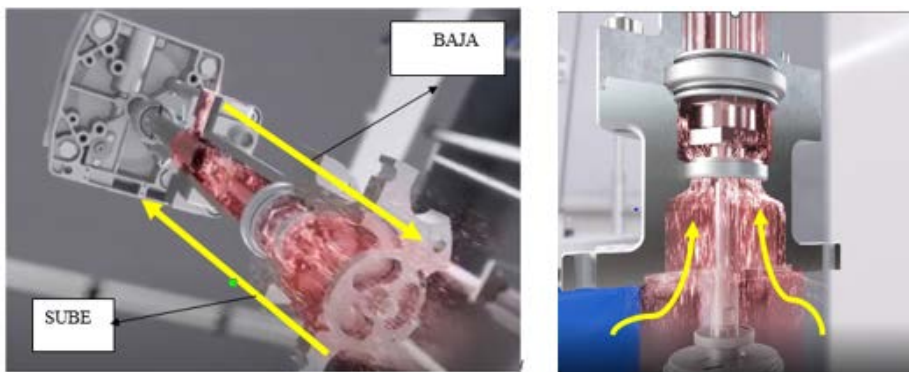
Numerada de la siguiente manera: 1.- Estación de calentamiento de material (EcoDose Shot meter), 2.- Estación de bombeo VPS ,3.-Pistola aplicador de sello.

Como ya antes mencionado en un esquema general del funcionamiento del suministro de sello hablaré del equipo EcoPumps VPS “figura 11”.

Esta bomba (EcoPumps VPS) “figura 11”, es una bomba de placa de pala operada por aire para fluidos de viscosidad media a alta que sirve para pegamentos, aceites o cera, ésta bombea el material (sello) hasta las (EcoDose Shot meter), los Shot meter calientan el material y lo mandan a la pistola del robot permitiéndole al robot la aplicación en todas las uniones de soldadura de la carrocería.

Figura 11

EcoPumps VPS



Fuente: Elaboración propia adaptación de (Dürr Systems, 2014)

Nota: La imagen representa el funcionamiento de bombeo del equipo EcoPumps VPS, esta bomba tiene un vástago que sube y baja, esto hace que el material viscoso suba a la parte superior de la bomba y así poder ser dirigido a la bomba shot meter.

Descripción de estación bomba *EcoPumps VPS*.

En cada una de las celdas típicas de sello de la “figura 10” como se muestra con el número 2 están las estaciones (EcoPumps VPS), en donde se depositan “Figura 12” los tambos de policloruro de vinilo (materia prima sello).

Figura 12

EcoPumps VPS estación.

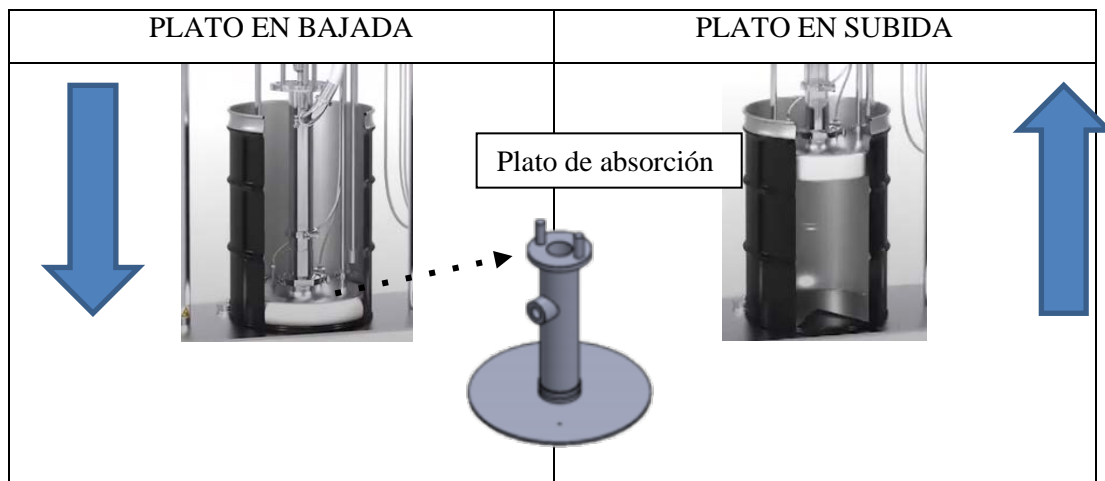


Nota: La figura representa la colocación del RAM en la bomba EcoPumps VPS con plato vertical, bomba que se utiliza para aspirar el sello de los RAMS (contenedor de embalaje donde viene almacenado el sello).

Al colocarse correctamente el tambo en el espacio de extracción de la bomba (EcoPumps VPS), esta unidad con el número 2 “Figura 10” absorbe el material mediante un sistema neumático que va bajando poco a poco hasta llegar al fondo del contenedor “tabla 1”. Como se muestra en la “Tabla 1” una vez topando el plato de absorción al fondo del contenedor, el sistema del equipo manda una señal a la computadora (señal de contenedor vacío), esto hace que retorne la bomba a su estado de origen (subiendo el plato) permitiendo sacar el contenedor y colocar uno lleno.

Tabla 1

EcoPumps VPS vaciado de material



Nota: La tabla representa de lado izquierdo el funcionamiento aspiración del sello del RAM con el plato vertical de la bomba EcoPumps y de lado derecho el retiro del plato cuando ya terminó para reemplazo de uno RAM nuevo.

Este proyecto está enfocado a la mejora de la extracción de materia prima(sello) ya que al terminar de extraer este material deja un sobrante en el contenedor (RAM) “Figura 12”.

Figura 13

Interior de Mega RAM.



Fuente: Elaboración propia

Nota: La figura representa el sobrante de material que deja el plato de absorción de la bomba VPS en el tambo de materia prima (RAM) al terminar la extracción por parte de la bomba VPS en el área de sello Audi de México.

Para saber cuánto material queda en el tambo se toma una escala metálica “Figura 13” y se introduce dentro del mega RAM asentando la escala en la superficie plana del fondo del mega RAM.

Figura 14

Medición de merma Interior de Mega RAM.



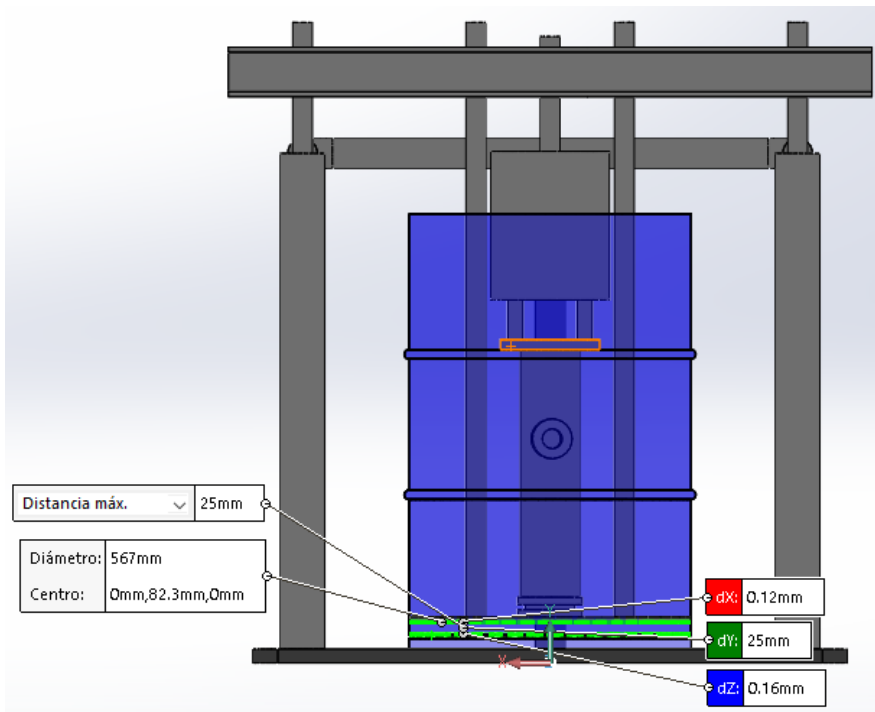
Fuente: Elaboración propia

Nota: La figura representa la introducción de una escala metálica que sirve para poder medir el sobrante de material que se deja en el contenedor de MP (RAM).

Se extrae escala metálica tomando como medida 25 mm la cual se mandó a laboratorio de proceso y dio un resultado que es equivalente a 12 kilos.

Figura 14

Representación CAD de merma interior de Mega RAM.



Fuente: Elaboración propia en SolidWorks

Nota: La figura representa los 25 mm que ya no baja el plato extractor esto es equivalente a 12 kilos que se pierden de material por contenedor).

Situación de consumos de RAMS

Para saber el consumo RAMS de sello realicé una investigación de la programación de pedidos de carrocerías sello en Audi de México para el año 2022 como se muestra en la “tabla 2” se tiene

una planeación de 234,720 carrocerías en el año. Al saber la cantidad de pedidos al año se puede calcular la cantidad de material necesario en la producción.

Tabla 2

Tabla de pedidos de carrocerías para el área de pintura nave 50 Audi de México

CARROCERIAS POR DIA	DIAS LABORALES POR MES	CARROCERIAS TOTAL POR MES	CARROCERIAS AL AÑO
815	24	19560	234720

Fuente: Elaboración propia en Excel

Nota: La tabla representa la planeación de las 234,720 carrocerías en el año 2022 desplazándose la cantidad de carrocerías que debería hacerse por mes, semana y día.

En la “tabla 2” se puede observar el desglose del pedido del año en meses y días. Esto se obtuvo al dividir las 234,720 carrocerías entre 12 meses que tiene el año para saber cuántas se harán en un mes dando como resultado 19560 carrocerías que se deben de producir al mes y luego para sacar cuantas carrocerías se hacen al día se dividen las 19560 carrocerías entre 24 días laborales por mes dando como resultado 815 carrocerías por día.

Por último, para hacer un desglose en específico de la producción diaria se sacan los tiempos tacto “figura 16” y el tiempo ciclo del proceso como se muestra en la “figura 15”.

El tiempo tacto se entiende como el tiempo que tarda cada operación de todo el proceso, por ejemplo, un tiempo tacto sería como se muestra con el número 3 en la “figura 15” la aplicación

robótica de cordón de sello poros y el tiempo ciclo es la sumatoria de todos los tiempos tactos en este caso dio el resultado de 92 segundos en total.

Figura 15

Diagrama de flujo del proceso de sello nave 50 Audi de México.

	simbolos del diagrama					descripcion del proceso	TIEMPO (seg)	DISTANCIA (METROS)
1	○	→	□	D	▼	VERIFICACION DE CALIDAD DE LA CARROCERIA ENTRANTE	5	0
2	○	→	□	D	▽	TRANSPORTE CARROCERIA A CELDA POROS	5	4
3	●	→	□	D	▽	APLICACIÓN ROBOTICA DE CORDON DE SELLO POROS	8	0
4	○	→	□	D	▽	TRANSPORTE POR CARRUCELA CELDA 2 SELLO GAD	5	4
5	●	→	□	D	▽	APLICACIÓN ROBOTICA DE CORDON DE SELLO GAD	10	0
6	○	→	□	D	▽	TRANSPORTE POR CARRUCELA CELDA 3 SELLO UBS	5	4
7	●	→	□	D	▽	APLICACIÓN ROBOTICA DE CORDON DE SELLO UBS	12	0
8	○	→	□	D	▽	TRANSPORTE POR CARRUCELA CELDA 4 SELLO MOTOR	5	4
9	●	→	□	D	▽	APLICACIÓN ROBOTICA DE CORDON DE SELLO MOTOR	9	0
8	○	→	□	D	▽	TRANSPORTE POR CARRUCELA CELDA 5 SELLO FAD	5	4
9	●	→	□	D	▽	APLICACIÓN ROBOTICA DE CORDON DE SELLO FAD	10	0
10	○	→	□	D	▼	VERIFICACION DE CORDONES	8	0
11	○	→	□	D	▽	TRANSPORTE POR CARRUCELA CABINA PINTURA	5	4
TOTAL							92	24
MIN							1.5333333	

Fuente: Elaboración propia

Nota: La figura representa los tiempos de cada área del proceso de sello nave 50 Audi de México dando un tiempo CICLO de 92 segundos por carrocería.

el cálculo de capacidad instalada del área de sello dando, así como objeto el cálculo la toma de tiempos de cada proceso del área de sello como se muestra en la “Figura 15” cada proceso de sello tiene 11 actividades que van de la aplicación de sello (POROS, GAD, UBS, MOTOR.FAD) y los tiempos tactos de logística como de inspección correspondientes entre cada área.

Para el cálculo de producción tome el tiempo ciclo del proceso de sello el cual nos muestra que cada 92 segundos se termina una carrocería del proceso.


Para el estudio se realizó una toma de tiempos de cada proceso para sacar la capacidad diaria del proceso.

Capacidad diaria del proceso: Es la cantidad de unidades que pueden ser procesadas al día tomando en cuenta el 100 % de disponibilidad de tiempo y recursos.

Para el consumo de Barriles de sello es necesario saber cuánto sello consume por carrocería en cada una de las áreas como se muestra en la “tabla 3”

Tabla 3

Tabla de kilogramos de sello consumidos por los procesos de POROS, GAD, UBS, MOTOR, FAD.

Consumo total de (kg) sello por carrocería		
	PROCESO	kilogramos
	POROS	0.5
	GAD	0.7
	UBS	1.2
	MOTOR	0.6
	FAD	0.7
	total	

Nota: La figura representa los tiempos de cada área del proceso de sello nave 50 Audi de México sin contar el tiempo de inspección y el tiempo logístico.

Como se puede observar en la “Tabla 3” se encuentran los 5 procesos del área de sello Audi de México donde los diferentes robots aplican sello a la carrocería y por consiguiente consumen material, de esos procesos se puede observar en la tabla que cada proceso consume una cantidad diferente de sello dando una sumatoria total de 3.7 kg de sello que se consumen por carrocería.

Tabla 4

Tabla de total de sello por día en base carrocerías producidas al día.

Carrocerías por día	Kg de sello por Carrocería	Total de kg de sello por día
815	3.7	3015.5

Nota: La tabla representa los kg de sello que se consumen al día por la multiplicación de la cantidad de carrocerías hechas por día (815) y los 3.7 kg de sello que se consumen por carrocería.

Como podemos observar en la “tabla 4” las 815 carrocerías que se producen al día en el área de sello Nave 50 Audi de México son multiplicadas por los 3.7 kg de sello para sacar el total de consumo de sello por día.

Análisis FODA

A continuación, la “tabla 5” se muestra el análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) del área de sello nave 50 Audi de México.

FORTALEZAS

Como primer punto en el apartado de “Fortalezas” se colocó como una fortaleza el layout estandarizado ya que este facilita la operación de toma de tiempos ya que no cambia las

distancias de las áreas y por consiguiente los tiempos. Por otra parte, el proceso está estandarizado y eso es otro punto importante para hacer un cálculo de costos o de tiempos ya que las operaciones tienen una variabilidad mínima.

La calidad y precisión en el equipo EcoRAM es una fortaleza ya que en el descarte de fallas se minimiza a solo una variable de error en el equipo, pero por cuestiones de diseño en la distancia del sensor del plato de absorción.

Por último, hay un presupuesto para hacer mejoras, esto ayuda en la compra o adquisición de cualquier equipo que ayude a mejorar cualquier proceso dentro de la empresa.

OPORTUNIDADES

Como primer punto en el apartado de oportunidades el mejoramiento de la cantidad de pedido de RAMS es inminente ya que con la reducción de desperdicio de merma que se sitúa en los contenedores se puede reducir la cantidad de RAMS que se compran.

La mejora de equipos es una oportunidad ya que como se plantea en esta tesis, el acomodo en el censado del plato de absorción ayude a que el plato baje más haciendo que este deje una menor cantidad de desperdicio en los contenedores.

Por último, en el precio unitario como oportunidad en la mejora, es debido a la disminución de consumo de sello por la mejora enfocada en el sensor de absorción haciendo que en los costos por carrocería disminuya un % de sello

Tabla 5

Análisis FODA de sello nave 50 pintura Audi de México.

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
Layout estandarizado. Proceso estandarizado. Calidad y precisión del equipo EcoRAM. Presupuesto para mejoras.	Mejoramiento de la cantidad de pedido de RAMS. Mejoramiento de los equipos. Mejoramiento del costo unitario.
DEBILIDADES	AMENAZAS
Retrabajos en aplicación de sello. Material caducado. Temperatura incorrecta del material. Viscosidad no adecuada.	Exceso de Merma. Paro de producción

Nota: La tabla representa las debilidades, fortalezas, oportunidades y amenazas que se presentan en las estaciones de sello de la Nave de pintura Audi de México.

DEBILIDADES.

Se tomó en el apartado de debilidad los retrabajos en la aplicación sello, debido a que estos desperdicios contemplan en el cálculo de producción una variabilidad.

Con respecto al material caducado se identificó como una debilidad, puesto que es importante verificar que el material venga en óptimas condiciones para que no se presente alguna falla en la aplicación.

Esta verificación se ejecuta al identificar la fecha de caducidad del PVC (policloruro de vinilo) en la etiqueta que coloca el proveedor en cada tambo. Como medida adicional el técnico especialista en robótica tiene que medir la viscosidad del material con un dispositivo que mide la viscosidad en (cP) y corroborar que estén en la especificación de tolerancia técnica del proceso.

AMENAZAS.

En este apartado se identificó como una amenaza el exceso de merma al comprender que por políticas de calidad solo hay una tolerancia de falla de aplicación de una carrocería por día, esto quiere decir que si llegara a existir más reproceso sería un foco de alerta para los tiempos de toda la cadena de suministro.

Se consideró un paro de producción como una amenaza inminente ya que los procesos al estar estandarizados requieren de una precisión de tiempos puntuales y de calidad excelentes para que estos no afecten a toda la cadena de suministros.

Propuesta de planificación estratégica.

El plan estratégico de la presente tesis está dirigido al mejoramiento del dispositivo de absorción de policloruro de vinilo (PVC) de los tambos (RAMS) que lo contienen, en la estación de sello Audi de México Nave 50, ya que sobre la base de una mejor absorción de material pueden obtenerse menores costos al reducir la cantidad de kg de desperdicio.

En este sentido Audi de México tiene una visión, misión y objetivos establecidos en la “Figura 16”.

Visión

Ser la marca número 1 de automóviles premium en el mundo.

Misión

Liderazgo en tecnología.

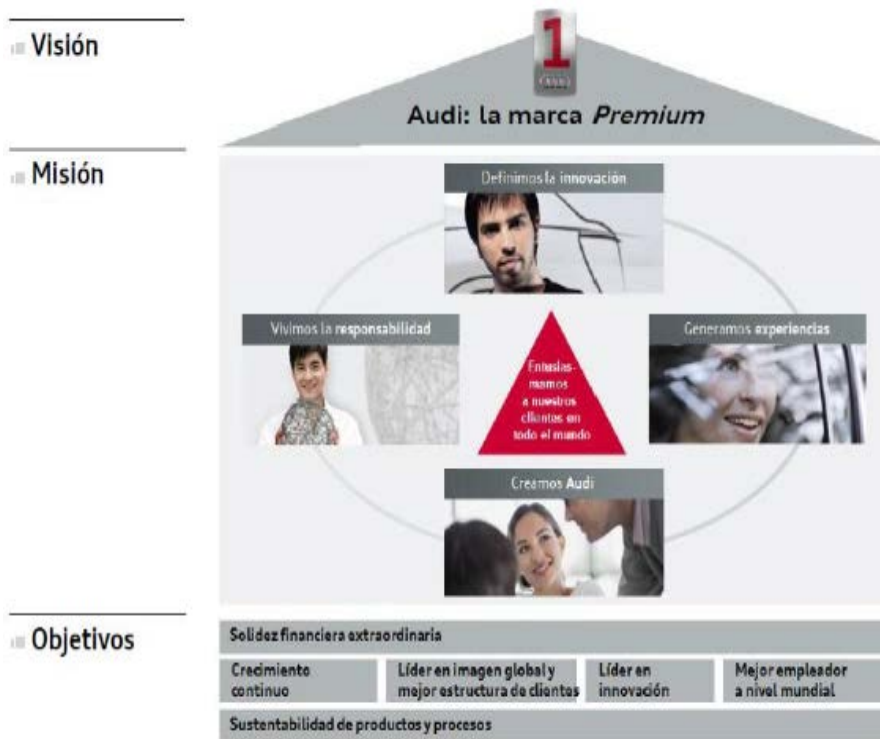
Somos la nave de Pintura más limpia del continente americano: Neutro en términos de disolventes.

Reducción de las emisiones en un 90 %. Minimización de las cantidades de agua: mediante la instalación de un depósito de rociado adicional y la conducción del agua de enjuagado en forma de cascada. (Ruiz, 2020).

Objetivos

Figura 16

Misión, Visión y objetivos Audi de México.



Fuente: (Ruiz, 2020)

Metas a desarrollar desde la perspectiva: TPM

(Rollé, 2004) afirmó lo siguiente:

El TPM está fundamentado en la metodología del mantenimiento preventivo y productivo.

Fue desarrollado e introducido a Japón hasta que, en el año de 1971, la compañía Nippon Denso implementó por primera vez el TPM en Japón logrando éxitos brillantes y ganando el premio TPM a la excelencia.

El TPM se aplica en todas las áreas de la empresa, incluyendo producción, planeación, mantenimiento y departamentos administrativos y es necesaria la participación de todos los integrantes de la empresa, desde los miembros de la alta dirección hasta los especialistas y técnicos de los niveles operativos (Rollé,2004, pp 44-49).

Resumiendo lo anterior el texto de Rolle (2004) nos dice que uno de los pilares más importantes es la mejora continua “Figura 16” la cual contempla varias actividades específicas, entre las que destaca la identificación de todas las pérdidas que afecten a la producción y a los equipos.

Figura 16

Los cinco pilares del TPM



Fuente: (Rollé, 2004)

PLANIFICACIÓN DE LA MEJORA ENFOCADA

Tabla 6

Participantes del proyecto de mejora enfocada

Participantes	Descripción
----------------------	--------------------

Técnico electrónico industrial: Johannes Carrillo Aguilar. Técnico mecatrónico industrial: Alejandro Apolinar	Responsables del área de llenado de sello GAD/FAD/USB NAVE 50 SELLO
--	--

Se procede a ejecutar un plan de mejora enfocado con los participantes del área de sello “Tabla 5”, esta mejora enfocada consiste en intervenir en el proceso productivo del área de sello nave 50 AUDI de México, con el objeto de mejorar la efectividad de la instalación de un dispositivo.

Se trata de incorporar y desarrollar un proceso de mejora continua, con el propósito de eliminar las grandes pérdidas ocasionadas para esto es necesario utilizar herramientas de análisis, que ayudan a eliminar los problemas desde la raíz.

Pérdidas en máquinas

Pérdidas en mano de obra: ausencias y accidentes.

Pérdidas en métodos: gestión de la empresa, movimientos, organización de la línea, transporte, ajuste y medidas.

Pérdidas de energía.

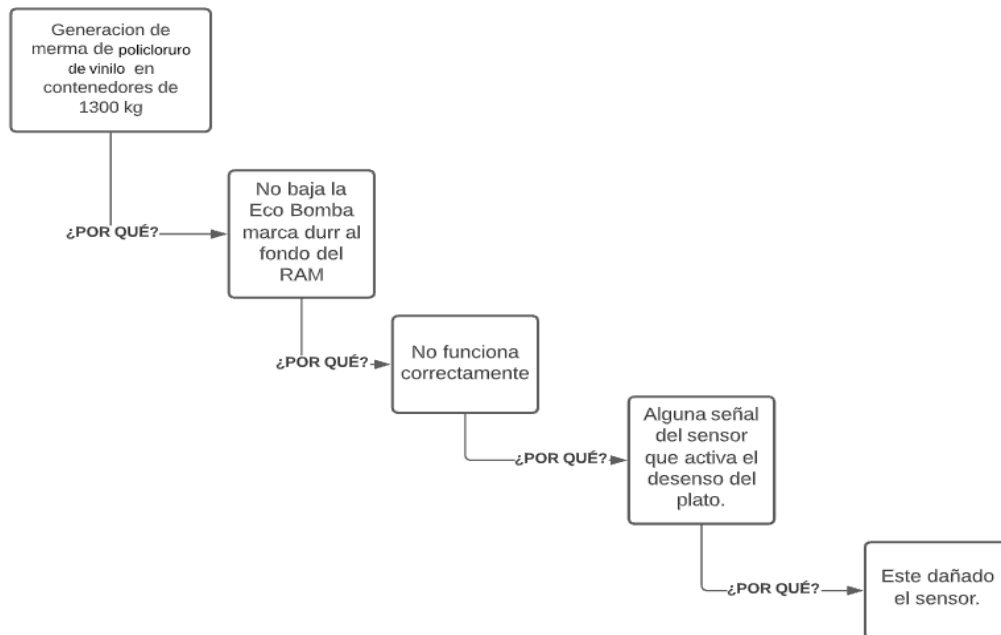
Pérdidas en medio ambiente: emisiones y vertidos

Surge la necesidad en base en este enfoque de ir más allá que solo programar el mantenimiento de conformidad a las instrucciones y recomendaciones del fabricante en este caso la empresa DURR.

Por lo tanto, se identificó mediante LA TÉCNICA DE LOS 5 PORQUE'S "Figura 17", toda posible relación de causa-efecto de generación de merma.

Figura 17

La técnica de los 5 ¿Por qué?, sobre merma en contenedores de PVC



Con el fin de detectar a más detalle se utilizó un diagrama de Ishikawa "Figura 18" donde contiene los diferentes tipos de causas que influyen en este caso la merma de sello con respecto al sensor, se seleccionaron los principales problemas:

Figura 18

Diagrama de Ishikawa sobre problema de sensor de bomba en la estación Eco RAM

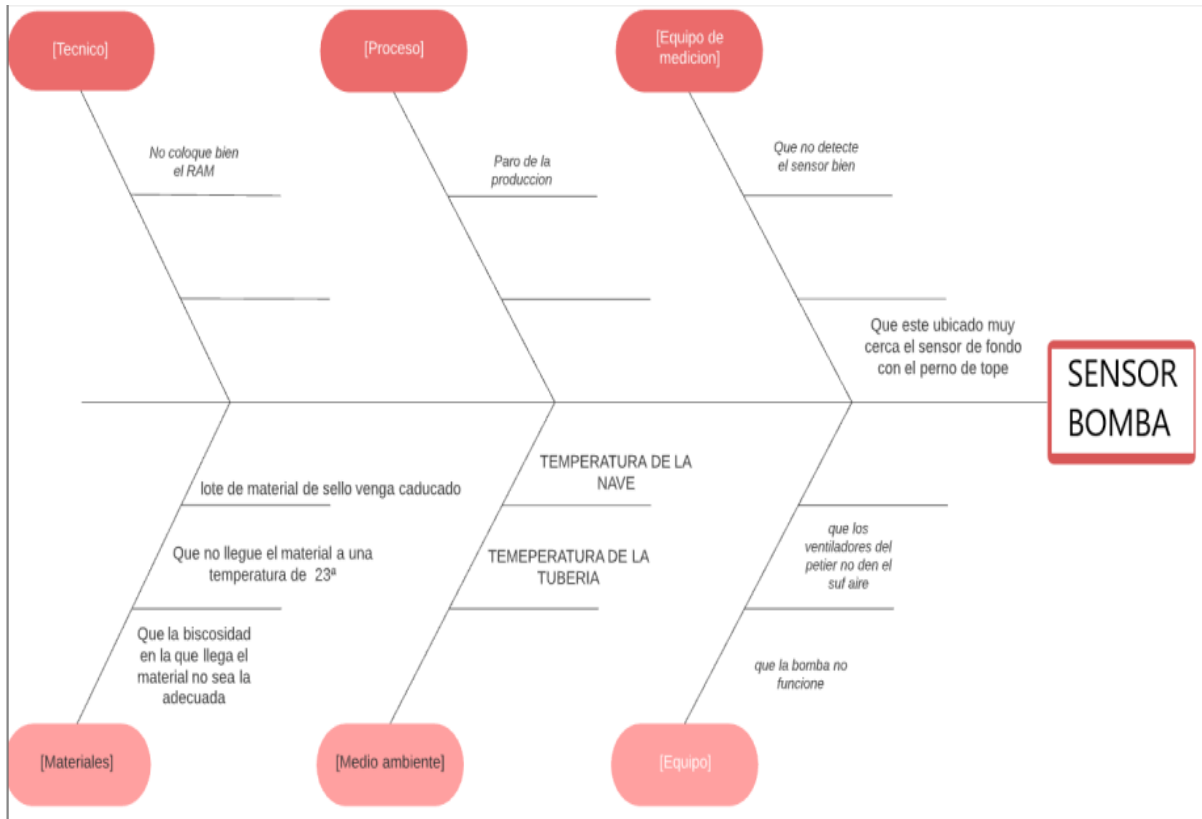


Tabla 7

Inspección física de todos estos posibles problemas causa

N° de fallo	DESCRIPCIÓN
1	Que esté ubicado muy cerca el sensor de fondo con el perno de tope
2	Que esté mal configurado el sensor en el PLC
3	Que no detecte el sensor bien

4	Que los ventiladores del petier no den el suficiente aire
5	Que la bomba no funcione
6	No coloque bien el RAM (tambo)

Se pasa a la inspección física de todos estos posibles problemas causa “Tabla 7” donde se utiliza la simbología OK si cubre todos los rubros que se le califican y NO OK cuando no los cumple.

Consta de pasos fundamentales; la primera, fue contar con el equipo de protección adecuado, la segunda, tener las herramientas necesarias y la tercera, observar que los robots estén en posición HOME.

Esto es muy importante para la seguridad del personal, que si entra a la celda y los robots están en movimiento estos pueden ocasionar severos daños; para esto se debe de esperar que el robot termine de realizar su aplicación y se quede parado, a esto se le llama posición HOME.

El cuarto paso consiste en abrir la puerta, para que automáticamente se detenga el sistema; el quinto, realizar la limpieza, y el sexto consiste en que al finalizar la limpieza se debe cerrar la puerta, resetear el sensor, ya que como fue abierto, el robot lo registra como una falla; por lo que entonces, es necesario resetearlo y oprimir el arranque conectado.

El arranque conectado es un botón que enciende el sistema; cada vez que se abre la puerta y se activa la alarma, el arranque se apaga y toda la celda queda inhabilitada.

Después de realizar modificaciones, limpieza, etc., es necesario oprimir este botón para que se restablezca toda la celda Como último paso y más importante, debe observarse que esté activado


el puenteo de seguridad; este botón es primordial para la seguridad de quien se encuentre dentro de la celda, ya que si no está activado corre el riesgo de que otra persona lo active y los robots entren en funcionamiento.

Al término de la limpieza es necesario pasar el controlador en modo manual, ya que se desajustan los robots; entonces es conveniente hacer modificaciones, para que las aplicaciones vuelvan a su estado normal.

Cumpliendo este protocolo se accede a hacer un check list “Tabla 8” de las posibles causas de generación de merma en el equipo.

Tabla 8

Check list de las posibles causas de generación de merma en el equipo.

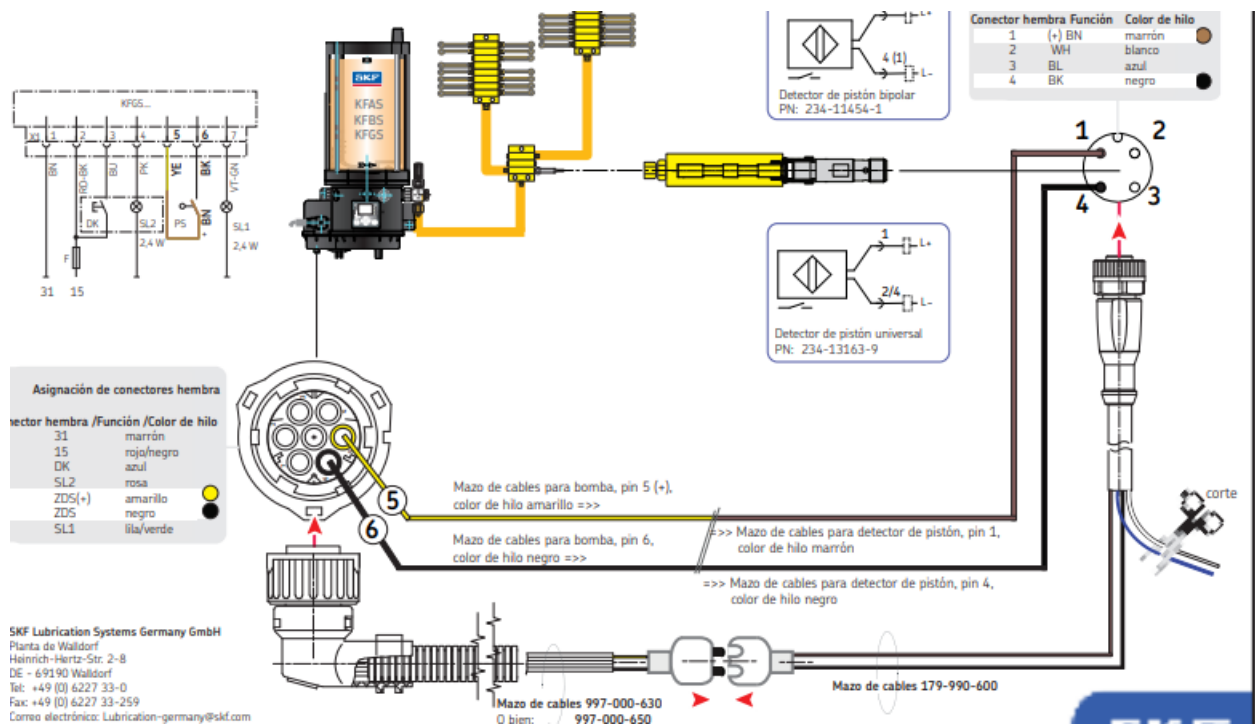
		DESCRIPCIÓN	
		N° de fallo	DESCRIPCIÓN
		1	Que esté ubicado muy cerca el sensor de fondo con el perno de tope
		2	Que esté mal configurado el sensor en el PLC
		3	Que no detecte el sensor bien
		4	Que los ventiladores del petier no den el suficiente aire
		5	Que la bomba no funcione
		6	No coloque bien el RAM
1		NO OK	
2		OK	
3		OK	
4		OK	
5		OK	
6		OK	

Al revisar el equipo se fue descascarando una por una cada posibilidad:

Se identificó que los pistones de las bombas funcionan correctamente como también el sistema electro digital del PLC estaba trabajando sin ninguna falla, los sensores los detecta el equipo y funcionan perfectamente, se revisó los ventiladores del peltier y de igual forma ninguno presentaba falla alguna.

Figura 19

Diagrama eléctrico de prueba de sensor



Con respecto de lo que salió de la causa más probable que era el sensor, se hizo una prueba del mismo para checar si ese era el impedimento para que bajara completamente el pistón de la bomba.

Esta comprobación se realizó conectando la clavija eléctrica (enchufe M12x1) a la bomba ECORAM después se sostiene un objeto metálico delante de la superficie frontal del detector de pistón “Figura 19”. Si el diodo amarillo se enciende quiere decir la conexión es correcta.

Al percatarnos que el equipo estaba en óptimas condiciones de operación de acuerdo al diseño del fabricante, se optó por adecuar una solución adicional.

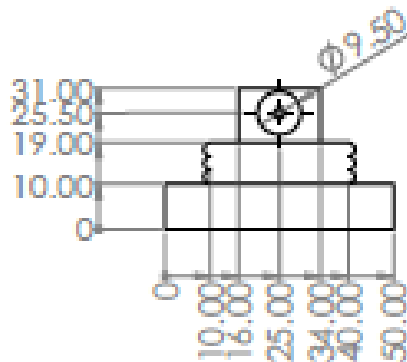
Es el caso que en vez de montar el detector (sensor) de perno en la distancia establecida del distribuidor, se optó por colocarlo en una posición distinta a la que ocupaba hasta ese momento, a continuación, se describe la modificación antes mencionada.

ANTES SIN MODIFICACIÓN DE ALTURA DE SENSOR

La altura donde el sensor se colocaba en el platillo compresor, correspondía a una medida de 19 mm “Figura 20”, lo cual – como se puede observar en “Figura 21”– se dejaba una separación de 25 mm en las cuales se dejaba material sin uso alguno.

Figura 20

Dibujo Técnico de dimensiones del sensor que va colocado en el platillo



Al tener una altura tan corta, el perno asomaba ligeramente “Figura 22” y automáticamente detenía la compresión de material a la altura señalada previamente dejando merma 25 mm “Figura 21”.

Figura 21

Dibujo CAD de separación de 25 mm de merma

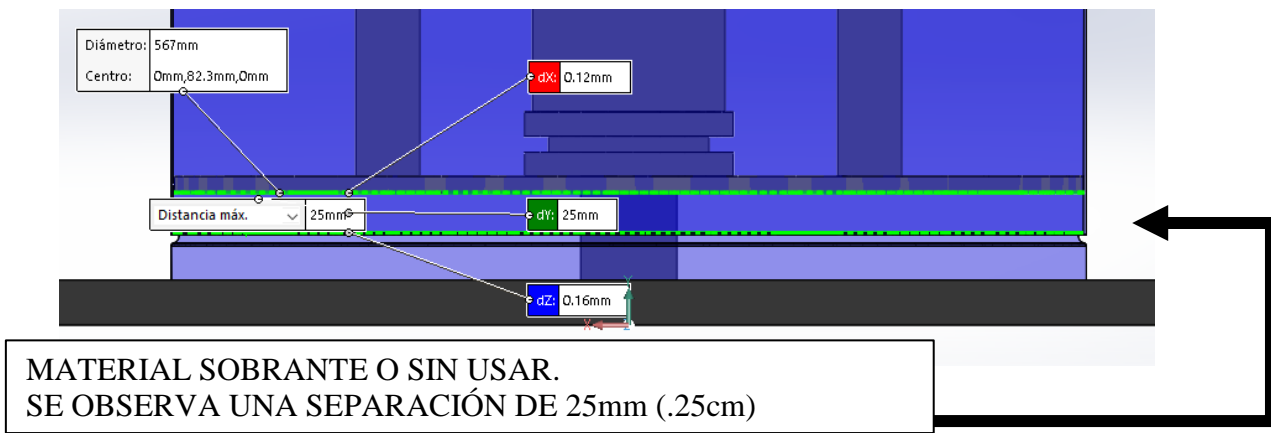
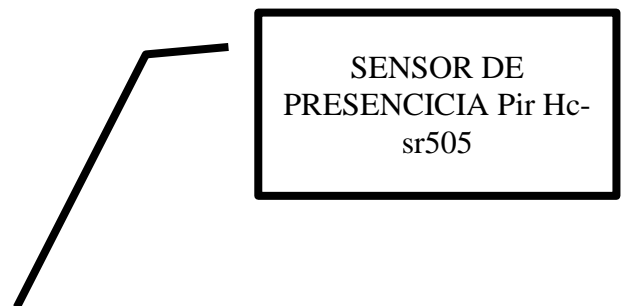
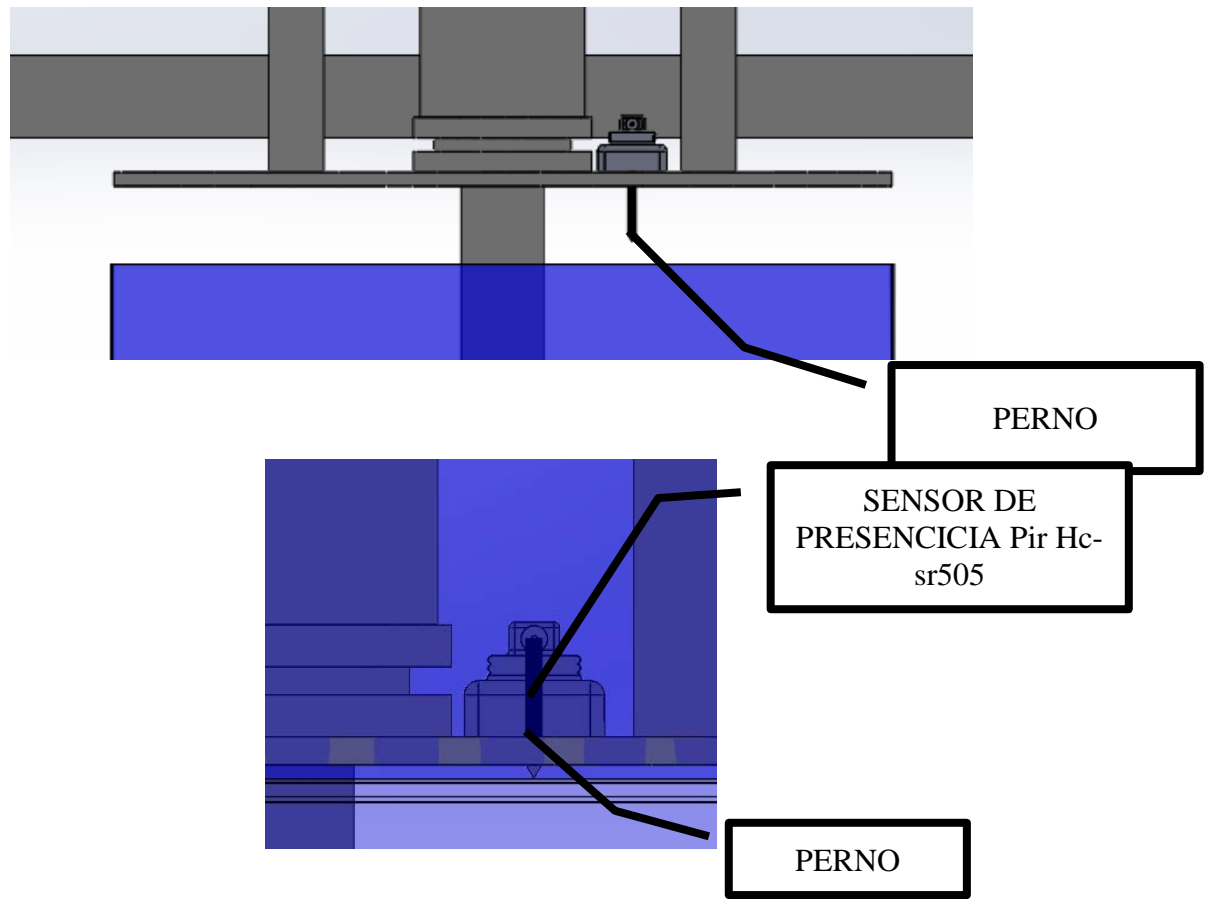


Figura 22

Dibujo CAD de Aproximación del perno con el fondo del contenedor.

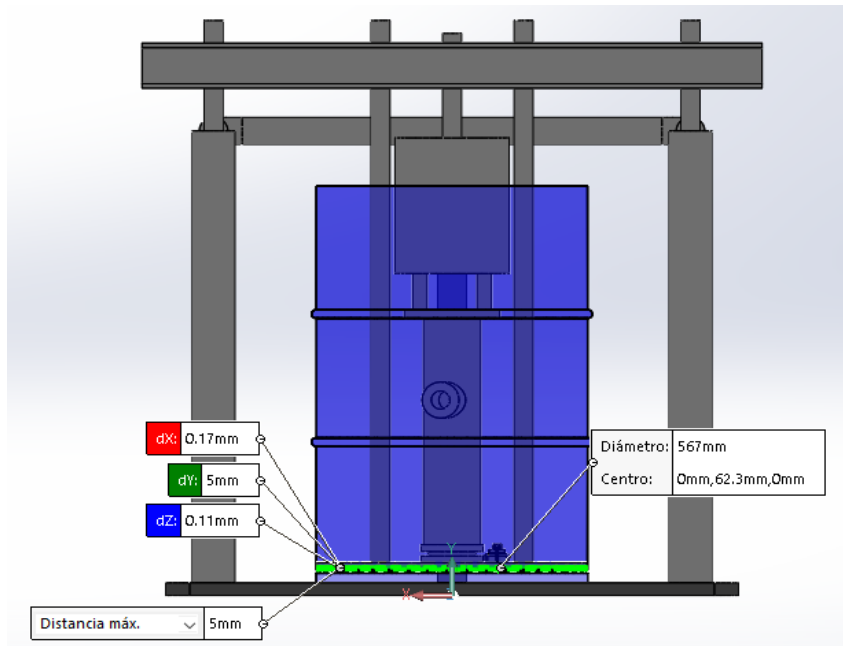




DESPUÉS CON MODIFICACIÓN DE ALTURA DE SENSOR

Figura 23

Dibujo CAD de propuesta de modificación de perno.



Se planteó la problemática y se optó por corregir la altura logrando aumentarla a unos 29 mm “*Figura 24*” para que así a pesar de que el perno salga, el perno tarde en detener la operación de compresión hasta lograr lo que planteamos – que era dejar un espacio de 5 mm de espacio entre disco y fondo “*Figura 23*” y “*Figura 25*”.

Figura 24

Dibujo CAD de propuesta de modificación de altura de base de sensor.

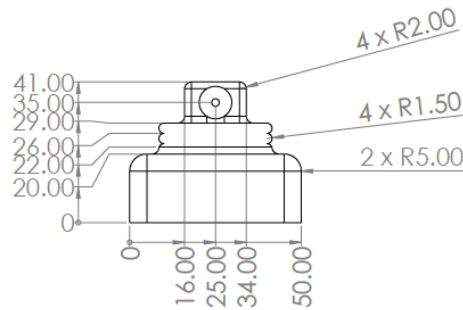
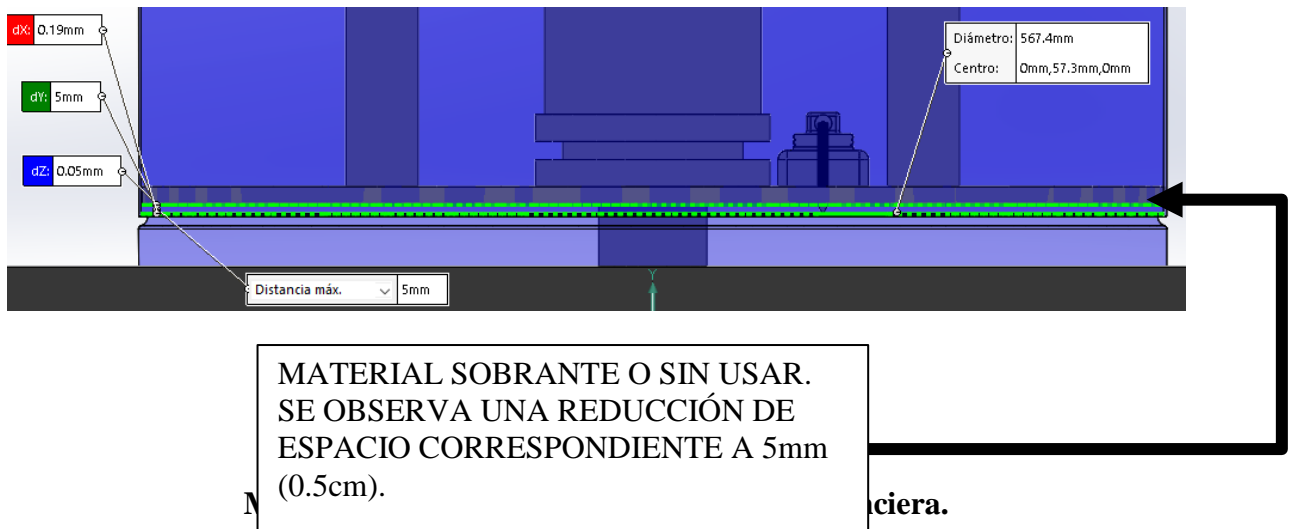


Figura 25

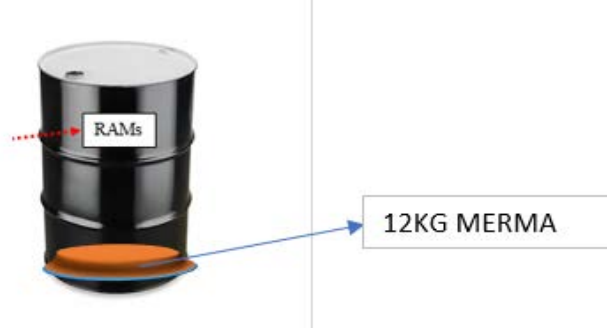
Dibujo CAD de muestra de espacio sobrante (merma)



Se mandó al laboratorio de pintura Nave 50 Audi de México un tambo de sello para su análisis del material que se desperdicia por los 25 mm de sello sobrante por tambo dando como resultado 12 kg de sello "figura 26"; con esto se calculó la cantidad de desperdicio generado al día, mes y año para poder tener una perspectiva del ahorro con base al costo unitario como explicaré más adelante.

Figura 26

Cantidad de sello que se desperdicia en un tambo.



Si se tiene planeado procesar 815 carrocerías diarias durante el año y cada carrocería consume 3.7 kg de sello, podemos calcular cuánta cantidad de sello se utilizará y en su caso cuantos tambos se comprarán.

$(815 \text{ carrocerías}) * (3.7 \text{ kg}) = 3015.5 \text{ kg}$ de sello que se consumen por día.

Como son 24 días laborables por mes se multiplican los 3015.5 kg por los 24 días que se trabajan:

$(3015.5 \text{ kg}) * (24 \text{ días}) = 72372 \text{ kg}$ de sello consumido de sello en un mes.

Al tener la cantidad de sello consumido al mes podremos calcular cuántos tambos de sello se requieren al dividir la capacidad de cada tambo entre el total de kilogramos consumidos al mes:

$(72372 \text{ kg de sello consumido al mes}) / (1300 \text{ kg de sello capacidad de cada tambo}) = 55.6$ tambos por mes redondeándolos a 56 tambos por mes.

Esos 56 tambos de sello que se consumen al mes, por tambo se está desperdiciando según el estudio del laboratorio de pintura 12 kg de sello.

A la empresa le cuesta el kilogramo de sello 2.06 dólares, para poder hacer un cálculo de la cantidad de material desperdiciado y el costo de este, se multiplicó los 12 kilogramos que se desperdician por tambo por los 56 tambos que se consumen al mes y después por el costo de cada kilogramo que son los 2.06 dólares:

$$(12 \text{ kg merma por tambo}) * (56 \text{ tambos de sello}) * (2.06 \text{ dólares}) = 1384.32 \text{ dólares.}$$

Ya teniendo un costo de lo que se desperdicia al mes de sello que son 1384.32 dólares se prosigue a sacar el costo unitario para después hacer un análisis del costo por carrocería ya con la disminución de este desperdicio.

Costo unitario.

El costo unitario del área de sello nave 50 Audi de México se determina con el ejercicio de la sumatoria de todos los gastos al mes directos de fabricación (materia prima, mano de obra directa), más la sumatoria de todos los gastos al mes indirectos (gastos administrativos, gastos por insumos de luz, agua, seguros, calidad, mantenimiento etc.), dividido entre la cantidad de unidades producidas al mes:

$$\text{Costo unitario} = \frac{\text{Gastos directos de fabricación mensual} + \text{Gastos indirectos de fabricación mensual}}{\text{Unidades fabricadas mensual}}$$

Como se muestra en la “tabla 9” el desglose del costo unitario está conformado por la sumatoria de los costos de materia prima, más los costos de mano de obra directa, más los costos indirectos de fabricación, entre las cantidades de unidades fabricadas al mes dando en sí un resultado de 131.19 dólares como costo unitario:

$$\text{Costo unitario} = \frac{149968 \text{ usd} + 35000 \text{ usd} + 2381,117.54 \text{ usd}}{19560 \text{ carrocerías}}$$

Esto nos quiere decir que cada carrocería de solo el proceso de sello, le cuesta a la empresa 131.19 dólares y haciendo una conversión a pesos mexicanos tomando en cuenta el dólar con tipo de cambio a \$20.00 pesos, la empresa le saldría en \$2624.00 pesos cada carrocería.

Tabla 9

Análisis de costos del área de sello nave 50 Audi de México en dólares (USD) y en pesos mexicanos (MXN).

COSTO UNITARIO MENSUAL		
	USD	MXN
Materia prima	\$ 149,968.00	\$ 2,999,360.00
Mano de obra directa	\$ 31,575.00	\$ 631,500.00
Costos indirectos de fabricacion	\$ 2,381,117.54	\$ 47,622,350.88
Unidades fabricadas al mes	19560	19560
Costo unitario	\$ 131.02	\$ 2,620

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La tabla representa los datos del costo unitario aproximados generados al mes del área de sello nave 50 Audi de México, en dólares (USD) y en pesos mexicanos (MXN).

Costos directos

Materia prima.

Como se mostró en la “tabla 9” como dato resultante de todos los costos de materia prima fueron 149,968 dólares y estos fueron sacados según la “tabla 10” de materia prima que proyecta los datos

de consumo mensual, dando por 56 tambos de consumo al mes de policloruro de vinilo como se explicó anteriormente.

Teniendo un costo de 2.06 dólares el kg de policloruro de vinilo y los tambos tienen un contenido de 1300kg, consta de una multiplicación de 1300kg por 2.06 dólares dando como resultado 2,678 dólares por cada tambo de policloruro de vinilo.

Tabla 10

Análisis de costos al mes de materia prima área de sello nave 50 Audi de México en dólares (USD) y en pesos mexicanos (MXN).

MATERIA PRIMA		
	USD	MXN
Tambos de sello	56	
Costo de tambo en dolares	\$ 2,678.00	\$ 53,560.00
	\$ 149,968.00	\$ 2,999,360.00

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La tabla representa los datos del costo de materia prima aproximados generados al mes del área de sello nave 50 Audi de México, en dólares (USD) y en pesos mexicanos (MXN).

Mano de obra directa.

Para el cálculo de los costos de mano de obra mensual como se muestra en la “tabla 11”, fue establecido por la sumatoria de los sueldos netos que le cuesta a Audi ya con las contribuciones de

seguridad social e impuestos de cada trabajador operador de maquinaria del área de sello nave 50 Audi de México.

Por tanto, son 5 áreas que tiene el área de sello y de esta cada área tiene un personal de 10 técnicos especialistas de los cuales a la empresa por personal le cuesta 631.5 dólares al mes.

Dando como resultado 31575 dólares de la sumatoria de todos los sueldos netos de las 5 áreas de sello nave 50 Audi de México.

Tabla 11

Análisis de costos al mes de materia prima área de sello nave 50 Audi de México en dólares (USD) y en pesos mexicanos (MXN).

MANO DE OBRA DIRECTA			
		Sueldo dolares (631.5 dolares al mes)	
Área	Numero de tecnicos	USD	MXN
FAD	10	6315	\$ 126,300.00
GAD	10	6315	\$ 126,300.00
UBS	10	6315	\$ 126,300.00
MOTOR	10	6315	\$ 126,300.00
POROS	10	6315	\$ 126,300.00
		31575	\$ 631,500.00

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La tabla representa los datos del costo de materia prima aproximados generados al mes del área de sello nave 50 Audi de México, en dólares (USD) y en pesos mexicanos (MXN).

Costos indirectos de fabricación.

Los costos indirectos de fabricación son todos los costos adicionales de carácter variado que no tienen que estar directamente relacionados al producto, pero aun así se toman en cuenta en el prorrateo para sacar el costo unitario ya que sin estos no se tendría un costo real del producto de fabricación ya que si afectan en gran medida al cálculo de estos.

Como se muestra en la “tabla 12” presentando todos los gastos indirectos de fabricación del área de sello como resultante de la sumatoria de estos da un resultado de 2381117.54 dólares que se gasta al mes en el área.

Tabla 12

Análisis de costos indirectos al mes del área de sello nave 50 Audi de México en dólares (USD) y en pesos mexicanos (MXN).

COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN		
	USD	MXN
Luz	\$120,000.00	\$ 2,400,000.00
Agua	\$10,526.32	\$ 210,526.32
Administrativos	\$8,331.58	\$ 166,631.58
Calidad	\$1,263.16	\$ 25,263.16
Mantenimiento	\$2,400.00	\$ 48,000.00
Seguros	\$5,263.16	\$ 105,263.16
Recuperación de maquinaria por depreciación	\$2,233,333.33	\$ 44,666,666.67
	\$ 2,381,117.54	

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La tabla representa los datos de los costos indirectos de fabricación aproximados generados al mes del área de sello nave 50 Audi de México, en dólares (USD) y en pesos mexicanos (MXN).

Estos costos indirectos de fabricación empiezan por los consumibles de luz y agua pagados por su respectiva cuota local y el promedio aproximado de consumo en operaciones, por motivos de confidencialidad de la empresa estos datos fueron aproximados y sacados de recibos anteriores.

Los costos administrativos son todos los sueldos que paga la empresa del área de sello con respecto a los líderes del área que como anteriormente se explicó en el organigrama existe un gerente de nave, un coordinador, un facilitador y una secretaria que ve todos los asuntos administrativos de nóminas y situaciones presentadas en el área con los demás departamentos de toda la empresa.

Todos estos costos en una sumatoria dan como resultado 8331.58 dólares al mes que se pagan de estos gastos como se muestra en la “tabla 12”.

Tabla 12

Análisis de costos indirectos administrativos al mes del área de sello nave 50 Audi de México en dólares (USD) y en pesos mexicanos (MXN).

ADMINISTRATIVOS.			
	USD		MXN
GERENTE	\$	4,210.53	\$ 84,210.53
COORDINADOR	\$	2,105.26	\$ 42,105.26
FACILITADOR	\$	1,315.79	\$ 26,315.79
SECRETARIA	\$	700.00	\$ 14,000.00
	\$	8,331.58	\$ 166,631.58

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La tabla representa los datos de los costos indirectos administrativos de fabricación aproximados generados al mes del área de sello nave 50 Audi de México, en dólares (USD) y en pesos mexicanos (MXN).

Los costos de calidad se hicieron solo con base a los sueldos ocupados, en este caso son los sueldos de 2 especialistas en calidad de sello que observan y hacen recorridos en el proceso, cada uno con un sueldo neto mensual de 631.58 dólares como se muestra en la “figura 13”, esto dando una sumatoria de sueldos netos de 8331.58 dólares.

Tabla 13

Análisis de costos indirectos de calidad al mes del área de sello nave 50 Audi de México en dólares (USD) y en pesos mexicanos (MXN).

CALIDAD				
	USD		MXN	
TECNICO ESPECIALISTA	\$	631.58	\$	12,631.58
TECNICO ESPECIALISTA	\$	631.58	\$	12,631.58
	\$	1,263.16	\$	25,263.16

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La tabla representa los datos de los costos indirectos calidad de fabricación aproximados generados al mes del área de sello nave 50 Audi de México, en dólares (USD) y en pesos mexicanos (MXN).

Los costos de mantenimiento del área de sello nave 50 Audi de México están conformados por los dos sueldos de los técnicos especialistas con un sueldo neto de 800 dólares cada uno más la sumatoria del promedio de los gastos de refacciones y aceites utilizados por la maquinaria en este caso según la “tabla 14” nos muestra que se gasta 2400 dólares mensualmente en el área de sello.

Tabla 14

Análisis de costos indirectos de mantenimiento al mes del área de sello nave 50 Audi de México en dólares (USD) y en pesos mexicanos (MXN).

MANTENIMIENTO		
	USD	MXN
TECNICO ESPECIALISTA	\$ 800.00	\$ 16,000.00
TECNICO ESPECIALISTA	\$ 800.00	\$ 16,000.00
REFACCIONES ACEITES Y MAS.	\$ 800.00	\$ 16,000.00
	\$ 2,400.00	\$ 48,000.00

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La tabla representa los datos de los costos indirectos de mantenimiento aproximados generados al mes del área de sello nave 50 Audi de México, en dólares (USD) y en pesos mexicanos (MXN).

Por último, quedan los costos aproximados por seguros que se pagan en la nave y es un seguro por daños tanto de lo que contiene la nave (maquinaria, productos, mobiliarios) como del producto en caso de existir un problema, así como para la responsabilidad civil derivada del negocio.

Esto según una entrevista hecha a la gerencia se preguntó un aproximado de este gasto mensual dando como resultado un gasto de 5,263.16 dólares.

Otro costo y uno de los más importantes es el de la recuperación de maquinaria por depreciación mensual que se muestra en la “tabla 15”, donde podemos observar que la inversión hecha por parte de la empresa en el área de sello nave 50 Audi de México, consta en primera instancia de

25 robots de la marca (*Dürr*) cuyo valor es de 250,000 dólares por robot teniendo en el área 25 robots de dicha marca con su respectiva instalación de equipo de alimentación de material, dando como resultante 625,000 dólares.

Por consiguiente, este equipo tuvo un costo de instalación 100000 dólares y adecuaciones en la nave de 250,000 mil dólares según los datos dados por la gerencia de pintura nave 50 Audi de México en una entrevista.

Cabe mencionar que también se creó un sistema de transporte de carrocerías del cual tuvo un costo de 100 mil dólares como se muestra en la “tabla 15”.

Tabla 15

Análisis de costos de recuperación de maquinaria por depreciación mensual del área de sello nave 50 Audi de México en dólares (USD) y en pesos mexicanos (MXN).

MAQUINARIA		
	MXN	USD
Costo de 25 robots (250 mil USD por robot)	\$ 125,000,000.00	\$ 6,250,000.00
Costo de instalación	\$ 2,000,000.00	\$ 100,000.00
Costo de nave	\$ 5,000,000.00	\$ 250,000.00
Costo de sistema de transporte	\$ 2,000,000.00	\$ 100,000.00
Total de inversión	\$ 134,000,000.00	\$ 6,700,000.00
Recuperación por depreciación anual por 5 años	\$ 26,800,000.00	\$ 1,340,000.00
Recuperación por depreciación al mes	\$ 2,233,333.33	\$ 111,666.67

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La tabla representa los datos de los costos recuperación de maquinaria por depreciación mensual aproximados generados al mes del área de sello nave 50 Audi de México, en dólares (USD) y en pesos mexicanos (MXN).

Estos datos fueron sumados y dando como resultado una inversión total de 134,000,000.00 de dólares.

Esta depreciación de inversión en este ejercicio de costos se hizo con base a 5 años, esto quiere decir, que este costo de inversión se recuperará en 5 años añadiéndose al costo unitario.

Por consiguiente, el cálculo queda conforme la siguiente fórmula:

$$\frac{\$134,000,000.00 \text{ dólares}}{5 \text{ años}} = 26,800,000.00 \text{ dólares por año}$$

Por consiguiente, queda como resultante 26,800,000.00 de dólares anuales que se recuperarán y como se quiere obtener este dato para meterlo en los costos generales para después determinar el costo unitario mensual, entonces se tiene que dividir entre 12 meses que tiene un año y quedan de la siguiente manera:

$$\frac{\$26,800,000.00 \text{ dólares}}{12 \text{ meses}} = 2,233,333.33 \text{ dólares por mes}$$

Esto quiere decir que 2,233,333.33 dólares se anexa a los costos del mes añadiendo esta cantidad a los costos indirectos de fabricación para con este determinar el costo unitario.

Como bien se mencionó anteriormente con la mejora enfocada en este trabajo práctico se están ahorrando 1384.32 dólares al mes, esto tiene una repercusión en el costo unitario según la “tabla 16”.

Descontando los 1384.32 dólares que se ahorran de materia prima al mes, a los 149,968.00 dólares de monto general de materia prima al mes da como resultado 148,583.68 dólares de monto en el apartado de materia prima al mes como se muestra en la “tabla 16 “

Tabla 16

Análisis de costos del área de sello nave 50 Audi de México en dólares (USD) y en pesos mexicanos (MXN) con la mejora enfocada.

COSTO UNITARIO MENSUAL CON LA MEJORA		
	USD	MXN
Materia prima	\$ 148,583.68	\$ 2,971,673.60
Mano de obra directa	\$ 31,575.00	\$ 631,500.00
Costos indirectos de fabricacion	\$ 2,381,117.54	\$ 47,622,350.88
Unidades fabricadas al mes	19560	19560
Costo unitario	\$ 130.94	\$ 2,619

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La tabla representa los datos ya con la mejora enfocada del costo unitario aproximados generados al mes del área de sello nave 50 Audi de México, en dólares (USD) y en pesos mexicanos (MXN).

Por último, en la “tabla 17” se muestran las diferencias de costo unitario con respecto antes y después de la mejora enfocada.

Tabla 17

Análisis de costos del área de sello nave 50 Audi de México en dólares (USD) y en pesos mexicanos (MXN) con la mejora enfocada.

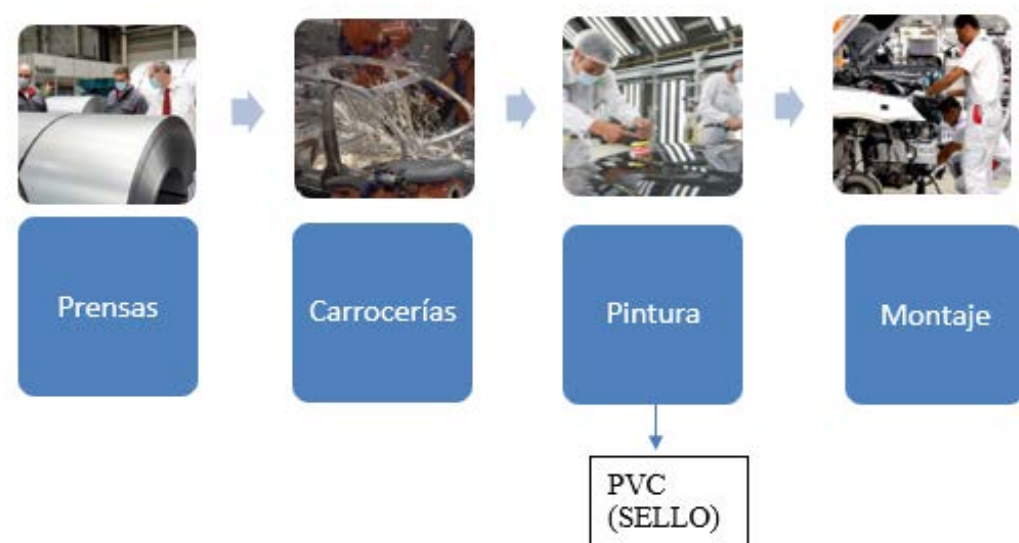
COSTOS UNITARIOS				
	USD		MXN	
Costo unitario antes de la mejora	\$	131.02	\$	26.20
Costo unitario despues de la mejora	\$	130.94	\$	26.19
Diferencia	\$	0.07	\$	0.01

Clientes

Como se muestra en la “Figura 27” los clientes del proceso de pintura son el área de montaje que es el proceso siguiente, el área de pintura entrega la carrocería con todos los requerimientos de calidad establecidos de montaje , estos requerimientos vienen especificados en una hoja viajera(hoja de calidad donde se establece los requerimientos que debe cumplir la carrocería) sí una carrocería no cumpliera con los requisitos ,el área de calidad de montaje no la recibe o en su defecto la regresa produciendo un grave problema.

Figura 27

Principales procesos de Audi de México



Fuente: Elaboración propia.

Nota: La figura representa los principales procesos de la elaboración de una carrocería en Audi de México.

Procesos industriales

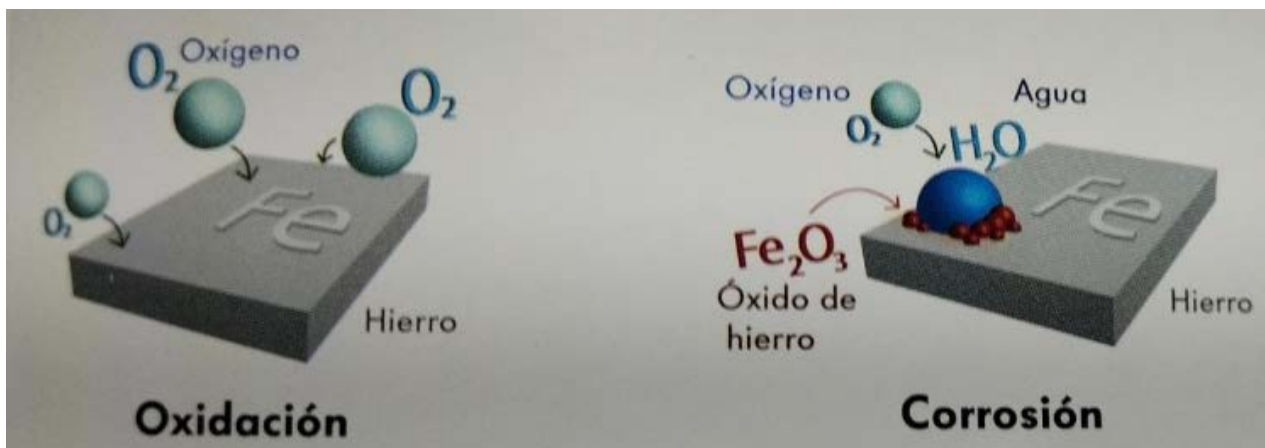
Las operaciones significativas para la prevención de la aparición de corrosión en una carrocería van de la mano de todos los procesos industriales de Audi de México.

En este trabajo de investigación, la mejora enfocada está planteada en una de las áreas más importantes para que este objetivo de prevención de la corrosión sea posible.

La corrosión es una reacción electroquímica “figura 28” donde se deteriora la estructura del material de la carrocería, mermando la funcionalidad del componente manifestándose en un color rojizo por ello en Audi de México es muy importante que sus vehículos resistan a este fenómeno.

Figura 28

Reacción electroquímica de un metal.



Fuente: Elaboración propia adecuación de “Amor por el detalle” Volkswagen de México.

Nota: La figura representa el fenómeno en primera instancia de la oxidación cuando un metal está en contacto con el oxígeno y en segunda instancia el fenómeno de corrosión que es cuando un metal interactúa con agua y con oxígeno a la vez formando Óxido de hierro.

Factores que favorecen la corrosión de una carrocería:

Lluvia.

Heladas.

Material abrasivo en el suelo.

Temperaturas altas.

Cargas excesivas que comprometan la dureza del material.

Sales.

Impurezas en el suelo.

Por ello como se muestra en la “tabla 18” cada proceso tiene una relación.

Tabla 18

Tabla de participantes en la anticorrosión de carrocerías en Audi de México.

N°	Medidas tomadas.	Descripción	Ubicación
1.-	Lámina galvanizada.	Lámina recubierta de Zinc que prolonga la vida útil del producto y ayuda a prevenir la corrosión	Nave de prensas
2.-	Adhesivo antes del engargolado.	Ofrece protección anticorrosiva. Aporta altos niveles de resistencia	Nave Carrocerías
3.-	Eliminación de rebabas.	Las rebabas provocan una mala adherencia de la pintura.	Nave Carrocerías
4.-	Monitoreo de proceso de engargolado.	Cuidar que la aplicación de soldadura se aplique en el lugar correcto y	Nave Carrocerías

		sin perforar la lámina o dejar poros que puedan producir oxidación en la unión.	
5.-	Verificación de espesor y posición de piezas.	Seguir las especificaciones técnicas de medidas de la carrocería.	Nave Carrocerías
6.-	Pre tratamiento (Vorbehandlung VBH).	Base previa de fosfatado. En este proceso, se consigue que un depósito de óxido quede adherido al metal base, protegiéndolo contra la oxidación del hierro.	Nave Pintura
7.-	Baño de pintura de inmersión catódica (Kathodische Tauch Lackierung KTL).	Se sumerge la carrocería y se le aplica una diferencia de potencial eléctrico para que las moléculas de pintura cuando ésta se le aplique, se depositen sobre la pieza (cátodo)	Nave Pintura

		de forma uniforme es por eso que este proceso recibe el nombre de cataforesis.	
8.-	Aplicación de PVC	Sella las uniones y huecos de la carrocería para evitar el efecto de capilaridad.	Nave Pintura
9.-	Primer (Füller)	El aparejo tiene el objeto de generar una superficie uniforme que garantice la adherencia de las pinturas de acabado.	Nave Pintura
10.-	Pintura Base (Basis Lack)	Los robots recubren con cuatro capas de pintura, las dos primeras garantizan la elasticidad y protección contra el deterioro y la tercera aporta el color que nosotros vemos.	Nave Pintura
11.-	Barniz (Klar Lack)	Si la pintura es metalizada o efecto	Nave Pintura

		<p>perla, se añaden nanopartículas en los pigmentos y así el tono cambia según la incidencia de la luz. La cuarta y última capa es transparente y proporciona brillo y protección a la carrocería.</p>	
--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia en Excel.

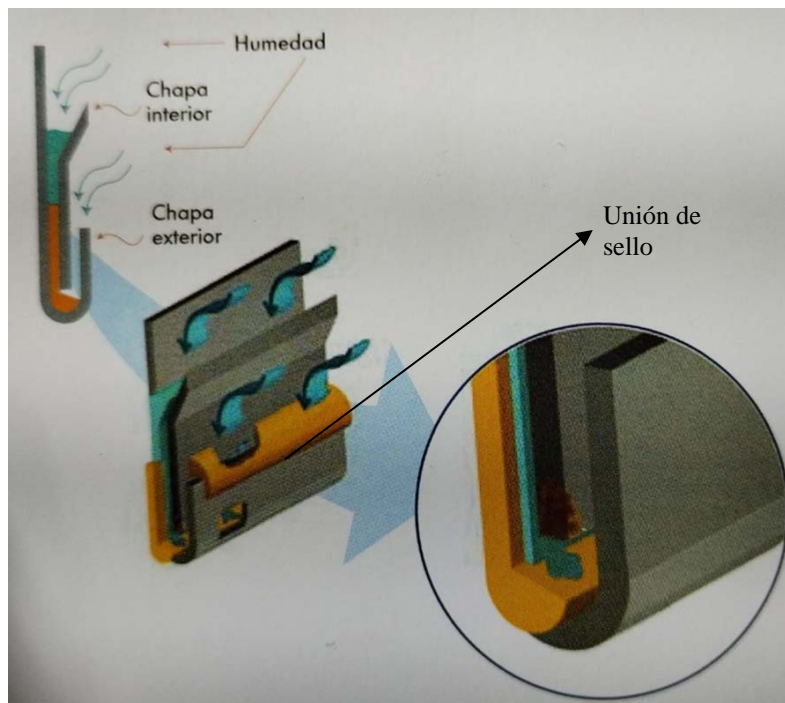
Nota: La tabla representa los procesos participantes para evitar la corrosión en Audi de México.

En el proceso de carrocería que es el proceso anterior a pintura como se muestra en la “figura 27”, se realizan las uniones de lámina que forman una carrocería mediante la aplicación de soldadura láser, estos procesos se caracterizan por proporcionar alta rigidez a la carrocería y unir las piezas.

El proceso de sello del cual está enfocado esta tesis tiene como principal función proporcionar protección adicional a las uniones de soldadura recubriendo estas uniones con policloruro de vinilo para que en estas no entre cualquier tipo de humedad.

Figura 29

Efecto corrosivo en uniones de soldadura.



Fuente: Elaboración propia adecuación de “Amor por el detalle” Volkswagen de México.

Nota: La figura representa el fenómeno en primera instancia de la oxidación que puede surgir al entrar humedad en los huecos que existen entre la unión de la lámina interior y la lámina exterior y en segunda explica la función de color naranja del PVC como principal aislante de humedad.

Como se muestra en la “figura 29” se puede observar un ejemplo de lo que sucede cuando el sello presenta una mala aplicación o perforaciones, esto hace que la humedad entre en el interior

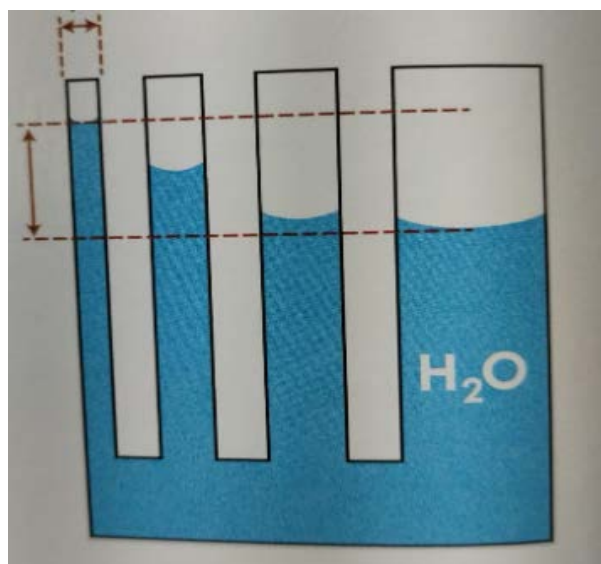
de las láminas generando un hueco en la unión de la chapa interior y la chapa exterior haciendo en sí un efecto de capilaridad.

El efecto de capilaridad como se muestra en la “figura 30” es un efecto por el cual los líquidos ascienden por conductos estrechos.

A pesar de la fuerza de gravedad entre más estrecho es el conducto mayor será la altura a la que ascienda el líquido. En este caso si no se sella bien las uniones de soldadura el agua penetra el engargolado y hace que suba por la superficie de la lámina.

Figura 30

Efecto de capilaridad.



Fuente: Elaboración propia adecuación de “Amor por el detalle” Volkswagen de México.

Nota: La figura representa el efecto de capilaridad que es un efecto por el cual los líquidos ascienden por conductos estrechos como se ve en el primer conducto del lado izquierdo el agua subió más que el conducto del lado derecho.

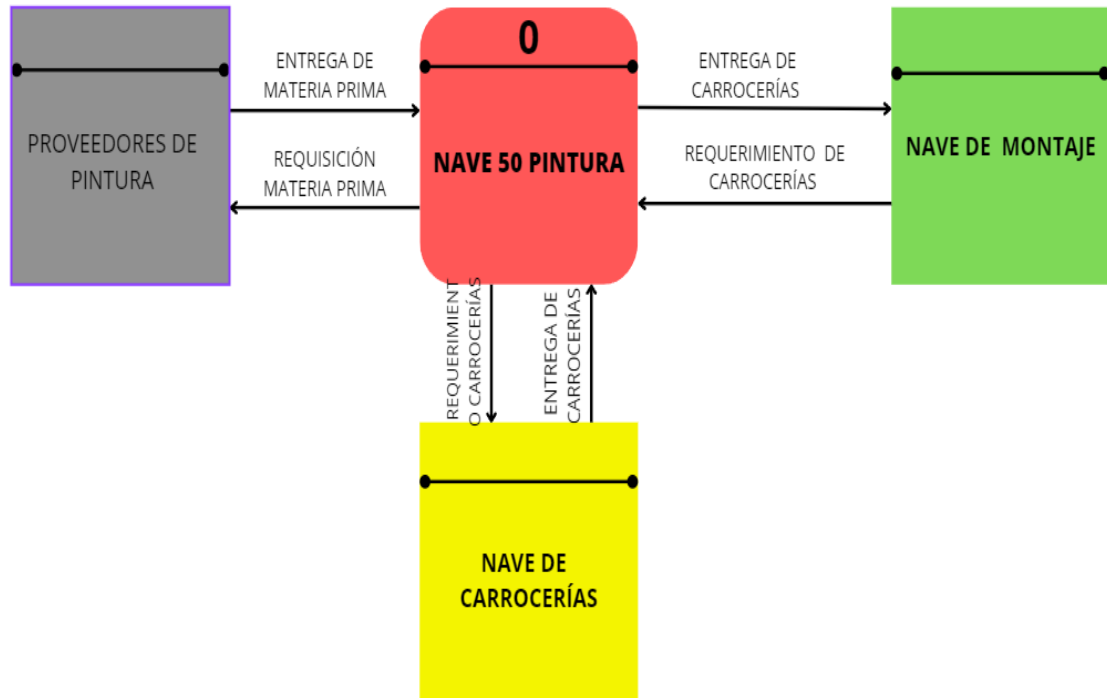
NAVE PINTURA AUDI DE MÉXICO.

El proceso de pintura es un conjunto de actividades planificadas que implican la participación de un número de personas y de recursos materiales coordinados para conseguir el objetivo estético requerido por el cliente y la calidad suficiente para que esté presente una alta resistencia a la corrosión como se mencionó anteriormente.

Por ello es importante que la sintonía entre los departamentos como se muestra en la “figura 31”, de color amarillo el departamento de carrocerías que es el proceso anterior a pintura y el departamento de montaje de color verde que es el departamento posterior a pintura, estén en una continua comunicación, esto para que cualquier falla presentada se corrija lo antes posible y no llegue a nuestro cliente final.

Figura 31

Diagrama de contexto 0 de la nave 50 de pintura Audi de México.



Fuente: Elaboración propia.

Nota: La figura representa el diagrama de contexto como nivel 0 del área de pintura.

Como se muestra en la “figura 31” hay una requisición de carrocerías por departamento y una entrega de estas, las requisiciones vienen acompañadas de especificaciones técnicas de calidad obligatorias para que esta pueda pasar al siguiente proceso.

Si al entregar una carrocería al siguiente proceso y esta no cumpliera las especificaciones técnicas de calidad obligatorias, esta se tiene que regresar al proceso emisor para que este proceso corrija la falla u observación.

Una vez entendiendo que pintura le antecede el proceso de carrocerías y le sucede el proceso de montaje como contexto general nivel 0, sigue explicar el contexto 1.0 que es el que se muestra en la “figura 32” donde se muestra el interior de los procesos de pintura.

PROCESOS DE PINTURA

Inicia el proceso de pintura como se muestra en la “figura 32” con la entrega de la carrocería de la nave de carrocerías al primer proceso de pintura que es el VBH (Pre tratamiento).

Las carrocerías deben llegar a la nave de pintura limpias y con las especificaciones técnicas de medidas.

Los procesos internos del área de pintura como se muestra en la “figura 32” vienen descritos a continuación:

Pre tratamiento (Vorbehandlung VBH).

El pretratamiento es el proceso que sigue luego de concluidos los procesos de hojalatería y tiene como objetivo eliminar todo tipo de contaminaciones en la superficie de la carrocería. La carrocería cuenta con residuos de grasas, aceites y/o polvos remanentes del proceso pasado, los cuales son perjudiciales en la etapa de fosfatado, así como en la etapa de electrodeposición.

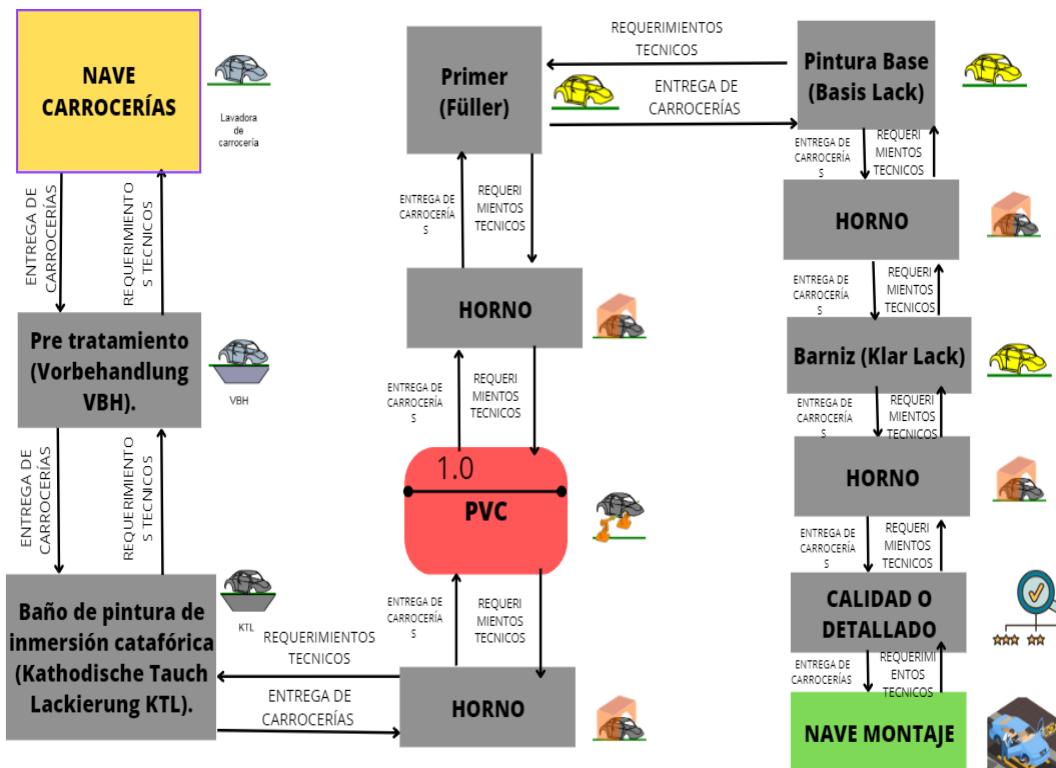
En este proceso, se consigue que un depósito de óxido quede adherido al metal base, protegiéndolo contra la oxidación del hierro.

Pintura de inmersión cataforética (KTL: Kathodische Tauch Lackierung).

Después del proceso de VBH se continúa con el proceso de KTL proceso del cual se sumerge la carrocería y se le aplica una diferencia de potencial eléctrico para que las moléculas de pintura cuando esta se le aplique, se depositen sobre la pieza (cátodo) de forma uniforme es por eso que este proceso recibe el nombre de cataforesis.

Figura 32

Diagrama de contexto 1.0 de la nave 50 de pintura Audi de México.



Fuente: Elaboración propia.

Nota: La figura representa el diagrama de contexto nivel 1.0 de los procesos internos en la nave 50 de pintura Audi de México.

Horno KTL

Una vez reducidos los fluidos en la carrocería, se procede a transportar la carrocería al horno.

La temperatura del horno se determina de tal manera que todos los puntos de la carrocería alcancen el curado necesario. Por ejemplo, para un secado rápido en las partes exteriores de la carrocería, se debe trabajar con una temperatura mínima de 185°C durante 20 minutos.

Aplicación de PVC.

El proceso de aplicación de PVC empieza una vez que todos los puntos de la carrocería alcancen el curado necesario en el Horno y consiste en la aplicación de policloruro de vinilo, con la finalidad de proteger la unión entre distintas molduras en el punto de unión entre ellas, sobre el cordón o punto de soldadura donde pueden darse inicio a los procesos de corrosión, así como evitar el ingreso de agua, entre otros. También protege los lugares de la carrocería expuestos y sometidos a golpe de piedras (Steinschlag).

Horno PVC.

Después de la aplicación de sello en las diferentes partes de la carrocería, la carrocería ingresa al horno de PVC (PVC Trokner) para gelar (o curar) el material.

La ventana de curado para el horno de PVC es de 130°C por 30 min o 140°C por 15 min. Para el SDM es de 120°C por 5 min.

Primer (Füller)

Una vez que la carrocería sale del horno (de PVC) y se enfría hasta unos 23°C aproximadamente, se procede al lijado de defectos en el sector lijado de primera (Füller Schleiden). Esto se realiza con un papel de lija 800, en seco. En caso que los defectos sean más graves, se pueden lijar con una lija de menor valor (más gruesa). Al final se debe lijar con papel de lija 800.

Concluido el lijado, se procede a limpiar la carrocería de manera similar a la etapa previa al pintado de primera. Se sopla la carrocería mediante el Eco-Blower, el cual sopla aire ionizado para que la

carrocería no quede cargada electrostáticamente. Posteriormente se pasan por los rodillos de plumas de avestruz, los cuales quitan las partículas de suciedad que el aire no retiró.

El método de limpieza en México, reemplaza el sistema de rodillos con plumas, por un sistema con cepillos espada (Schwertbürste). Consiste en una banda que gira, la cual es desplazada por la superficie por medio de un robot.

Aplicación de pintura base

Una vez limpia la carrocería se da lugar a los procesos de pintura base. La aplicación se realiza mediante pulverizadores de alta rotación (ESTA) y atomizadores (AIR).

Esto permite:

Se convierte la pintura en una fina niebla.

Gotas extremadamente pequeñas. Separación entre gotas pequeñas.

A través de flujos de aire (Lenk- Zerstäuberluft), se apunta y dirige la pintura hacia la

superficie de la carrocería.

Distribución homogénea de las partículas de pintura sobre la totalidad de la superficie de la carrocería.

Horno Intermedio (Zwischentrockner).

Concluida la aplicación de la pintura base, debe ser curada. Para ello la carrocería ingresa en el horno intermedio. El secado se realiza principalmente usando luz infrarroja. Algunos datos adicionales son:

- Uso de luz infrarroja y aire caliente
- Temperatura de 80°C
- Longitud de 17 m
- Duración del secado de 5 min.

Aplicación de Laca (Klarlack Applikation)

Una vez curada la capa de pintura, se procede a la aplicación de laca. Esta capa le otorga profundidad de color (Lack Farbtiefe), brillo (Glanz) y el efecto liso (Glätte). A la vez, protege a la carrocería de los rayos ultravioletas (UV-Strahlen), del clima, el ambiente y la suciedad. La laca aplicada es de 2 componentes, laca y catalizador (y en pequeña medida solvente).

Horno Barniz.

Concluida la aplicación Laca, debe ser curada. Para ello la carrocería ingresa en el horno intermedio.

El secado se realiza principalmente usando luz infrarroja.

Calidad o área spot.

Por último, las carrocerías pasan al área de calidad donde técnicos especialistas evalúan y buscan cualquier tipo de falla en la carrocería según el estándar de calidad de Audi de México.

Los aspectos que deben analizarse son el color del acabado, la textura, así como comprobar que no existan otros daños de hojalatería en la pieza.

Si es que no presenta ninguna falla la carrocería, aprueban la hoja viajera de la carrocería con un sello y es así como pasa al siguiente proceso que es el de montaje.

Si en el caso si presentase una falla, el técnico especialista de calidad tiene que señalar en la hoja viajera donde se muestra la falla, con una breve descripción de qué tipo de falla es y enviarla al área de spot repair donde técnicos especialistas en reparación de fallas solucionan el imprevisto y una vez corrigiéndolo vuelven a enviar la carrocería al área de calidad para que este lo apruebe.

PROCESOS DE APLICACIÓN DE PVC

El proceso de Sello que es donde se encuentra la mejora enfocada en este proyecto como se muestra en la “figura 33” consta de 5 estaciones principales:

E1: POROS**E2: GAD****E3: UBS****E5: MOTOR****E6: FAD**

De las cuales tienen cada estación 5 robots de aplicación de PVC a excepción de la estación 1 de poros que solo tiene un robot.

Salidas las carrocerías del proceso de KTL pasan a un horno y este al finalizar y una vez que las carrocerías obtengan una temperatura de 20 ° C ingresan a lo que es la primera estación de sello (Poros).

POROS

En la estación 1 (Poros) se realiza la preparación de la carrocería, donde se eleva la carrocería, dado que se realizan tareas en la parte inferior de la misma. Se colocan más de las protecciones (Schablonen) y tapones (Stopfen) de diferentes medidas. También se aplican en esta etapa pegotes y cintas cubriendo algunos orificios según se requiera. Y se aplica una capa de 5.5 kg de sello en la carrocería interior para cubrir ciertos orificios haciendo una capa gruesa (y con aspecto rugoso).

GAD

En la estación 2 (GAD) se encuentran los robots de aplicación PVC de cordón ancho (GAD: Grobnaht Abdichtung), el cual es aproximadamente 25mm de ancho y de 2 a 3 mm de espesor.

UBS

En la estación 3, se aplica la protección de bajo piso de la carrocería (UBS: Unterboden Schutz). A diferencia del GAD, este tiene una aspersion más amplia.

MOTOR

En la estación 4 se aplica en el compartimiento del motor (Motorraum). En esta zona también se aplica un cordón en forma de V en la parte interior de la salpicadera (Kotflügel).

FAD

En la estación 5 se aplica mediante robots PVC de cordón fino (FAD: Feinnaht Abdichtung), el cual tiene aproximadamente un ancho de 7mm y espesor de 7mm en puertas (Türen) delanteras y traseras, en la tapa de cajuela (Heckklappe) y aplicación en forma de S (S-Schlag) en la zona de la tapa de cajuela en la carrocería.

Concluidas las aplicaciones se procede a realizar un control visual, donde se verifica que la unidad no tenga PVC en alguna zona no requerida, y de ser necesario se manda la unidad al área de re trabajo donde se realizan las correcciones necesarias.

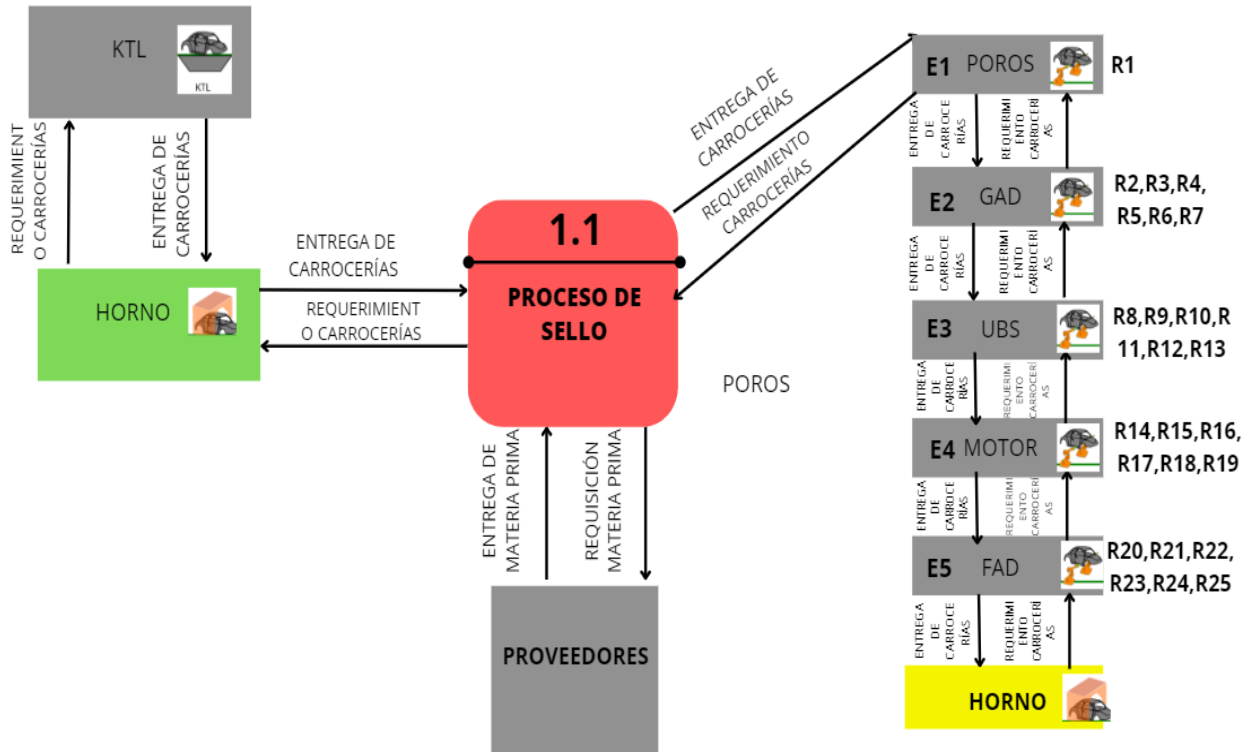
Horno PVC

La carrocería ingresa al horno de PVC (PVC Trokner) para gelar (o curar) el material.

La ventana de curado para el horno de PVC es de 130°C por 30 min o 140°C por 15 min.

Figura 33

Diagrama de contexto 1.0 de la nave 50 de pintura Audi de México.



Fuente: Elaboración propia.

Nota: La figura representa el diagrama de contexto nivel 1.1 del proceso de aplicación de PVC en la nave 50 de pintura Audi de México.

Recursos

El material empleado para la mejora enfocada no tuvo ningún costo ya que solo fue un ajuste de la posición de un sensor.

Elementos utilizados en la prueba

Perico

Escala metálica

Tubo metálico

Equipo de seguridad necesario

Guantes para manejo de sustancias peligrosas

Calzado de seguridad

Método

Al cambio de RAM se siguió a ser el siguiente procedimiento:

1. Levanta plato de RAM
2. Se mueve mega RAM a zona de extracción
3. Se toma escala metálica
4. Se mide perno de nivel de material (para saber hasta dónde se puede cambiar la carrera del sensor)
5. Se mide altura desde base del perno hasta área del sensor (19 mm)
6. Se ajusta elevando 10 mm de la posición que tenía (29mm)
7. Se introduce escala metálica dentro del mega RAM
8. Se asienta escala metálica en la superficie plana del fondo del mega RAM
9. Se extrae escala metálica
10. Se toma medida (La cual dio 5 mm)

Crecimiento.

El impacto fue hacer adaptaciones en los estándares y manuales de la propia empresa y proveedores ya que se modificó ingeniosamente la distancia de un elemento ya establecido por el consorcio.

La perspectiva a mediano y largo plazo ya se describe en el punto financiero dando una perspectiva de ahorro en el año 2023 y como largo plazo el año 2024.

Plan de acción

Como bien se mencionó anteriormente con la mejora enfocada en este proyecto se están ahorrando 1384.32 dólares al mes, esto tiene una repercusión en el costo unitario según la “tabla 16”.

56 tambos de sello se consumen al mes en el proceso, por tambo se está desperdiciando según el estudio del laboratorio de pintura 12 kg de sello.

A la empresa le cuesta el kilogramo de sello 2.06 dólares por lo tanto por cada tambo se desperdicia 12 kg de sello esto quiere decir que en dinero se pierde 24.72 dólares cada tambo.

Si se consumen 54 tambos al mes y esto lo multiplico por la cantidad de dinero que se pierde por cada tambo que son 24.72 dólares me da como resultado 1384.32 dólares que la empresa desperdicia de materia prima al mes.

Ya teniendo el dato de lo que se desperdicia al mes de sello que son 1384.32 dólares.

Tabla 19

Tabla de cantidad de USD (dólares) desperdiciados en materia prima de la nave 50 de pintura Audi de México.

Cantidad de dinero que se pierde al mes de materia prima.	\$1384.32
---	-----------

Cantidad de dinero que se pierde al año de materia prima.	\$16,018.56
---	-------------

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La tabla representa la cantidad de dinero en dólares desperdicios al mes y al año de materia prima del proceso de aplicación de PVC en la nave 50 de pintura Audi de México.

Como se muestra en la “tabla 19” como dato resultante del costo de desperdicio de materia prima al año dio un resultado de 16,018.56 dólares.

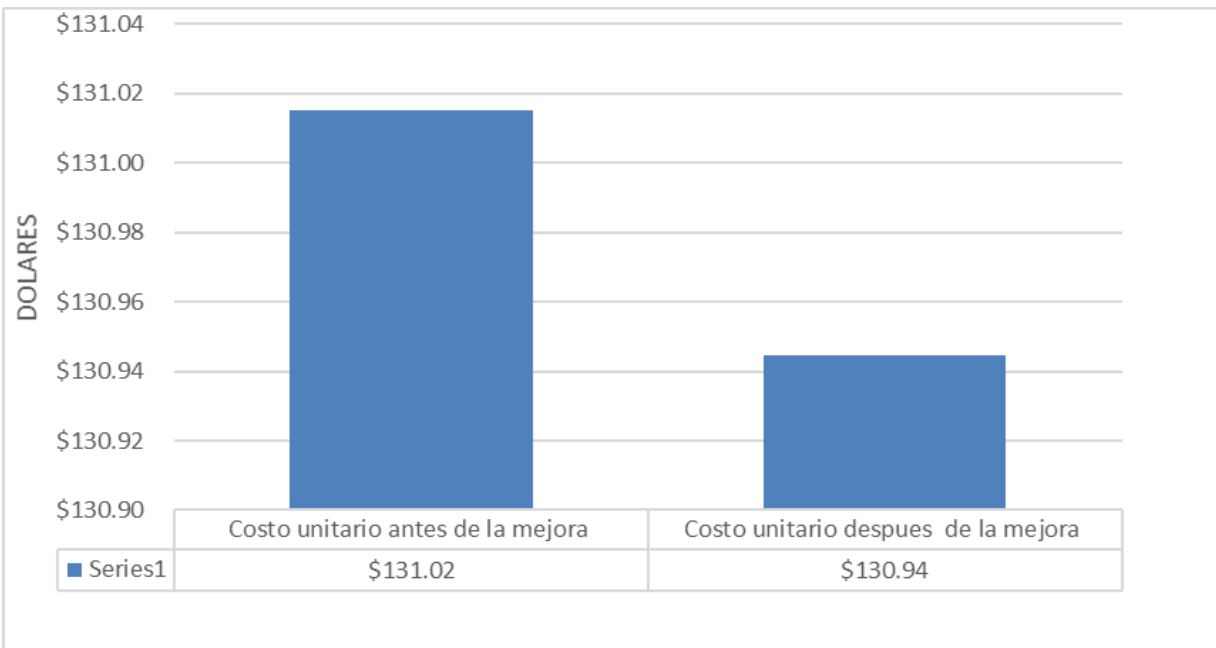
Con la mejora enfocada en este proyecto se estaría ahorrando el primer año 16,018.56 dólares, pasando a moneda nacional mexicana este ahorro y tomando un tipo de cambio de 19 pesos mexicanos por dólar, 304,352.64 pesos de material se estaría ahorrando al año.

Mediano plazo

Con respecto al costo unitario con el descuento de esta mejora enfocada como se mostró en la “tabla 17”, el costo unitario antes de la mejora enfocada era de 131.02 dólares y con la mejora enfocada paso a 130.94 dólares como se muestra en la “figura 34” haciendo una reducción de .07 dólares por carrocería.

Figura 34

Costo unitario en USD (dólares del área de sello de la nave 50 de pintura Audi de México.

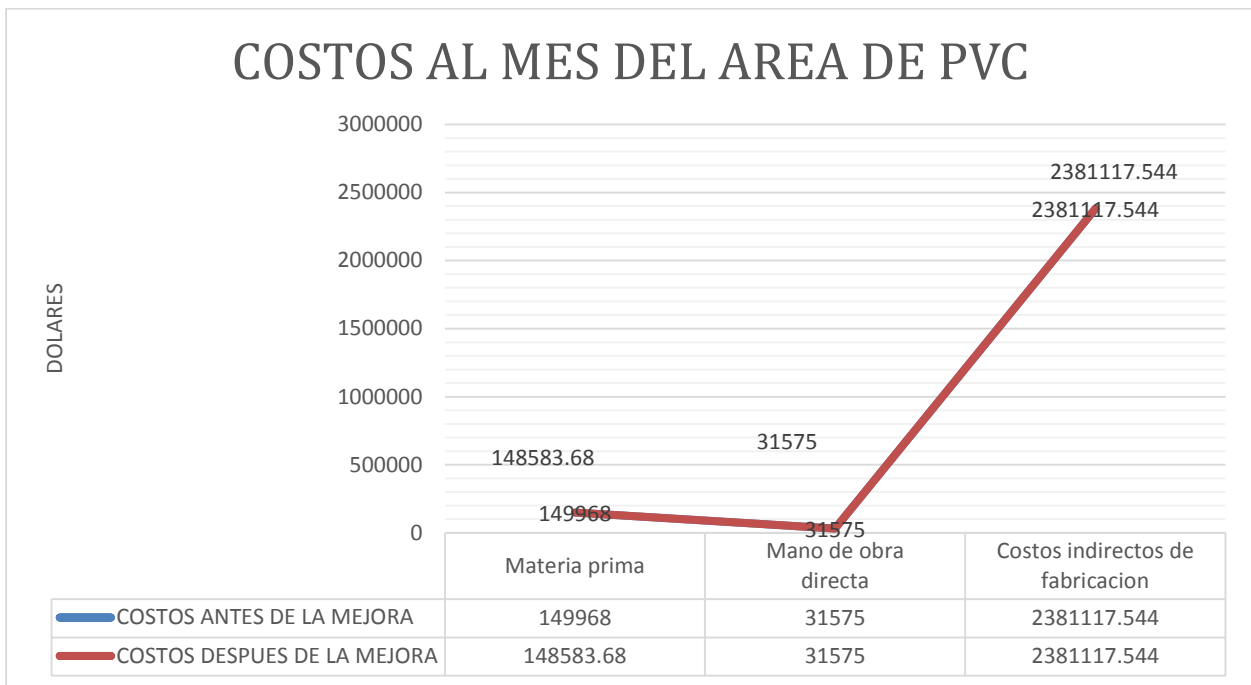


Fuente: Elaboración propia.

Nota: La figura representa el costo unitario en dólares antes de la mejora enfocada y después de la mejora enfocada del proceso de aplicación de PVC en la nave 50 de pintura Audi de México.

Figura 35

Costos totales al mes fijos y variables en USD (dólares) del área de sello de la nave 50 de pintura Audi de México.



Fuente: Elaboración propia.

Nota: La figura representa Costos totales al mes fijos y variables en USD (dólares) del área de sello de la nave 50 de pintura Audi de México mostrando la diferencia de antes de la mejora enfocada con respecto a con la mejora aplicada.

Como se muestra en la “figura 35” los costos de materia prima y los costos de mano obra que son los costos fijos, no son los costos que realmente ocupan una mayoría en el costo total al mes del proceso de PVC Audi de México, ocupando en su mayoría con un total de 2381117.54 dólares al mes en costos variables o gastos indirectos de fabricación.

A pesar que hubo un ahorro de materia prima de 0.9 %, se puede observar que a pesar que es un ahorro significativo de \$1384.32 dólares al mes para el costo unitario y los costos totales al mes, no muestra un cambio trascendente en estos, pero sin embargo con este análisis se puede abrir un debate para realizar una investigación de reducción de gastos indirectos de fabricación en un futuro ya que estos cumplen la mayoría de los costos de fabricación.

Largo plazo

Por último, haciendo una proyección del ahorro anual de \$16,018.56 dólares por año se estarían ahorrando \$80,092.8 dólares la empresa por la implementación de esta mejora “figura 36”.

Figura 36

Ahorro de materia prima en USD (dólares) por año del área de sello de la nave 50 de pintura Audi de México.

1° año	\$16,018.56
2° año	\$16,018.56
3° año	\$16,018.56

4° año	\$16,018.56
5° año	\$16,018.56
total	\$80,092.8

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La figura representa el ahorro de materia prima en USD (dólares) del área de sello de la nave 50 de pintura Audi de México por el periodo de 5 años.

Conclusiones

La propuesta para reducir la merma son medidas que favorezcan el uso más eficiente de los recursos en el proceso de pintura Nave 50 de AUDI de México aportando en incrementar la productividad y competitividad. Generando beneficios y sostenibilidad económica en la empresa. El desarrollo del presente trabajo evidenció un alto gasto de materia prima dándonos a la tarea de reflexionar que otras áreas de pintura pudiesen generarse proyectos integradores de pintura, y algunos mejoramientos en la eficiencia del desempeño de los equipos también se mejorarían con solo un análisis bajo esta metodología .El cálculo monetario en los elementos de costo del exceso de merma es significativo teniendo impacto negativo en los resultados económicos de la empresa disminuyendo los márgenes de contribución por la ineficiencia en consumos de materia prima, mano de obra y otros costos indirectos de fabricación. Por otro lado, un mayor costo afecta los precios de comercialización perdiendo competitividad en el mercado. Por último, se ha comprobado la viabilidad económica de la propuesta seleccionada en reducir la merma con 0 inversión de maquinaria u otro equipamiento. Tras el análisis del consumo de sello por año y el

ahorro de dinero se podría proyectar a 5 años dando como resultado un mayor potencial económico.

Referencias

- Castro, E. (ENERO de 2021). *MEXICO INDUSTRY*. Obtenido de <https://mexicoindustry.com/noticia/audi-mexico-reconocido-como-top-employer-2021>
- Dürr. (2016, Diciembre 21). *DürrEcopaint Sealing EcoGun2 3D*. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=WRmK6DMOPVU>
- Dürr. (8 de julio de 2019). *EcoPumps VPS – Air operated vertical shovel plate pump*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=hnKN8OWKwOE>
- Dürr Systems. (2014). *APT/Training, Sealing*. Alemania.
- Huazano, c. E. (2014). “*REDUCCIÓN DE LA MERMA EN EL CANAL DE CONVENIENCIA*. Instituto tecnológico de Colima: Tecnológico nacional de México.
- Huazano, c. E. (2014). *REDUCCIÓN DE LA MERMA EN EL CANAL DE*. Instituto tecnológico de Colima: Tecnológico nacional de México.
- López, V. (23 de diciembre de 2020). *milenio*. Obtenido de milenio puebla: <https://www.milenio.com/negocios/audi-mexico-mantiene-plantilla-5-200-trabajadores-pese-pandemia>
- Rollé, J. L. (2004). Importancia del mantenimiento productivo total en la automatización de procesos. *Técnica Industrial* 253, 253.

- Ruiz, A. (30 de julio de 2020). Obtenido de Comunicación Corporativa:
https://www.audi.com.mx/dam/nemo/mx/compania/media-center/noticias/pdf/200730_audi-mexico-empresa-socialmente-responsable.pdf
- Ruíz, A. (24 de julio de 2020). Obtenido de Comunicación Corporativa:
https://www.audi.com.mx/dam/nemo/mx/compania/media-center/noticias/pdf/200724_audi-mexico-inicia-produccion-local-del-audi-q5-actualizado.pdf
- Ruiz, A. (14 de 02 de 2020). *www.audi.com.mx*. Obtenido de
https://www.audi.com.mx/mx/web/es/audi-en-mexico/media-center/noticias/200214_audi-mexico-se-convierte-en-una-empresa-100-porciento-energía-verde.html