



ING. AUTOMOTRIZ

Trabajo integración Curricular previa a la obtención
del título de Ingeniería en Mecánica Automotriz

AUTORES:

Andrés Campana Martínez
Benjamín Márquez Robalino
Daniel Tamayo Yánez

TUTOR:

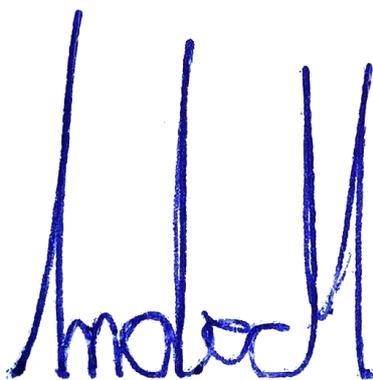
Ing. Gorky Reyes

ANÁLISIS DE REFLECTANCIA EN CARROCERÍAS
DE VEHÍCULOS M1 APLICANDO TRATAMIENTO
NANO CERÁMICO

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Andrés Campana Martínez, Daniel Tamayo Yáñez, Benjamín Márquez Robalino declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad intelectual, reglamento y leyes.



Andrés Campana Martínez

C.I: 0201583002



Daniel Tamayo Yáñez

C.I: 1002725107



Benjamín Márquez Robalino

C.I: 1723125686

Aprobación del Tutor

Yo, Gorky Reyes certifico que conozco al autor del presente trabajo, siendo responsable exclusivo tanto de su seguridad y autenticidad, como de su contenido.



Msc. Gorky Reyes. Msc.

Director del Proyecto

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres, cuyo apoyo en todos los aspectos fue esencial para la culminación de esta etapa académica. A mi propia determinación y esfuerzo, que me permitieron avanzar hacia este objetivo. Y a quienes, de alguna forma, influyeron en este retorno, motivándome a completar este camino.

Andrés Campana

Dedico este logro a mis padres, quienes con su ejemplo y paciencia me enseñaron los valores más importantes de mi vida. A mi padre, quien me transmitió el amor y respeto por la naturaleza. Desde pequeño, me mostró que, al sembrar un árbol, al alimentar un animal y al cosechar un sembrío, hay una lección por aprender. Esa enseñanza me inspiró a seguir este camino profesional, guiado por la educación, el respeto y el cuidado del entorno que nos rodea. Gracias, papi, por enseñarme que en las cosas más simples están las mayores enseñanzas. A mi madre, una mujer valiente y perseverante. En todo lugar donde se encuentre, me ha demostrado que el ingenio y el trabajo nos llevan a superar cualquier circunstancia que podamos atravesar en la vida y a conseguir un mejor futuro. Su sacrificio y esfuerzo en todas las etapas de mi vida son la mayor prueba de amor que he recibido. Mamita, este título es un homenaje a todo lo que hace, no solo por mí, sino también por mis hermanas y sus nietos. Gracias, mami y papi, por ser mi guía, mi fortaleza, mi ejemplo y mi mayor apoyo. Este título les pertenece y se los dedico, porque sin ustedes no habría sido posible. Lograr este título es una realidad porque un día decidí ser el mejor en lo que digo, en lo que pienso y en lo que hago. ¡Ser el mejor! El imposible no existe; el “yo no puedo” no lo digo más.

Daniel Tamayo

Este documento es la recopilación del esfuerzo y arduo trabajo dedicado durante largas horas, horas que se convirtieron en una inversión en el conocimiento y en el futuro, y espero que así sea, que las nuevas tecnologías, que avanzan cada vez a una velocidad menos atenuada, sean aquellas que simplifiquen la vida del ser humano y existan fuentes de información sólidas que entreguen finalmente una guía para las personas y la comunidad en cómo y cómo no utilizarlas. Por esta razón, dedico este artículo al ser humano y su avance en la tecnología donde se pueda evidenciar la forma en la que protegemos los componentes que son necesarios para la evolución del mundo y la industria, incluyendo los métodos que se pueden aplicar para aumentar la eficiencia de las máquinas que se exponen a condiciones de trabajo extremas sin desgastar sus componentes prematuramente en el proceso.

También dedico este documento a los pilares de mi vida, personas valientes y persistentes que me han enseñado que los sueños son posibles y que el trabajo otorga sus frutos tarde o temprano, y por quienes planeo seguir peleando y caminando en este sendero que he elegido. Se lo dedico a mi madre, que me ha apoyado en cada tropezón de mi vida y me ha entregado las herramientas para saber cómo afrontar la adversidad, además permitió que me distinga por mi propia mano y me ha corregido con firmeza en los momentos que han sido necesarios, y por ello agradezco sus enseñanzas como la fórmula para crear un buen hombre y de valor para esta sociedad, donde debo reconocer que el soporte fundamental de esa crianza es el amor y la comprensión; también se lo dedico a mi hermano y mi hermana, quienes han sido una guía para comprender las dificultades del camino y me han proporcionado un lugar seguro de motivación que me impulsa a conseguir mis sueños descabellados, siguiendo los pasos del camino con consistencia, fruto de haberos visto demostrar sus capacidades y luchar para conseguir metas donde tarde o temprano han dado sus resultados, por los cuales los admiro mucho.

Benjamín Márquez

Agradecimiento

Agradezco a mi equipo de tesis por su compromiso y trabajo conjunto, fundamentales para el desarrollo de este proyecto. Al Ingeniero Gorky Reyes, por proporcionar un enfoque inicial claro y ofrecer una guía significativa durante el proceso. Asimismo, a los docentes de la Facultad, quienes con su experiencia y profesionalismo aportaron herramientas clave para mi formación académica y profesional.

Andrés Campana

Este logro es el fruto de años de estudio, sacrificios y sueños. Pero, sobre todo, es el reflejo del amor y apoyo de las personas que siempre han creído en mí. A mis hijos adorados, quienes desde siempre han sido mi mayor inspiración para ser mejor cada día. Cada paso que he dado ha sido pensando en ustedes. Este título es una prueba de que en esta vida todo lo que nos proponemos es posible conseguirlo con perseverancia, esfuerzo y dedicación. A mis tres hermanas, que han sido mi refugio y mi apoyo en momentos inolvidables desde mi existencia. Su cariño y confianza en mí me han dado la fuerza para salir adelante. Gracias porque, más que mis hermanas mayores y mi hermanita menor, ustedes han sido mis confidentes y mis mejores amigas en todo momento.

Hace 15 años, la vida me llevó a tomar la decisión de pausar mis estudios para perseguir un sueño: EasyDry. Lo que comenzó como un emprendimiento, de la mano de un producto que inventé para lavar autos sin agua, se transformó en una empresa con la que hoy sueño en grande, proyectándome objetivos a nivel internacional. Este título no solo simboliza el cierre de un capítulo, sino también la convicción de que nunca es tarde para cumplir los sueños que dejamos pendientes.

Daniel Tamayo

Agradezco enormemente a mi familia por el apoyo y por todo el esfuerzo brindado durante toda mi vida, siempre han sido el soporte del cual se sustentan los cimientos de mi crecimiento personal, sin ustedes la búsqueda de logros y cumplimiento de metas no hubiera sido una realidad ya que en ustedes encontré la guía para sortear los obstáculos y el cariño para fomentar la autocrítica y la reflexión personal. No hay palabras para decir cuánto agradezco a mi madre por permitirme aprender y caminar sin ponerme un freno, a pesar de que pareciera que me estamparía, siempre me otorgó la libertad de comprender el mundo a través de mis propias manos y estuvo para protegerme cuando el exterior eran demasiado para el niño que crecía bajo su supervisión. Agradezco a mi abuela que cuidó de mi desde pequeño y ha buscado siempre que me convierta en un hombre ejemplar y de provecho para la sociedad, por lo cual espero honrar su legado, el legado que ha dejado en mí.

Agradezco a la Universidad Internacional del Ecuador por proporcionarme las herramientas y los medios para crecer mi conocimiento y formarme como profesional, otorgando la estructura de pensamiento como de personalidad para completar y conquistar los diferentes retos que aparecen en el camino, no solo profesional, sino de la vida, y entregarme ese ambiente perfecto para transitar el aprendizaje con firmeza y proyección, tomando en consideración las necesidades del mundo actual y la constante innovación en la tecnología, asegurando poder demostrar profesionalmente el prestigio de esta maravillosa entidad educativa. Agradezco al Ing. Andrés Castillo por su compromiso con la educación y el avance de nuestra prestigiosa Escuela de Ingeniería Automotriz siempre velando los intereses mutuos entre los estudiantes y los valores que promueve nuestra institución, dejando en claro que el progreso solo es fruto de lo que en presente se construye y fomenta. Agradezco al Ing. Gorky Reyes debido a su constancia y guía en su tutoría durante el transcurso de mi formación como profesional de la rama automotriz, de él aprendí a analizar las situaciones más allá de lo que percibimos superficialmente y me compartió ese amor por la docencia y por la innovación, gracias a él conceptualicé a la ingeniería con otros ojos y me enamoré de esta hermosa carrera. Agradezco al Ing. Juan Fernando Iñiguez por su continua dedicación a nuestra escuela y por compartirnos el amor por los motores y la competición, dejando en alto los valores y habilidades que requiere un profesional de esta rama y otorgándonos esa seguridad de que nuestra formación en la esta institución es de provecho y nos impulsa a un futuro espléndido.

Benjamín Márquez

ÍNDICE DE CONTENIDO

Certificación de autoría	iii
Dedicatoria	v
Agradecimiento	viii
Resumen	1
Abstract	2
Introducción	2
Marco Teórico	3
Materiales y Métodos	7
Resultados y Discusión	12
Conclusiones	20
Referencias	21
Anexos	27

ANÁLISIS DE REFLECTANCIA EN CARROCERÍAS DE VEHÍCULOS M1 APLICANDO TRATAMIENTO NANO CERÁMICO

MSc. Gorky Reyes. MSc¹, Andrés Campana.³, Benjamín Márquez.⁴, Daniel Tamayo.⁵

¹ *Maestría en Sistemas Automotrices - Universidad, Título Obtenido, gureyesca@internacional.edu.ec, Quito – Ecuador*

³ *Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador, ancampanama@uide.edu.ec, Quito - Ecuador*

⁴ *Ingeniería Automotriz – Universidad Internacional del Ecuador, bemarquezro@uide.edu.ec, Quito – Ecuador*

⁵ *Ingeniería Automotriz – Universidad Internacional del Ecuador, datamayoya@uide.edu.ec, Quito – Ecuador*

Resumen

En la actualidad, la prioridad del consumidor por la conservación estética de su vehículo por tiempos prolongados aumenta, como solución se incrementa el uso de recubrimientos nano cerámicos. Para determinar el aporte del recubrimiento de dióxido de silicio en la reflectancia y eficiencia de protección, se analizó las características físicas de brillo, espesor y la protección contra el desgaste y corrosión. Se realizaron ensayos en una cámara de niebla salina neutra bajo la normativa ASTM B117-19 durante 24 horas, se colocaron probetas de pintura usada y nueva, y se les aplicó 3 gamas distintas de recubrimiento cerámico, a un grupo de cada tipo se pulió previo y posterior a la aplicación del tratamiento. Tras las mediciones se determinó que la aplicación del tratamiento cerámico aumenta el brillo y protege a la pintura de la formación de corrosión, del desgaste estético y físico. El análisis infiere que el tratamiento cerámico proporciona un aumento del brillo y protege a la pintura de las condiciones ambientales siempre y cuando se aplique con pulido, evitando porosidades y compactando el material para un óptimo rendimiento.

Palabras clave: Protección de pintura automotriz, recubrimientos nano cerámicos, óxido de silicio, ASTM B117-19.

Abstract

At present, consumers priority on the conservation of its vehicle paint for longer time periods rises, as a solution the use of nano ceramic coatings increases. To determine silicon dioxide contribution on reflectance and protection efficiency, physic characteristics such as gloss, thickness and protection to wear and corrosion were tested. Tests were carried out in a neutral salt spray chamber under ASTM B117-19 standard for 24 hours, test sheets of used and new paint were placed, and 3 different ranges of ceramic coating were applied, a group of each was polished before and after the coating application. After measures were taken, it was determined that the ceramic coating enhances gloss and protects the paint from corrosion, esthetic and physic wear. The analysis infers that ceramic coatings can protect paint from environmental conditions and enhance gloss shine as long as it's polished, avoiding porosities and compacting the material for optimum performance.

Keywords: Protection of automotive paint, nano ceramic coating, silicon oxide, ASTM B117-19.

Introducción

Para el consumidor, el color de la pintura y el acabado exterior son factores que afectan en la compra de un vehículo (Axalta, 2021). La creciente demanda de vehículos con acabados estéticos superiores y duraderos ha impulsado la investigación de recubrimientos que mejoren la reflectancia y durabilidad de las carrocerías, donde los recubrimientos nano cerámicos prometen mejorar la duración y estética. En América Latina, las condiciones climáticas y ambientales desafiantes aumentan el interés en tecnologías que extiendan la vida útil de la pintura de los vehículos, países como Brasil, México y Argentina incorporan avances tecnológicos en su parque automotor (Restrepo, 2021).

El objetivo general de la investigación es evaluar la efectividad de los tratamientos nano cerámicos aplicados en las carrocerías de vehículos tipo M1, con enfoque en la

reflectancia y la durabilidad de la pintura automotriz a través de mediciones de brillo y espesor. En una primera etapa, se determina el grado de brillo que aporta el recubrimiento, analizando su impacto en la estética del vehículo. Posteriormente, se evalúa la resistencia del recubrimiento ante el desgaste en condiciones extremas. Finalmente, se establece la relación costo-beneficio, considerando el aporte, su vida útil y la eficiencia de protección. El análisis sirve de guía para consumidores y fabricantes en la selección de tratamientos adecuados en relación con las condiciones climáticas, condiciones de uso y aplicación y su aporte en la estética y protección de las pinturas automotrices.

Investigaciones previas proporcionan información sobre tecnologías similares. Arthur Avakov y su equipo evaluaron los recubrimientos protectores en pinturas de vehículos, categorizando los de mayor protección al desgaste (Avakov et al., 2018). R. Britto Hurtado y colaboradores, abordan las propiedades de las nanopartículas, la mejora de las propiedades de los materiales y sus aplicaciones, como su uso en la industria automotriz (Britto et al., 2022). Andrey Blinov y colaboradores, demostraron la efectividad de los nanocompuestos en la protección contra la radiación ultravioleta como revestimiento de pintura y barniz de automóviles (Blinov et al., 2022). Estos artículos reconocen los factores de protección otorgados por los tratamientos nano cerámicos evitando desgaste en la apariencia de la pintura, nuestro aporte proporciona datos sobre el impacto del tratamiento cerámico en la estética del vehículo y contra el desgaste y corrosión en ambientes extremos.

Marco Teórico

Los clientes exigen conservar el aspecto de sus vehículos por tiempos prolongados. Las capas de protección de la pintura del vehículo sufren a lo largo de su vida útil y los recubrimientos de pintura que se pueden aplicar, en ciertos casos, no tienen la eficacia o duración deseada debido a ser perpetradas por condiciones ambientales o por daño mecánico (Avakov et al., 2018). Los recubrimientos nano cerámicos son una solución, más práctica y

económicamente viable, cuyas partículas de cerámica otorgan cualidades de resistencia amplificadas y en la industria automotriz esto es crucial (Roshan et al., 2024). Por ello, se debe evaluar la eficacia de recubrimiento del tratamiento nano cerámico en la protección de la estética, resistencia y durabilidad de la pintura en los vehículos de categoría M1.

Pintura Automotriz

Es un recubrimiento de la carrocería que proporciona un acabado de valor estético y debe ser capaz de resistir la degradación a través de su vida útil, los compuestos que lo conforman se introducen en un solvente y se mezclan agregando componentes que otorgan características de aspecto y resistencia química o mecánica (Akafuah et al., 2016). La pintura de poliéster es de uso común en la industria automotriz debido a su versatilidad y resistencia a la radiación UV (Lambourne & Strivens, 1999). La pintura tiene capas de espesores variados cuyas funciones de protección y apariencia son específicos, se muestran en la figura.

Figura 1.

Capas de Pintura de un Vehículo con su Respectivo Grosor y Cualidades Características.



Nota. Tomado de “Evolution of the Automotive Body Coating Process—A Review” (p. 5), por Akafua et al., 2016, Coatings.

Reflectancia

Es un concepto en la física que indica el porcentaje de luz incidente en cada longitud de onda que se refleja de una superficie, se mide en un rango de 0 hasta 1, donde 0 es una absorción total de luz incidente y 1 es el reflejo total, el material, la rugosidad de la

superficie, el color y el tipo de pintura inciden como variables (Hunter, 1937). La fórmula para calcular la reflectancia se encuentra a continuación.

$$R = \frac{P.Reflectada}{P.Incidente} \quad \text{Ec. [1]}$$

- R es reflectancia.
- P. Reflectada es la cantidad de luz reflejada desde la superficie, sus unidades son lux (lx) o candela por metro cuadrado (cd/m²).
- P. Incidente es la cantidad de luz emitida hacia la superficie, sus unidades son lux (lx) o candela por metro cuadrado (cd/m²).

Recubrimientos Protectores de Pintura

Existen varios tipos de recubrimientos protectores de pintura automotriz, estos se enfocan en prolongar la vida útil de la pintura y proporcionar una capa adicional que evite la mayor cantidad de desgaste (Avakov et al., 2018). Las características que diferencian al tratamiento cerámico del resto de recubrimientos son su alta adherencia, su alta resistencia química y su prolongada vida útil (Knopp Kerstner et al., 2014). Los tipos de recubrimientos disponibles en el mercado automotriz se demuestran en la siguiente tabla.

Tabla 1.

Recubrimientos de Pintura Automotriz.

Tipos	Dificultad de aplicación	Costo	Duración	Composición química
Cera sintética	Fácil	Bajo	Corta (menos de un año)	(C ₂ H ₄) _n polietileno
Acrílico	Fácil	Bajo	Corta (menos de un año)	(C ₄ H ₆ O ₂) _n homopolímero de acetato vinilo
Cerámico	Difícil	Medio	Larga (1 a 8 años)	SO ₂ óxido de silicio
Película Protectora de Pintura)	Difícil	Alto	Larga (5 a 10 años)	R-(NCO) _n poliuretano

Nota. Recopilación de información sobre recubrimientos protectores de pintura automotriz disponibles en el mercado global, adaptado de (Rajic, 2014; Burgard, 2024; Auto Magic Evercoat, 2022).

Tratamiento Cerámico

En los vehículos son útiles para proteger las superficies contra el clima, la lluvia ácida, la radiación UV, el polvo, la abrasión, corrosión, oxidación, altas temperaturas y daños mecánicos, son adherentes, estables químicamente, buenos aislantes térmicos y tienen mayor dureza, prolongando la duración de la pintura, además, aumentan el brillo mejorando el acabado y facilitan la limpieza debido a la hidrofobia (Kapil et al., 2023; Knopp Kerstner et al., 2014; Bozsaky, 2015). Se crean con sinterización (tratamiento térmico), donde el proceso sol-gel es común, y se utiliza para unir partículas en condiciones de presión y temperatura altas, determinando el tamaño de las partículas, las propiedades específicas del material, la densidad, etc., y se concibe como un polvo seco o un líquido (Kapil et al., 2023). El espesor de la capa del tratamiento cerámico varía entre 1 a 8 μm en promedio, dependiendo del tipo de aplicación y la calidad del recubrimiento (Kapil et al., 2023).

Brillo

Es una propiedad óptica que determina la cantidad del espectro de luz reflejado de una superficie y determina el aspecto visual, son varios los factores que inciden en la medida, el tipo de pintura, el material, la superficie de la pintura, la rugosidad de la superficie, el acabado de la pintura y el ángulo de incidencia de la luz. El brillo especular (en el mismo ángulo de luz incidente) es una medida que permite controlar la calidad de las superficies y de los procesos en aplicaciones industriales.

El brillómetro es un instrumento óptico de precisión cuya medida se realiza perpendicular a la superficie y se expresa en unidades de brillo de Gardner (GU-Gloss Unit).

El equipo compara el flujo luminoso reflejado por la superficie con el índice de refracción del vidrio, a una longitud de onda de 587.6 nm y se usan tres ángulos de incidencia estándar 20°/60°/85°, dictados por la normativa ASTM D523 (Tingle & George, 1965). Estos ángulos distinguen el tipo de brillo, donde 60° se utiliza de forma universal para la mayoría de las superficies, 20° para brillos altos y 85° para brillos bajos (Rhopoint Instruments Ltd, 2024). La fórmula para calcular el brillo de un material es la siguiente.

$$Gloss = \frac{R_{muestra}}{R_{estandar}} * 100 \quad \text{Ec. [2]}$$

- Gloss es la medida de brillo.
- R muestra es la cantidad de luz reflejada por la superficie.
- R estándar es la cantidad de luz que es reflejada por una superficie tipo vidrio.

Nota. Tomado de “Visually Significant Dimensions and Parameters for Gloss”, Šarić et al., 2024, Journal of Imaging, 10(1).

Materiales y Métodos

Método

El desarrollo de la investigación emplea un método de análisis inductivo-deductivo que permite obtener conclusiones que amplíen el rango del contexto a partir de los resultados de reflectancia y durabilidad de la pintura bajo tratamiento nano cerámico enfocándose en la respuesta individual del tratamiento en las probetas y examinando cómo influyen en la percepción del valor estético, y la resistencia en condiciones ambientales extremas, donde posteriormente se discuten los resultados para otorgar recomendaciones generales sobre las condiciones de su uso en la industria automotriz y su posterior cuidado.

Se realizó de forma sistemática mediante tres etapas, en la primera, se emplea un método teórico basado en la recopilación de información bibliográfica sobre las propiedades de los recubrimientos nano cerámicos en la pintura; en la segunda etapa se compara la

información con el método experimental, basado en la colocación de las probetas en una cámara de niebla salina neutra, se utilizaron 12 probetas metálicas a las cuales se aplicó 3 gamas distintas de tratamiento cerámico, y su pintura es nueva o usada (2 de cada una para cada gama), donde un grupo de pintura usada y nueva se pulió previo y posterior a la colocación del tratamiento para comparar esta variable con la protección contra el desgaste; en la tercera etapa, se aplican métodos estadísticos para evaluar los datos obtenidos sobre espesor, brillo y presencia de corrosión, permitiendo cuantificar el impacto del recubrimiento y su relación costo-beneficio en aplicaciones automotrices.

Materiales

Probetas

Las pruebas de laboratorio y las mediciones se realizan a las probetas, estas se extrajeron del capó de un vehículo de procedencia asiática que se distribuye a nivel mundial debido a ser el elemento de mayor contacto con el ambiente, enfrentándose al desgaste mecánico y químico. Las probetas tienen dimensiones específicas demostradas en la tabla a continuación, adheridas a la normativa ISO 12944-6:2018 (International Organization for Standardization, 2018).

Tabla 2.

Medidas de las Probetas en Milímetros.

	Dimensiones (mm)
Largo	150
Ancho	70
Alto	2

Pintura

Las probetas se dividen en pintura usada y nueva de Machine Gray 46G, es importante la vida útil porque el efecto que genera la aplicación del tratamiento cambia

dependiendo del desgaste previo, permitiendo determinar el impacto del tratamiento en dos superficies distintas. La pintura oscura absorbe más el calor por lo que se repercute con mayor frecuencia a largo plazo debido a las altas temperaturas. Gracias a la comercialización mundial del vehículo y el color de la pintura, este modelo permite ajustar la experimentación a condiciones de uso globales. La información relevante sobre la pieza de la cual se extraen las probetas y las condiciones de uso y ambientales se demuestran en la tabla a continuación.

Tabla 3.

Características de la pintura de las probetas.

Pieza del vehículo	Distribución del vehículo	Código de pintura	Características de la pintura	%HR de Quito	Tiempo de vida (km)
Capó	Más de 130 países	Machine gray 46g	Perlado tricapa	46-86	40 000

Nota. La humedad relativa (HR) es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua presente en la atmósfera sobre la cantidad total de vapor de agua que puede retener la atmósfera en una temperatura designada, donde, en temperaturas bajas, genera condensación y promueve la corrosión.

Equipo De Pulido

El pulimento es un material abrasivo que se aplica en superficies para nivelar y aumentar el brillo, su aplicación permite preparar a la superficie para la aplicación de otros compuestos. La aplicación de pulimento es recomendación del fabricante para maximizar la eficacia de protección y de aumento de brillo aportado por el cerámico por lo que se debe aplicar como lo específica para disminuir variaciones en los resultados, su influencia se evalúa sobre el impacto en las variables de brillo y espesor y en la protección del cerámico contra el desgaste, donde se pulieron los grupos de probetas destinadas a ser pulidas, tanto de

pintura nueva como de pintura usada. Las especificaciones del producto de pulimento y la aplicación se encuentran detalladas en la siguiente tabla.

Tabla 4.

Pulimento Aplicado y Herramientas de Aplicación.

Pulimento	Cut	Grit	Gloss (%)	Gama	Aplicación	Esponja	rpm
05	Heavy	P1200	55	Básica	Orbital	Lambs wool	2000-1000 0
05	Semi heavy	P1500	60	Media	Roto-orbital	Medium cut	1400-2000
5	Medium fine	P2500	85	Alta	Roto-orbital	Fine cut	1400-2000

Nota. Especificaciones sobre el pulimento, el método de aplicación, la herramienta de aplicación y a la gama de cerámico que le corresponde a cada pulimento.

Tratamiento Cerámico

Se utilizó óxido de silicio debido a sus capacidades protectoras, estabilidad química, propiedades hidrofóbicas y estabilidad térmica, además, su tiempo de vida útil es menor al resto proporcionando las herramientas para determinar una relación costo-beneficio (Rosales & Esquivel, 2020). El costo y distribución global del tratamiento cerámico permiten una mayor accesibilidad para el consumidor y alcance del estudio. La elección de distintas gamas de cerámico se basa en la necesidad de evaluar la variación de impacto, las características protectoras del tratamiento se pusieron a prueba con especial énfasis en las variables bajo investigación. Los materiales básicos para el proceso de aplicación son guantes de nitrilo, tela de gamuza, el bloque de aplicación y una toalla de microfibra. Los tratamientos cerámicos se fabrican en función de la protección deseada, a continuación, se proporciona una tabla que incluye la información sobre los tipos de tratamientos cerámicos disponibles en el mercado.

Tabla 5.

Cerámico Empleado en el Estudio.

Tipo	Fórmula química	Tiempo de curado (horas)	Vida útil (años)	Disponibilidad mundial	Fabricación
Óxido de silicio	SiO ₂	48	1-8	Alta	Fácil
Carburo de silicio	SiC	72	10-20	Moderada	Difícil
Nitruro de silicio	Si ₃ N ₄	48	10-20	Baja	Difícil
Óxido de aluminio	Al ₂ O ₃	24	1-10	Alta	Fácil
Óxido de titanio	TiO ₂	24	1-15	Alta	Fácil
Óxido de cinc	ZnO	24	1-10	Alta	Fácil
Dióxido de circonio	ZrO ₂	48	1-10	Moderada	Moderada

Nota. Especificaciones generales sobre los distintos tipos de cerámicos utilizados como tratamiento protector de pintura disponibles en el mercado global adaptado recopilado de (Restrepo, 2021; Dachuan et al., 2003; Rozo-Rincón et al., 2017; Galeano et al., 2013).

Equipo De Medición

El medidor de espesor y de brillo son instrumentos que indican las cualidades físicas de una superficie y fueron elegidas con el menor margen de error posible para mayor precisión. Estos aparatos son esenciales para obtener los datos deseados de desgaste y degradación de la pintura, así como el aporte estético del cerámico.

Tabla 6.

Equipo de Medición.

Equipo medición	Medida	Tolerancia
Medidor de espesor	µm	± 2 µm
Medidor de brillo	GU	± 1.5 GU a 60°

Nota. Detalles sobre la tolerancia del equipo utilizado en la obtención medidas físicas de brillo y espesor.

Cámara de Niebla Salina Neutra

El envejecimiento acelerado se realiza en un instrumento apto para establecer condiciones de alta humedad y salinidad en el ambiente y se conoce como cámara de niebla salina neutra, permite colocar soluciones químicas, como el cloruro de sodio, y manejar los parámetros de temperatura, pH y humedad del ambiente, estos parámetros ambientales aumentan la posibilidad de corrosión en metales y desgasta recubrimientos.

Normativa

El estudio se rige bajo las normativas ASTM B117-19, que atiende a las condiciones del ensayo de niebla salina, a los tiempos de exposición mínimos a máximos y a los parámetros ambientales dentro de la cámara, así como la preparación previa (ASTM INTERNATIONAL, 2019). La preparación previa también las dicta las normas ISO 10289:2001 y NTE INEN 1176:2013 y estandarizan los materiales a los cuales se puede administrar esta prueba, los métodos de evaluación del desgaste y los aparatos de uso (Comités Técnicos de Normalización, 2001; Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013). Finalmente, la normativa ISO 12944-6:2018 especifica las dimensiones de las probetas (International Organization for Standardization, 2018).

Resultados y Discusión

Evaluación de los Procesos y Mediciones

Se realizaron mediciones de brillo y de espesor a las 12 probetas en cada etapa del proceso hasta su examinación tras la exposición al ambiente de envejecimiento acelerado para determinar la influencia del tratamiento en la protección y las variables de brillo y espesor, así como la condición de la pintura ante la corrosión. Las muestras fueron sometidas a procesos de pintado, pulido, aplicación del cerámico y prueba de laboratorio.

Previo al Pulido

Las 12 probetas se encontraban en un estado de uso similar, el promedio del brillo y del espesor fue de 82,5 GU y de 88 μm respectivamente, esto indica que la pieza ha tenido un desgaste normal, pues conserva el barniz, pero perdió un 20% de brillo. Tras el proceso de repintado, las probetas presentaron un 61.4% más espesor y 15.17% de aumento del brillo debido al barniz reciente y uniforme. Estos serán los datos de referencia para comparación. El estado de las probetas previo al proceso de pulido se demuestra en la siguiente figura.

Figura 2.

Condición de las Probetas Posterior al Proceso de Pintura.



Nota. Las probetas se encuentran ordenadas de izquierda a derecha en orden de gama básica, media y alta, donde el proceso de repintado se aplicó a dos de las probetas de cada grupo.

Después del Proceso de Pulido

Posterior al pulido, se obtiene una superficie uniforme y nivelada, esto permite que en la pintura usada el incremento del brillo sea mayor, mientras que, en la pintura nueva el aumento promedio es menor. Debido a que remover capas afectadas o con irregularidades aumenta el brillo, se demuestra el aporte de la preparación de la superficie, pero un aspecto negativo, es la reducción de espesor que alcanza valores considerables, de 40 μm menos (el espesor total de la capa de barniz en un vehículo), con un promedio de 24.27 μm , y a pesar de

que en pinturas nuevas la reducción fue menor, debido al barniz sin deficiencias destacables, en pinturas usadas se genera mayor reducción, debido al barniz más débil, haciendo este proceso poco viable para implementar como único método de recuperación estética del vehículo. Como el barniz es la capa más grande de protección de pintura, si se reduce, aumenta la posibilidad de ser percutida, por ello colocar una capa adicional permite trabajar encima de esta conservando su espesor.

Tabla 7.

Cambio Tras el Proceso de Pulido.

Pintura	Pulido	
	Brillo ($\Delta\%$ GU)	Espesor ($\Delta\%$ μm)
Nueva pulida	4,53%	-18,19%
Usada pulida	14,77%	-23,33%
Total	9,65%	-20,76%

Después de la Colocación del Tratamiento Cerámico

Tras la colocación del tratamiento, las probetas pulidas anteriormente se pulen nuevamente, mientras que el resto no se interviene. Estas variables diferencian el efecto de la pulida en el rendimiento y protección del tratamiento.

Tabla 8.

Cambio Tras la Aplicación del Tratamiento Cerámico por Pintura.

Pintura	Cerámico	
	Brillo ($\Delta\%$ GU)	Espesor ($\Delta\%$ μm)
Nueva pulida	0,65%	4,36%
Nueva sin pulir	2,28%	2,38%
Usada pulida	3,67%	15,34%
Usada sin pulir	10,31%	4,02%
Total	4,23%	6,53%

Respecto al brillo, hay un incremento, esto indica que el tratamiento cerámico aporta al nivel estético. Evaluando el aumento promedio, en las pinturas nuevas pulidas se obtiene

un valor imperceptible para el ojo humano y estadísticamente bajo, en la pintura nueva sin pulir y la pintura usada pulida el incremento es ligeramente mayor, mientras que en la pintura usada sin pulir el incremento es mayor (con mejor rendimiento del cerámico de gama media) este último incremento se puede asociar al valor bajo precedente al tratamiento y que el cerámico recupera el brillo perdido. La colocación del cerámico tiene un menor impacto en el brillo a medida que la pintura sea más nueva, pues ha llegado a su límite adquirible, aun así, el pulido juega un rol importante en el aumento de brillo, en especial en las gamas bajas, pero depende del tipo de pintura, aun así, la gama media obtuvo mejor aumento de brillo.

Tabla 9.

Cambio Tras la Aplicación del Tratamiento Cerámico por Gama de Producto.

Gama	Cerámico	
	Brillo ($\Delta\%$ GU)	Espesor ($\Delta\%$ μm)
Básica	4,75%	9,44%
Media	6,51%	3,96%
Alta	1,42%	6,19%

En cuanto al espesor, la aplicación del cerámico aumenta esta variable en un promedio de 5.54 μm , un valor normal, y el aumento varía de entre 4.0 a 9.0 μm , donde las muestras pulidas presentan el menor incremento. Se puede remarcar el aumento de espesor del cerámico básico, probablemente debido a que este cerámico tiene un grosor de partículas ligeramente mayor que es de beneficio en pinturas usadas, de igual manera el cerámico de alta gama replica el aumento en pinturas con uso.

Después De La Salida De La Cámara De Niebla Salina Neutra

En 24 horas de envejecimiento acelerado se evidenciaron cambios físicos, pero sin presencia de corrosión alguna como se muestra en el anexo D y la tabla 10.

Tabla 10.

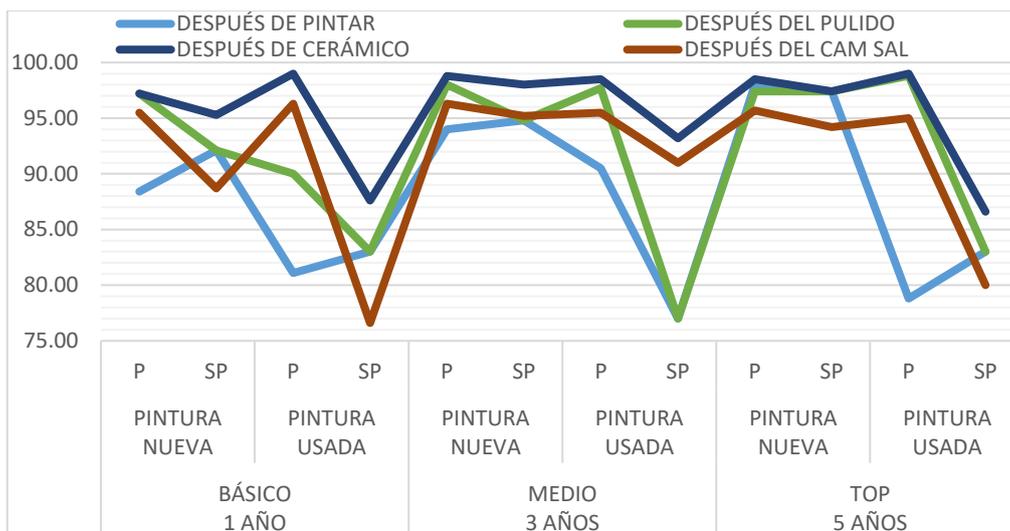
Cambio Tras la Salida de la Cámara Salina por Gama.

Gama	Cámara Salina	
	Brillo ($\Delta\%$ GU)	Espesor ($\Delta\%$ μm)
Básico	-5,99%	-10,63%
Medio	-2,70%	-9,89%
Top	-4,45%	-8,48%

Las probetas, indiferente a la gama, mostraron protección del brillo, pero indiferente a la aplicación del tratamiento de pulido, el espesor se ve afectado, reduciendo en la mayoría de las muestras de forma considerable, a pesar de ello, las probetas pulidas mostraron una mejor adhesión y una superficie más uniforme, así que la pintura no tiene un desgaste irreparable. Es importante mencionar que, el barniz se repercute, pero no supera el límite de espesor, puede deberse a la tecnología de los nano cerámicos que asegura su adherencia superior al rellenar las porosidades de la pintura, conservando la protección con el paso del tiempo, pero para proteger esta capacidad, el fabricante recomienda otorgar un mantenimiento reglamentario a medida que aumenta la gama de cerámico asegurando la mayor eficiencia de protección y duración posibles. A continuación, se proporciona un gráfico que expone los cambios presentados en el brillo de las probetas a través del proceso de experimentación.

Figura 2

Variación del Brillo en Glass Units Después de la Cámara Salina.



Respecto a la conservación de brillo, las probetas mantienen parcialmente el brillo tras la salida de la cámara salina, las probetas de pintura nueva pulida tienen menos brillo y las de pintura usada pulida tienen una protección similar, el cerámico se encarga de conservar la mejora de brillo obtenida por el pulido (solo se reduce en 2.82%), en este caso, es posible que el cerámico haya absorbido todo el daño químico para evitar que la pintura y barniz lo hagan. Por otro lado, las probetas sin pulir de pintura nueva tuvieron ligeramente menos brillo y las de pintura usada sin pulir presentaron la mayor reducción, debido a la menor uniformidad en la superficie que permite la incrustación de partículas de sal que reaccionan con la humedad y la temperatura, generando un deterioro mayor, pese a ello, el tratamiento cerámico tiene una buena resistencia al desgaste químico ya que impide una pérdida de brillo superior al 8.0%. Se debe resaltar el desempeño de conservación del brillo de la gama media debido a que, a pesar de ser o no pulido, la disminución de brillo es menos radical, también, cabe recalcar el menor desempeño que tiene el cerámico de gama básica en conservar el brillo de la pintura y cuando no se pule la reducción puede ser mayor, este efecto puede deberse al grosor estructural del cerámico, que necesita del pulido para asentar y crear una superficie uniforme, así evitar porosidades y exposición al deterioro químico. A continuación, se proporciona un gráfico que demuestra los cambios efectuados en el espesor.

conservación. Debido a que las diferencias particulares son ligeras y no significativas, no se puede correlacionar las variables estudiadas con las gamas de cerámico ni la vida útil de la pintura por lo que su aplicación a grandes rasgos puede ser limitada. Como regla general, la protección proporcionada por el cerámico tiene relación con su química y su aporte dependerá del tratamiento de aplicación.

Tabla 12.

Costos de Aplicación Cerámico y Aplicación en un Año y Mantenimiento a los 5 Años en Dólares.

Gama	Costo del producto (USD)	Costo de aplicación (USD)	Costo final (USD)	Costo en 5 años pulido (USD)
Básica	80	70	150	750
Media	120	80	200	400
Alta	200	120	320	320

Nota 1. La tabla representa las diferencias numéricas en valor de dólares para el costo del producto, el costo de aplicación y el costo final del proceso de aplicación, adicionalmente se menciona el precio de renovación y mantenimiento de la gama de tratamiento cerámico en 5 años de funcionamiento.

El cerámico de gama media es capaz de conservar de mejor manera el brillo, independientemente de si se pule o no, pero este factor si incide en su espesor, si se pule resiste mejor el desgaste, pero si no, puede perder un espesor importante (un 15.27% menos), proporcionando una protección buena y a un precio asequible. Por otro lado, el cerámico de alta gama puede ser útil debido a su mayor afinidad con pinturas usadas. Adicionalmente, el cerámico de gama baja proporciona un cuidado al brillo al pulir, pero tiende a desgastarse en el espesor considerablemente (reduce en 10.63%), pero su uso es aceptable por su precio.

Conclusiones

Como norma general, el proceso de pulido genera un mejor brillo en un 9.65%, pero al costo de la reducción de espesor en un 20.76%, convirtiéndose en un proceso inviable para aplicarlo como único método de recuperación del brillo de la pintura, debido a ser abrasivo y de ejecución limitada por la reducción de la capa del barniz. El recubrimiento cerámico tiene un impacto positivo que aporta al cuidado de la pintura del vehículo, pero su aplicación requiere de un proceso de reglamentario al cual se añade el pulido previo y posterior para obtener la mayor eficacia de protección y de recuperación o realce del nivel estético, por ello es importante realizar un proceso de pulido para que el cerámico soporte los efectos químicos y de esa manera mantenga el desgaste del brillo entre un 2.0% a 4.0%, además, no pulir el cerámico no es ventajoso debido a que genera mayor exposición al desgaste.

Tras el envejecimiento acelerado, el espesor es lo que más se afecta, en especial en probetas sin pulir donde se reduce hasta un 13.4%, demostrando un mejor rendimiento en condiciones donde se compacta y se nivela evitando la pérdida por encima del 8.0%. El pulido genera mayor adhesión a la superficie mejorando la resistencia al desgaste y a la corrosión. En ciertos casos, el barniz llega a ser afectado, pero debido a las características especiales de los tratamientos nano cerámicos, las porosidades se rellenan proporcionando protección por tiempo prolongado en función de las cualidades del producto y su mantenimiento.

Estadísticamente, no tiene un impacto visual notorio pulir el cerámico, por lo que, el mayor impacto en el brillo se debe a la preparación previa de la superficie, aun así, el aumento de brillo por colocación del cerámico es del 4.23% y, a pesar de no aumentar drásticamente tras el pulido, cobra mayor importancia la capacidad del cerámico en conservar la pérdida de brillo por debajo del 5.0%. Cuando el cerámico no se pule, se sacrifica la nivelación de la superficie, aumentando la posibilidad de desgaste y minimizando sus

capacidades protectoras. El aumento del espesor aportado por el cerámico varía entre 4.0 a 9.0 micrómetros y aunque no es un incremento considerable, su dureza lo recompensa evitando que el espesor decrezca por debajo del 10.0%. No se puede definir que el rendimiento del cerámico lo dicte las gamas, remarcando la importancia de la química del compuesto para determinar su grado de protección y de aporte estético, en el estudio se utilizó óxido de silicio, que tiene un precio asequible y con un resultado atractivo a diferencia de otros recubrimientos protectores de pintura.

Referencias

- Akafuah, N., Poozesh, S., Salaimah, A., Patrick, G., Lawler, K., & Saito, K. (2016). Evolution of the Automotive Body Coating Process—A Review. *Coatings*.
- Ansdell, D. (1999). Automotive paints. En A. Lambourne, & T. Strivens, *Paint and Surface Coatings Theory and Practice Woodhead Publishing Series in Metals and Surface Engineering* (págs. 411-491). Cambridge: Elsevier.
- ASTM INTERNATIONAL. (2019). *World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee*. Obtenido de CDN standards:
<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/104775/6c7cf915f6d04cdc8c63a4b4885848c2/A STM-B117-19.pdf>
- Auto Magic Evercoat. (6 de enero de 2022). *Carwash.com*. Obtenido de Carwash.com:
<https://www.carwash.com/choosing-best-protective-coating-vehicle-graphene-vs-ceramic/>
- Avakov, A., Kosenko, E., Topilin, I., & Kopilov, F. (2018). Analysis of methods of assessing the quality of protective paint car coatings. *MATEC Web Conferences*.

- Axalta. (27 de mayo de 2021). *Axalta repintado*. Obtenido de Axalta Coating Systems:
https://www.axalta.com/refinisheurope_eu/es_ES/news/news-items/axalta-color-preferences-survey-2021.html
- Azlina, H., Hasnidawani, J., Norita, H., & Surip, S. (2016). Synthesis of SiO₂ Nanostructures Using Sol-Gel Method. *5th International Science Congress & Exhibition APMAS*, 842-844.
- Bozsaky, D. (2015). Laboratory tests with liquid nano-ceramic thermal insulation coating. *Procedia Engineering*, 68-75.
- Britto Hurtado, R., Cortez Valadez, M., & Flores Acosta, M. (2022). Aplicaciones tecnológicas de las nanopartículas en la medicina e industria. *EPISTEMUS*, 46–54.
- Burgard, D. (29 de enero de 2024). *Carwash.com*. Obtenido de Carwash.com:
<https://www.carwash.com/how-durable-are-ceramic-coatings/>
- BYK. (2024). *White papers: Gloss Measurement* . Obtenido de BYK Instruments:
<https://www.byk-instruments.com/en/t/knowledge/Gloss-Measurement>
- Cesvimap. (22 de julio de 2020). *NOTICIAS: Acabado tricapa Machine Grey de Mazda, consejos de Spies Hecker*. Obtenido de CESVIMAP:
<https://www.revistacesvimap.com/acabado-tricapa-machine-grey-de-mazda-consejos-de-spies-hecker/>
- Chadwick, A., & Kentridge, R. (2015). The perception of gloss: A review. *Vision Research*, 221-235.
- Choudhary, P., Saxena, P., Yadav, A., Rai, V., & Mishra, A. (2019). Dielectric and ferroelectric properties of CoCr₂O₄ nanoceramics. *Journal Of Advanced Dielectrics*.

Comités Técnicos de Normalización . (2001). *Asociación Española de Normalización (UNE)*.

Obtenido de UNE: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0025498>

Dachuan, C., Liping, H., & Shouping, S. (2003). Study on aluminum phosphate binder and related Al₂O₃-SiC ceramic coating. *Materials Science and Engineering: A*, 29-35.

Ding, Z., Li, Y.-Y., Xu, M.-R., Hong, X., Hong, S.-X., & Dong, B. (2020). Electrochemical properties of aluminum tripolyphosphate modified chemically bonded phosphate ceramic anticorrosion coating. *Construction and Building Materials*.

Equipos LAGOS S.A. . (2024). *Cabinas LAGOS Experience & Solutions*. Obtenido de Equipos LAGOS S.A. : <https://cabinaslagos.com/analyzing-the-automotive-painting-process-in-the-factory/>

Galeano, L., Navío, J. A., Restrepo, G. M., & Marín, J. M. (2013). Preparación de Sistemas Óxido de Titanio/Óxido de Silicio (TiO₂/SiO₂) mediante el Método Solvotérmico para Aplicaciones en Fotocatálisis. *Información tecnológica*, 81-92.

González García, F. (2014). *PROCESO DE PINTURA EN LA INDUSTRIA DE AUTOMOCIÓN*. Valladolid: Fundación Cidaut.

Goyal, A., Khalid, A., & Gupta, L. (2024). Chapter 12 - Applications of nanoceramics to promote environmental sustainability. *Micro and Nano Technologies - Industrial Applications of Nanoceramics*, 247-265.

Haycraft, J. (1897). Luminosity and Photometry. *The Journal of Physiology* , 49-50.

HDPAINTCODE. (2024). *Vehicle Color Code database*. Obtenido de HDPAINTCODE: <https://hdpaintcode.com/mazda/>

- Hilt, M. (2011). Automotive painting processes - today and tomorrow. *Research Society for Pigments and Coatings Department Coatings and Pigments*.
- Hosson, J. d., Hooijmans, J., & Popma, R. (2000). Sintering behaviour of nanoceramic coatings. *Surface Engineering*, 245-249.
- Hunter, R. (1937). Methods of determining gloss. *The Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology*.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización . (octubre de 2013). RECUBRIMIENTOS METÁLICOS. DETERMINACIÓN DE LOS ENSAYOS DE POROSIDAD. Quito, Pichincha, Ecuador.
- International Organization for Standardization. (2018). Part 6: Laboratory performance test methods. *International Standar*.
- Kapil, N., Mayani, S. V., & Gopal Bhattacharyya, K. (2023). Environmental implications of nanoceramic applications. *Results in Chemistry* .
- Kasana, R., Rathore, P., Shashikumar, U., & Chawla, S. (2024). Chapter 2 - Nanoceramics: fabrication, properties, and applications. *Micro and Nano Technologies - Industrial Applications of Nanoceramics*, 19-36.
- Knopp Kerstner, E., Kunst, S., Rossa Beltrami, L., Ortega Vega, M., Scienza, L., & de Fraga Malfatti, C. (2014). Anticorrosive performance of commercial nanoceramic coatings on AISI 1010 steel. *Regular Articles*.
- Lambourne, R., & Strivens, T. A. (1999). *Paint and Surface: Theory and Practice*. Elsevier.
- Lesur Esquivel, L. (2014). *MANUAL DE PINTURA AUTOMOTRIZ*. Mexico: Trillas.

Mohseni, M., Ramezanzadeh, B., Yari, H., & Moazzami Gudarzi, M. (2012). The Role of Nanotechnology. *IntechOpen*, 3-54.

Nagdalian, A., Blinov, A., Arefeva, L., Varavka, V., Kudryakov, O., Gvozdenko, A., . . . Shariati, M. (2022). Nanoscale Composite Protective Preparation for Cars Paint and Varnish Coatings. *Coatings*.

Ocampo, J. G. (2021). Modificación de Línea de Pintura para Mejora del Desempeño del Recubrimiento en Autopartes. *Artículos del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals*, 1-6.

Organización Internacional de Fabricantes de Vehículos Motorizados. (2024). *Organización Internacional de Fabricantes de Vehículos Motorizados*. Obtenido de OICA:
<https://www.oica.net/>

Pfund, A. H. (1920). The Measurement of Gloss. *Journal of the Optical Society of America*, 23-25.

Rajic, I. (7 de mayo de 2014). *Detailed Image*. Obtenido de Detailed Image:
<https://www.detailedimage.com/Ask-a-Pro/which-paint-protection-film-ppf-is-right-for-me/>

Restrepo, V. (14 de 1 de 2021). *ZONA DE PINTURAS*. Obtenido de Nanotecnología en pinturas, una realidad:
<https://www.zonadepinturas.com/202101142260/articulos/pinturas-y-recubrimientos/nanotecnologia-en-pinturas-una-realidad.html>

Rhopoint Instruments Ltd. (2024). *How is gloss measured?*. Obtenido de Rhopoint Instruments : <https://www.rhopointinstruments.com/faq/how-is-gloss-measured/>

Rosales, A., & Esquivel, K. (2020). SiO₂-TiO₂ Composite synthesis and its hydrophobic applications: A review. *Catalysts Volume 10*.

Roshan, R., Kumar Patel, S., & Behera, A. (2024). Future perspective of ceramic coating. *Elsevier Series in Advanced Ceramic Materials - Advanced Ceramic Coating for Energy Applications*, 325-341.

Rozo-Rincón, S., Gelves-Díaz, J., Sánchez-Molina, J., & Bautista-Ruiz, J. (2017). Caracterización de cerámicos inmersos en soluciones del sistema sio₂ – tio₂ – zro₂ sintetizadas por el método sol-gel. *Revista UIS Ingenierías*.

Šarić, D., Suneel Sole, A., & Tsumura, N. (2023). Visually Significant Dimensions and Parameters for Gloss. *Journal of Imaging*.

Sawant, Y., Pathare, K., Patel, R., & Choughule, P. (2021). NANOFUIDS WITH RECENT APPLICATION & FUTURE TRENDS. *INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATIONS IN ENGINEERING RESEARCH AND TECHNOLOGY*, 458-468.

Tejero, A. (18 de marzo de 2024). *La producción mundial de vehículos y las ventas superan en 2023 los niveles prepandemia*. Obtenido de [elEconomista.es](https://www.economista.es/motor/noticias/12727589/03/24/la-produccion-mundial-de-vehiculos-y-las-ventas-superan-en-2023-los-niveles-prepandemia.html):
<https://www.economista.es/motor/noticias/12727589/03/24/la-produccion-mundial-de-vehiculos-y-las-ventas-superan-en-2023-los-niveles-prepandemia.html>

Thermoline Scientific. (21 de enero de 2024). *Thermoline*. Obtenido de Thermoline:
<https://www.thermoline.com.au/blog/what-you-need-to-know-about-cyclic-corrosion-testing>

Tingle, W., & George, D. (1965). Measuring Appearance Characteristics of Anodized Aluminum Automotive Trim. *SAE Technical Paper 650513*.

Walsøe de Reca, N. E. (2013). CERÁMICOS NANOESTRUCTURADOS. *SAM--*

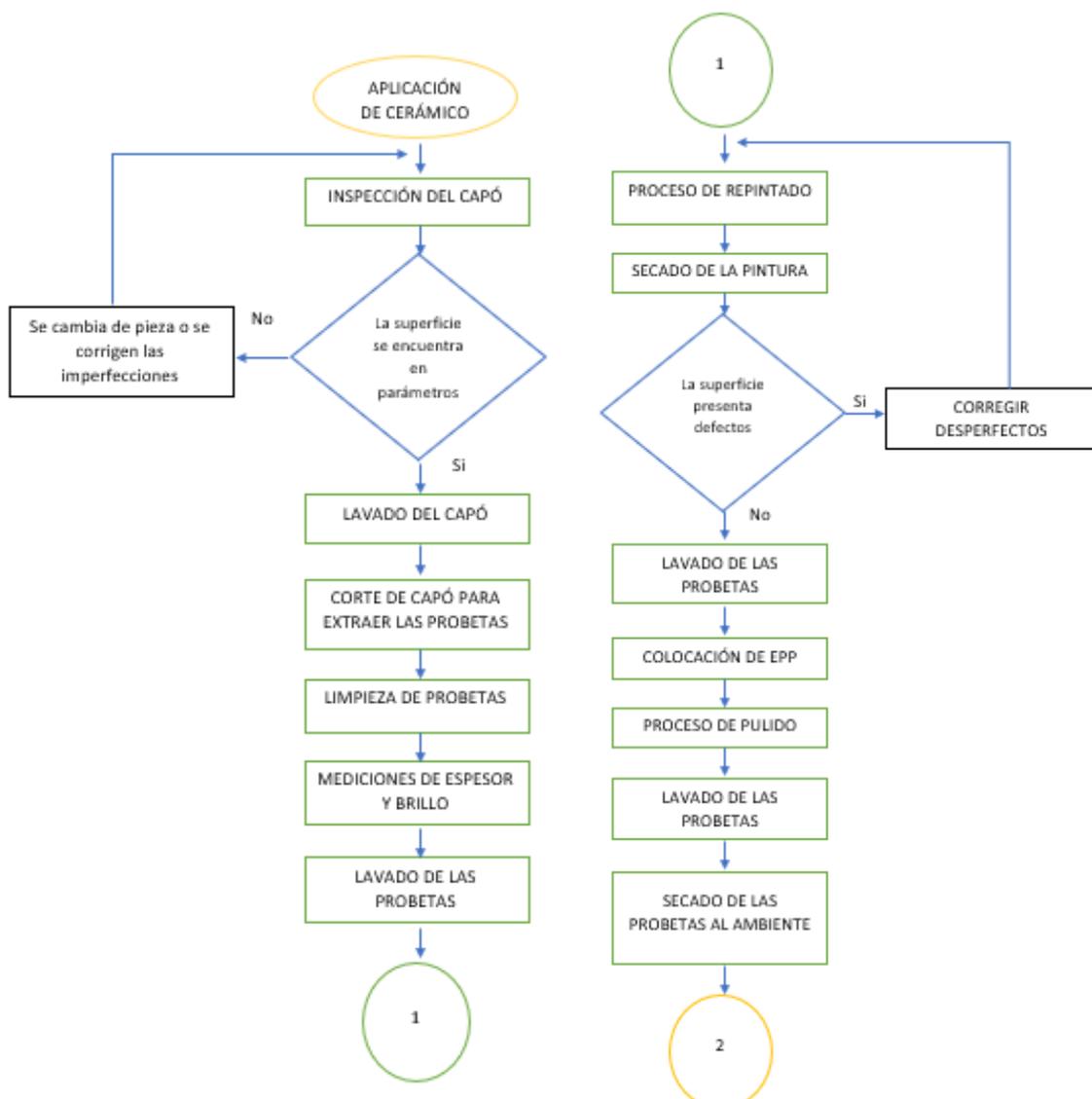
ASOCIACIÓN ARGENTINA DE MATERIALES, 16-35.

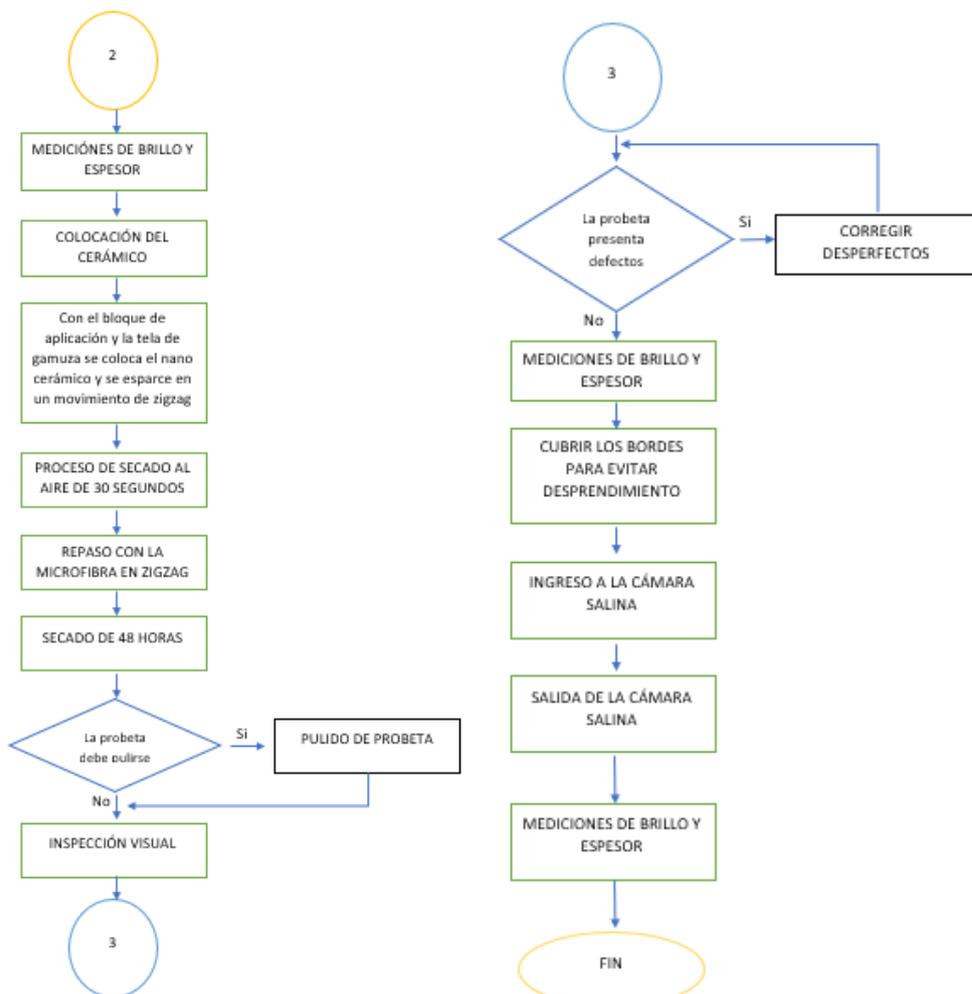
Yang, B., Ginsburg, S., Li, W., Moscardini Vilela, M., Shahmohammadi, M., Takooudis, C.,

& Wu, C. (2023). Effect of nano-ceramic coating on surface property and microbial adhesion to poly(methyl methacrylate). *Journal of Biomedical Materials Research*.

Anexos

Anexo A - Corte de probetas y aplicación del cerámico.





Anexo B – ASTM B117-19 Nota sobre horas de exposición en cámara de niebla salina neutra
 ASTM INTERNATIONAL. (2019). *World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee*. pp. 5.

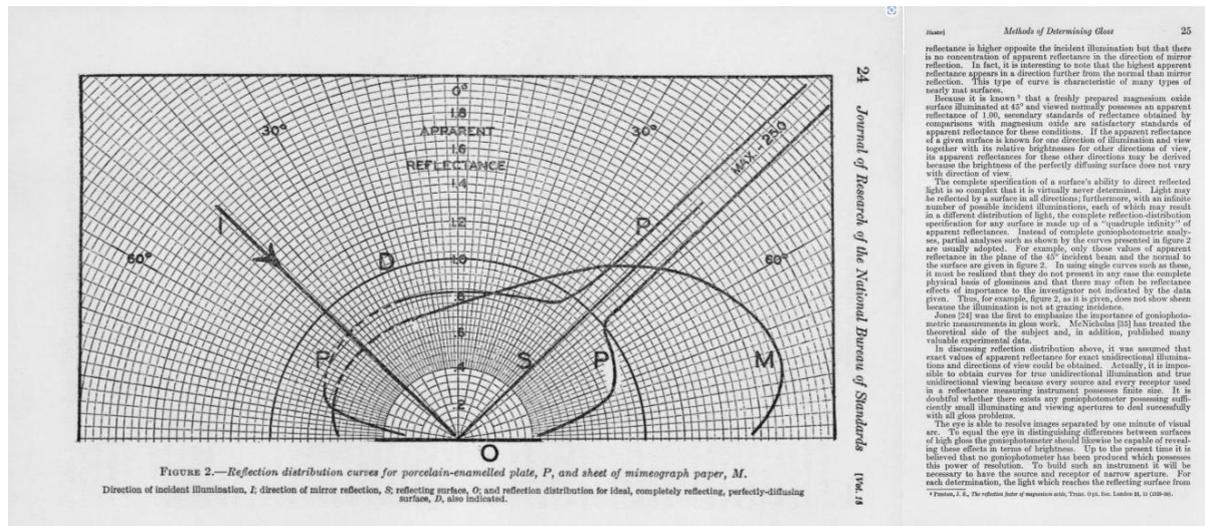
12. Period of Exposure

12.1 The period of exposure shall be as designated by the specifications covering the material or product being tested or as mutually agreed upon between the purchaser and the seller.

NOTE 15—Recommended exposure periods are to be as agreed upon between the purchaser and the seller, but exposure periods of multiples of 24 h are suggested.

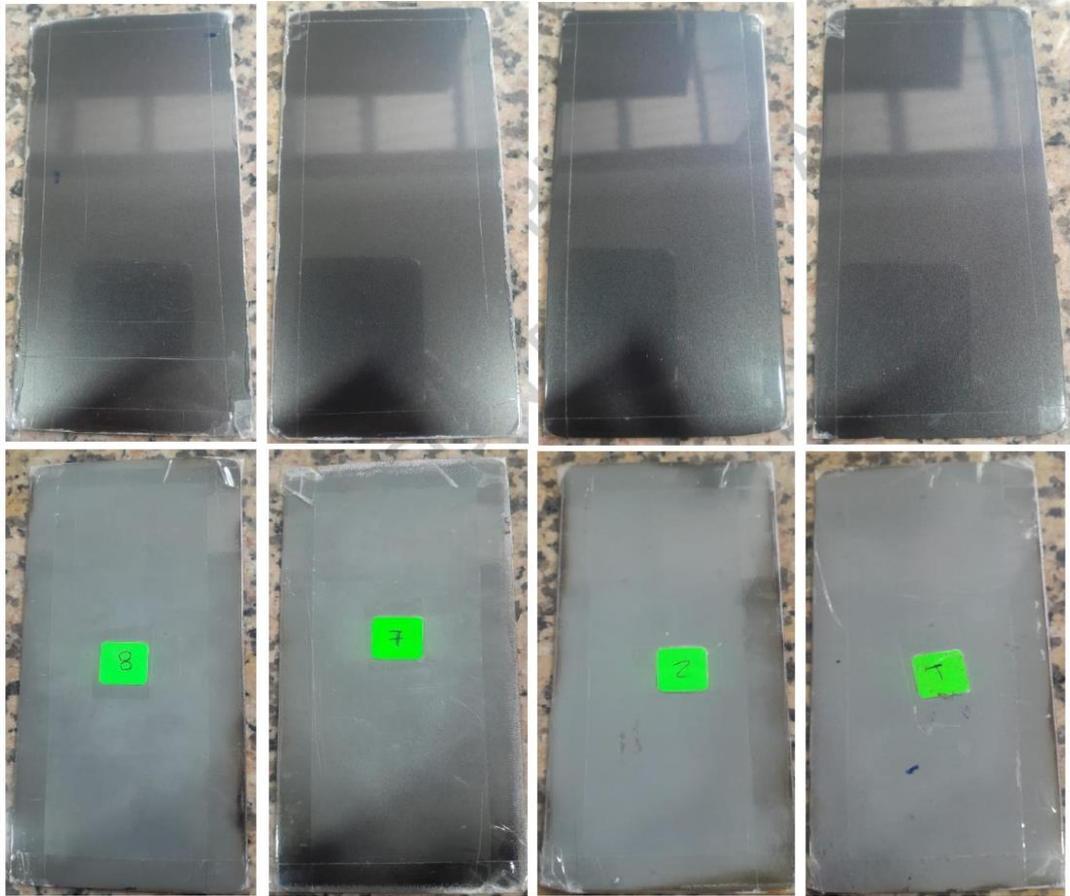
Anexo C – Hunter, R. (1937). Methods of determining gloss. *The Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology*. pp. 20-37.

Recopilación de información sobre reflectancia y brillo.



Anexo D – Resultados de laboratorio.

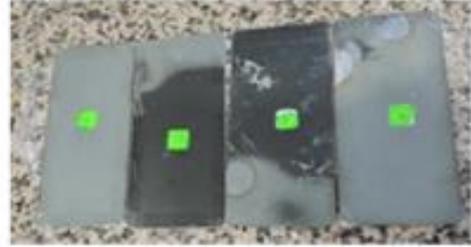
	REPORTE DE ENSAYO RESISTENCIA A LA CORROSIÓN NIEBLA SALINA NEUTRA				CÓDIGO:	LAB-FOR-06								
					REVISIÓN:	01								
					FECHA:	6/9/2022								
TEN-NSS-220724-001														
ELABORADO POR:	VERÓNICA QUISHPE	FECHA:	22-07-2024											
DEPARTAMENTO:	LABORATORIO - TENSORTEC	CLIENTE:	DANIEL TAMAYO YEPEZ											
DIRECCIÓN:	VÍA CALACALÍ, LOTE 4C Y CALLE A	EMPRESA:	DANIEL TAMAYO YEPEZ											
PLACAS														
FORMA:	RECTANGULAR	SISTEMA:	NANO RECUBRIMIENTO CERÁMICO											
CÓDIGO:	PLACA 8, 7, 2, T	SUPERFICIE:	LISA											
RECUBRIMIENTO:	BASICO	IDENTIFICACIÓN:	SERVICIO											
RESISTENCIA A LA CORROSIÓN														
NORMA DE ENSAYO:	ASTM B117-19/ISO 7253	EQUIPO UTILIZADO:	CÁMARA SALINA											
LUGAR DEL ENSAYO:	LABORATORIO	CÓDIGO EQUIPO:	AT000650											
CONDICIONES AMBIENTE:	TEMP, °C 21.8 HR, % 54	NÚMERO DE UNIDADES:	4											
SOLUCIÓN:	CiNa USP	pH:	7.2											
Tiempo de exposición, h	Tiempo transcurrido hasta la aparición del primer signo de corrosión, h	Apariencia después del ensayo	Apariencia después de remover los productos superficiales de corrosión	Variación de masa, g	Variación de espesor, µm									
24	N/A	No se evidencia presencia de corrosión.	No se evidencia presencia de corrosión.	N/A	N/A									
CRITERIO DE CONFORMIDAD														
NORMA DE REQUISITOS:	N/A	REQUISITO:	Por solicitud del cliente el periodo de exposición del ensayo es de 24 h.											
NORMA DE EVALUACIÓN:	ISO 10289:2001/NTE INEN 1176:2013													
GRADO DE DETERIORO	<table border="1"> <tr><td>Ampollamiento</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Oxidación</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Agrietamiento</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Descamación</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </table>	Ampollamiento	<input type="checkbox"/>	Oxidación	<input type="checkbox"/>	Agrietamiento	<input type="checkbox"/>	Descamación	<input type="checkbox"/>	CLASIFICACIÓN AMPOLLAMIENTO:	0S(0)			
Ampollamiento	<input type="checkbox"/>													
Oxidación	<input type="checkbox"/>													
Agrietamiento	<input type="checkbox"/>													
Descamación	<input type="checkbox"/>													
		CLASIFICACIÓN OXIDACIÓN:	0S(0)											
		CLASIFICACIÓN AGRIETAMIENTO:	0S(0)											
		CLASIFICACIÓN DESCAMACIÓN:	0S(0)											
APARIENCIA DE RECUBRIMIENTO:	MUY BUENO													
INFORMACIÓN ADICIONAL:	N/A													
CUMPLE:	OK	NO CUMPLE:	NO APLICA:											
DESIGNACIÓN DE LA CANTIDAD DE DEFECTOS (A)			DESIGNACIÓN DEL TAMAÑO DE DEFECTOS (n)											
0	Sin defectos, i.e. sin defectos detectables		0	No visibles bajo un aumento de 10x										
1	Muy pocos, i.e. pequeño, escaso número significativo de defectos		1	Solamente visibles bajo un aumento de hasta 10x										
2	Pocos, i.e. pequeño pero número significativo de defectos		2	Visibles con visión normal corregida (hasta 0.2 mm)										
3	Moderado número de defectos		3	Claramente visibles con visión normal corregida (0.2 < x < 0.5 mm)										
4	Número considerable de defectos		4	Mayor a 0.5 mm hasta 5 mm										
5	Patrón denso de defectos		5	Mayor que 5 mm										
Nomenclatura clasificación: AS(n) donde A= cantidad de defectos S= tamaño; n= número de designación del tamaño, por ejemplo, 2S(3)														
ANALIZADO POR: VERÓNICA QUISHPE			RECIBIDO POR: JAVIER SALAZAR											
FIRMA:	 AENSORTEC DEPARTAMENTO DE CALIDAD		FIRMA:											
CARGO: JEFE DE CALIDAD Y LABORATORIO			CARGO: GERENTE COMERCIAL											

	REPORTE DE ENSAYO RESISTENCIA A LA CORROSIÓN NIEBLA SALINA NEUTRA	CÓDIGO:	LAB-FOR-06
		REVISIÓN:	01
		FECHA:	6/9/2022
REGISTRO FOTOGRÁFICO			
PLACAS : BÁSICO PROBETA ANTES DE INGRESAR A CÁMARA SALINA			
			
PROBETA DESPUÉS DE 24 H EN CÁMARA SALINA			
			
CONCLUSIONES			
<p>Por mutuo acuerdo de las partes interesadas de no existir normas vigentes para establecer el periodo de exposición, el cliente solicita un periodo de 24 horas de ensayo.</p> <p>Placas recubrimiento BASICO: 8, 7, 2, T</p> <p>De acuerdo a lo establecido en ISO 10289/NTE INEN presenta grado de deterioro en: Ampollamiento 0S(0), Oxidación 0S(0), Agrietamiento 0S(0), Descamación 0S(0).</p> <p>Durante las 24 horas de exposición en cámara salina, las placas no presentaron indicios de corrosión.</p> <p>Apariencia del recubrimiento muy bueno.</p>			

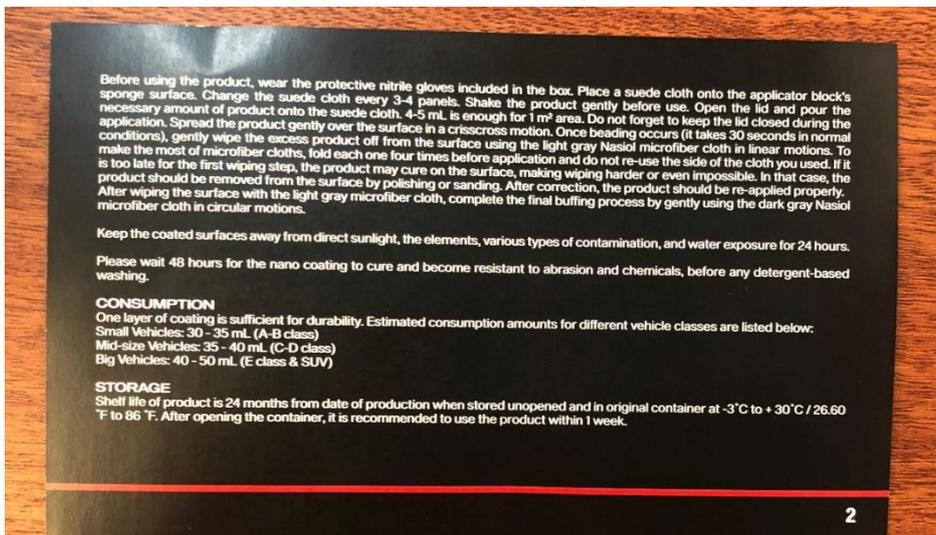
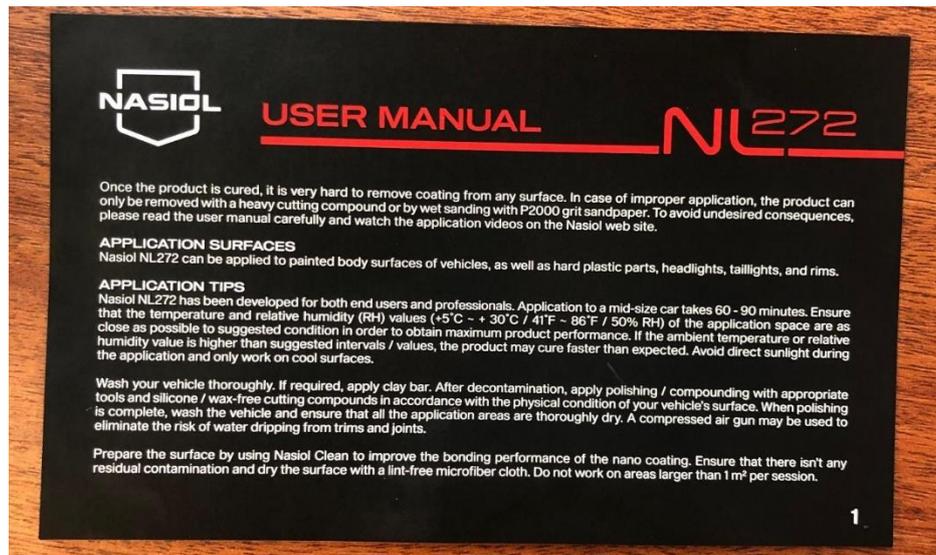
	REPORTE DE ENSAYO RESISTENCIA A LA CORROSIÓN NIEBLA SALINA NEUTRA				CÓDIGO:	LAB-FOR-06
					REVISIÓN:	01
					FECHA:	6/9/2022
TEN-NSS-220724-002						
ELABORADO POR:	VERÓNICA QUISHPE	FECHA:	22-07-2024			
DEPARTAMENTO:	LABORATORIO - TENSORTEC	CLIENTE:	DANIEL TAMAYO YEPEZ			
DIRECCIÓN:	VÍA CALACALÍ, LOTE 4C Y CALLE A	EMPRESA:	DANIEL TAMAYO YEPEZ			
PLACAS						
FORMA:	RECTANGULAR	SISTEMA:	NANO RECUBRIMIENTO CERÁMICO			
CÓDIGO:	PLACA 10, 9, 3, M	SUPERFICIE:	LISA			
RECUBRIMIENTO:	MEDIO	IDENTIFICACIÓN:	SERVICIO			
RESISTENCIA A LA CORROSIÓN						
NORMA DE ENSAYO:	ASTM B117-19/ISO 7253	EQUIPO UTILIZADO:	CÁMARA SALINA			
LUGAR DEL ENSAYO:	LABORATORIO	CÓDIGO EQUIPO:	AT000650			
CONDICIONES AMBIENTE:	TEMP, °C 21.8 HR, % 54	NÚMERO DE UNIDADES:	4			
SOLUCIÓN:	CINa USP	pH:	7.2			
Tiempo de exposición, h	Tiempo transcurrido hasta la aparición del primer signo de corrosión, h	Apariencia después del ensayo	Apariencia después de remover los productos superficiales de corrosión	Variación de masa, g	Variación de espesor, µm	
24	N/A	No se evidencia presencia de corrosión.	No se evidencia presencia de corrosión.	N/A	N/A	
CRITERIO DE CONFORMIDAD						
NORMA DE REQUISITOS:	N/A	REQUISITO:	Por solicitud del cliente el período de exposición del ensayo es de 24 h.			
NORMA DE EVALUACIÓN:	ISO 10289:2001/NTE INEN 1176:2013					
GRADO DE DETERIORO	<input type="checkbox"/> Ampollamiento	<input type="checkbox"/>	CLASIFICACIÓN AMPOLLAMIENTO:	0S(0)		
	<input type="checkbox"/> Oxidación	<input type="checkbox"/>	CLASIFICACIÓN OXIDACIÓN:	0S(0)		
	<input type="checkbox"/> Agrietamiento	<input type="checkbox"/>	CLASIFICACIÓN AGRIETAMIENTO:	0S(0)		
	<input type="checkbox"/> Descamación	<input type="checkbox"/>	CLASIFICACIÓN DESCAMACIÓN:	0S(0)		
APARIENCIA DE RECUBRIMIENTO:	MUY BUENO					
INFORMACIÓN ADICIONAL:	N/A					
CUMPLE:	OK	NO CUMPLE:	NO APLICA:			
DESIGNACIÓN DE LA CANTIDAD DE DEFECTOS (A)			DESIGNACIÓN DEL TAMAÑO DE DEFECTOS (n)			
0	Sin defectos, i.e. sin defectos detectables		0	No visibles bajo un aumento de 10x		
1	Muy pocos, i.e. pequeño, escaso número significativo de defectos		1	Solamente visibles bajo un aumento de hasta 10x		
2	Pocos, i.e. pequeño pero número significativo de defectos		2	Visibles con visión normal corregida (hasta 0.2 mm)		
3	Moderado número de defectos		3	Claramente visibles con visión normal corregida (0.2 < x < 0.5 mm)		
4	Número considerable de defectos		4	Mayor a 0.5 mm hasta 5 mm		
5	Patrón denso de defectos		5	Mayor que 5 mm		
Nomenclatura clasificación: AS(n) donde A= cantidad de defectos S= tamaño; n= número de designación del tamaño, por ejemplo, 2S(3)						
ANALIZADO POR: VERONICA QUISHPE			RECIBIDO POR: JAVIER SALAZAR			
FIRMA:  AENSORTEC DEPARTAMENTO DE CALIDAD			FIRMA:			
CARGO: JEFA DE CALIDAD Y LABORATORIO			CARGO: GERENTE COMERCIAL			

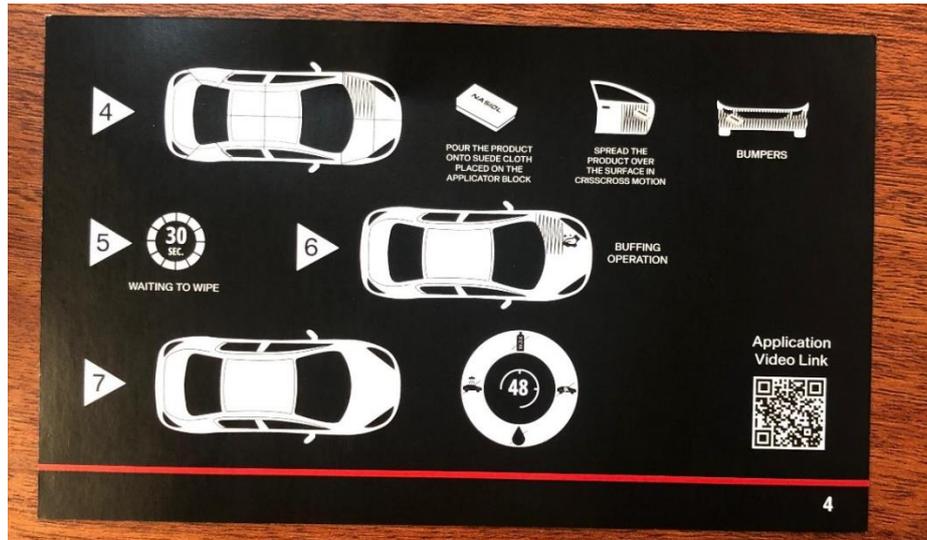
	REPORTE DE ENSAYO RESISTENCIA A LA CORROSIÓN NIEBLA SALINA NEUTRA	CÓDIGO:	LAB-FOR-06
		REVISIÓN:	01
		FECHA:	6/9/2022
REGISTRO FOTOGRÁFICO			
PLACAS : MEDIO PROBETA ANTES DE INGRESAR A CÁMARA SALINA			
			
PROBETA DESPUÉS DE 24 H EN CÁMARA SALINA			
			
			
CONCLUSIONES			
<p>Por mutuo acuerdo de las partes interesadas de no existir normas vigentes para establecer el periodo de exposición, el cliente solicita un periodo de 24 horas de ensayo.</p> <p>Placas recubrimiento MEDIO: 10, 9, 3, M</p> <p>De acuerdo a lo establecido en ISO 10289/NTE INEN presenta grado de deterioro en: Ampollamiento 0S(0), Oxidación 0S(0), Agrietamiento 0s(0), Descamación 0S(0).</p> <p>Durante las 24 horas de exposición en cámara salina, las placas no presentaron indicios de corrosión.</p> <p>Apariencia del recubrimiento muy bueno.</p>			

	REPORTE DE ENSAYO RESISTENCIA A LA CORROSIÓN NIEBLA SALINA NEUTRA		CÓDIGO:	LAB-FOR-06								
			REVISIÓN:	01								
			FECHA:	6/9/2022								
TEN-NSS-220724-003												
ELABORADO POR:	VERÓNICA QUISHPE	FECHA:	22-07-2024									
DEPARTAMENTO:	LABORATORIO - TENSORTEC	CLIENTE:	DANIEL TAMAYO YEPEZ									
DIRECCIÓN:	VÍA CALACALÍ, LOTE 4C Y CALLE A	EMPRESA:	DANIEL TAMAYO YEPEZ									
PLACAS												
FORMA :	RECTANGULAR	SISTEMA:	NANO RECUBRIMIENTO CERÁMICO									
CÓDIGO :	PLACA 12, 11, 6, S	SUPERFICIE	LISA									
RECUBRIMIENTO :	TOP	IDENTIFICACIÓN:	SERVICIO									
RESISTENCIA A LA CORROSIÓN												
NORMA DE ENSAYO :	ASTM B117-19/ISO 7253	EQUIPO UTILIZADO:	CÁMARA SALINA									
LUGAR DEL ENSAYO :	LABORATORIO	CÓDIGO EQUIPO:	AT000650									
CONDICIONES AMBIENTE:	TEMP, °C 21.8 HR, % 54	NÚMERO DE UNIDADES:	4									
SOLUCIÓN:	CINa USP	pH:	7.2									
Tiempo de exposición, h	Tiempo transcurrido hasta la aparición del primer signo de corrosión, h	Apariencia después del ensayo	Apariencia después de remover los productos superficiales de corrosión	Variación de masa, g	Variación de espesor, µm							
24	N/A	No se evidencia presencia de corrosión.	No se evidencia presencia de corrosión.	N/A	N/A							
CRITERIO DE CONFORMIDAD												
NORMA DE REQUISITOS :	N/A	REQUISITO :	Por solicitud del cliente el periodo de exposición del ensayo es de 24 h.									
NORMA DE EVALUACIÓN :	ISO 10289:2001/NTE INEN 1176:2013											
GRADO DE DETERIORO	<table border="1"> <tr><td>Ampollamiento</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Oxidación</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Agrietamiento</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Descamación</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </table>	Ampollamiento	<input type="checkbox"/>	Oxidación	<input type="checkbox"/>	Agrietamiento	<input type="checkbox"/>	Descamación	<input type="checkbox"/>	CLASIFICACIÓN AMPOLLAMIENTO:	0S(0)	
Ampollamiento	<input type="checkbox"/>											
Oxidación	<input type="checkbox"/>											
Agrietamiento	<input type="checkbox"/>											
Descamación	<input type="checkbox"/>											
		CLASIFICACIÓN OXIDACIÓN:	0S(0)									
		CLASIFICACIÓN AGRIETAMIENTO:	0S(0)									
		CLASIFICACIÓN DESCAMACIÓN:	0S(0)									
APARIENCIA DE RECUBRIMIENTO:	MUY BUENO											
INFORMACIÓN ADICIONAL:	N/A											
CUMPLE:	OK	NO CUMPLE:	NO APLICA:									
DESIGNACIÓN DE LA CANTIDAD DE DEFECTOS (A)			DESIGNACIÓN DEL TAMAÑO DE DEFECTOS (n)									
0	Sin defectos, i.e. sin defectos detectables		0	No visibles bajo un aumento de 10x								
1	Muy pocos, i.e. pequeño, escaso número significativo de defectos		1	Solamente visibles bajo un aumento de hasta 10x								
2	Pocos, i.e. pequeño pero número significativo de defectos		2	Visibles con visión normal corregida (hasta 0.2 mm)								
3	Moderado número de defectos		3	Claramente visibles con visión normal corregida (0.2 < x < 0.5 mm)								
4	Número considerable de defectos		4	Mayor a 0.5 mm hasta 5 mm								
5	Patrón denso de defectos		5	Mayor que 5 mm								
Nomenclatura clasificación: AS(n) donde A= cantidad de defectos S= tamaño; n= número de designación del tamaño, por ejemplo, 2S(3)												
ANALIZADO POR: VERONICA QUISHPE			RECIBIDO POR: JAVIER SALAZAR									
FIRMA:  AENSORTEC DEPARTAMENTO DE CALIDAD			FIRMA:									
CARGO: JEFE DE CALIDAD Y LABORATORIO			CARGO: GERENTE COMERCIAL									

	REPORTE DE ENSAYO RESISTENCIA A LA CORROSIÓN NIEBLA SALINA NEUTRA	CÓDIGO:	LAB-FOR-06
		REVISIÓN:	01
		FECHA:	8/9/2022
REGISTRO FOTOGRÁFICO			
PLACAS : TOP PROBETA ANTES DE INGRESAR A CÁMARA SALINA			
			
PROBETA DESPUÉS DE 24 H EN CÁMARA SALINA			
			
			
CONCLUSIONES			
<p>Por mutuo acuerdo de las partes interesadas de no existir normas vigentes para establecer el periodo de exposición, el cliente solicita un periodo de 24 horas de ensayo. Placas recubrimiento TOP: 12, 11, 8, 5 De acuerdo a lo establecido en ISO 10289/NTE INEN presenta grado de deterioro en: Ampollamiento 0S(0), Oxidación 0S(0), Agrietamiento 0S(0), Descamación 0S(0). Durante las 24 horas de exposición en cámara salina, las placas no presentaron indicios de corrosión. Apariencia del recubrimiento muy bueno.</p>			

Anexo E – Normativa de aplicación del tratamiento cerámico.





Anexo F – Tabla de materiales utilizados en el estudio.

MATERIAL	FUNCIÓN	FIGURAS
Placas metálicas de vehículo	Serán las probetas utilizadas en la experimentación y a quienes se les realiza el tratamiento y las mediciones.	 Nota: Se encuentran en orden de gamas de izquierda a derecha (básica, mediana, alta).
Pulimento	Al ser aplicado y realizar el proceso de pulido permite nivelar la superficie. Los pulimentos tienen diferentes grosores y durezas dependiendo del cerámico al que se le aplica (heavy, médium, fine para básico, medio, top gama de cerámico respectivamente).	

Pulidora	Herramienta para realizar el pulido. Se dividen por aplicación entre orbitales y roto-orbitales.	
Acople de pulidora	Engancha la máquina pulidora con las almohadillas para pulir.	
Almohadilla de pulido	Esponjas de distintos grosores y durezas para realizar el pulido, cada una corresponde a uno de los tratamientos cerámicos.	
Medidor de espesor	Herramienta de medición permite identificar el grosor de la pintura y sus cambios tras los tratamientos.	
Medidor de brillo	Herramienta de medición obtiene la reflexión de la luz en la pintura a los 60° y sus cambios tras los tratamientos.	

Recubrimientos
cerámicos.

Es el material de investigación
del cual se obtendrán los
resultados. Se encuentra la
gama baja, media y top en
orden de izquierda a derecha.

