



Proceso de estandarización de métodos y metodologías en las aplicaciones del segmento de coil y extrusión y evaluación de pigmentos del segmento de demarcación vial

Natalia Andrea Henao Arboleda

Para optar por el título de:
Ingeniera química

Asesor
Felipe Bustamante Londoño, PhD

Universidad de Antioquia
Facultad de ingeniería
Ingeniería química
Medellín
2022

Cita	(Natalia Andrea Henao Arboleda, 2022)
Referencia	Henao Arboleda, N. (2022). <i>Proceso de estandarización de métodos y metodologías en las aplicaciones en el segmento de coil y extrusión y evaluación de pigmentos segmento tráfico, 2022</i> [Semestre de
Estilo APA 7 (2020)	Industria]. Universidad de Antioquia, Medellín.



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: Jhon Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Jesús Francisco Vargas Bonilla

Jefe departamento: Lina María González Rodríguez

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

Este trabajo es una dedicatoria a mis padres Denny y Luis Enrique y a mi tía Mariela que han sido mi motor durante toda mi carrera y me han impulsado siempre a luchar por mis sueños. También es una dedicatoria a mis tíos, hermanos y primos que han sido un gran apoyo a lo largo de mi vida, me han enseñado a dar lo mejor de mí y han sido una guía en este camino. Además, es un reconocimiento a mi novio que ha convertido mis sueños en sus sueños, apoyándome en todo momento y motivándome día a día a luchar por alcanzar mis metas.

Agradecimientos

Quiero agradecer a PPG Industries por permitirme realizar mis prácticas universitarias y adquirir tantos conocimientos a través de las enseñanzas de todas las personas que han hecho parte de este proceso de aprendizaje; a mis asesoras externas Lina Paola Higuera González y Andrea Vélez Macías, quienes han sido mis mentoras en mi primera experiencia en la industria, por toda la paciencia y las enseñanzas que no solamente han sido técnicas, si no también humanas; a mi asesor interno del proyecto Felipe Bustamante Londoño por su acompañamiento, apoyo y direccionamiento en el desarrollo de mi práctica académica y a la Jefe del programa Lina María González Rodríguez por su ayuda durante todo este proceso y depositar su confianza en mí.

Tabla de contenido

Resumen	11
Abstract	12
Introducción	13
1 Objetivos	14
1.1 Objetivo general	14
1.2 Objetivos específicos	14
2 Marco teórico	15
Componentes básicos de la pintura	16
Resina:	17
Acrílica:	17
Poliéster:	17
Uretano:	17
Epoxica:	18
Alquidal:	18
• Melamina:	18
• Isocianato:	18
Pigmentos:	18
Aluminios:	19
Normal:	19
Tratado:	20
Micas y perlas:	20
Aditivos:	20
Solventes:	20
Volatilidad:	20

Grado de solubilidad:	20
Polaridad:	21
Características de la pintura líquida	21
Viscosidad:	21
Sólidos:	21
Densidad:	21
Poder cubriente:	21
Apariencia:	22
Dureza:	22
Dureza al lápiz:	22
Impacto:	22
Relación P/B:	22
Hervido:	22
Ecurrido:	22
Coil coating	23
Aplicaciones:	25
Extrusión	26
Pinturas de tráfico:	27
Método de aplicación:	27
Preparación de la superficie:	27
Aplicación de la pintura:	27
Equipo de aplicación de pintura:	28
3 Metodología	29
Preparación e inducción:	29
Observación y estudio:	29

Implementación y estandarización:	29
Transferencia tecnológica:	30
Consecución de materias primas:	30
Preparación de los productos:	30
Transferencia tecnológica N°1:	30
Transferencia tecnológica N°2:	30
Transferencia tecnológica N°3:	31
Transferencia tecnológica N°4:	31
Transferencia tecnológica N°5:	31
Transferencia tecnológica N°6:	31
Transferencia tecnológica N°7:	32
Pruebas y evaluaciones de los productos:	32
Implementación método de evaluación pigmentos de tráfico:	33
4 Resultados	34
5 Análisis	67
6 Conclusiones	69
Referencias	70

Lista de tablas

Tabla 1. Composición de las pinturas.

Tabla 2. Composición transferencia tecnológica N°1.

Tabla 3. Composición transferencia tecnológica N°2.

Tabla 4. Composición transferencia tecnológica N°3.

Tabla 5. Composición transferencia tecnológica N°4.

Tabla 6. Composición transferencia tecnológica N°5.

Tabla 7. Composición transferencia tecnológica N°6.

Tabla 8. Composición transferencia tecnológica N°7.

Tabla 9. Propiedades certificado de la calidad.

Tabla 10. Método de evaluación de pigmentos.

Tabla 11. Norma AAMA 2603-21.

Tabla 12. Norma AAMA 2604-21.

Tabla 13. Norma AAMA 2605-20.

Tabla 14. Resultados certificado de calidad transferencia tecnológica N°1.

Tabla 15. Resultados certificado de calidad transferencia tecnológica N°2.

Tabla 16. Resultados certificado de calidad transferencia tecnológica N°3.

Tabla 17. Resultados certificado de calidad transferencia tecnológica N°4.

Tabla 18. Resultados certificado de calidad transferencia tecnológica N°5.

Tabla 19. Resultados certificado de calidad transferencia tecnológica N°6.

Tabla 20. Resultados certificado de calidad transferencia tecnológica N°7.

Tabla 21. Ensayos Lote 3 pigmento PY-65 variando el tiempo de agitación.

Tabla 22. Ensayos Lote 7 pigmento PY-65 variando el tiempo de agitación.

Tabla 23. Ensayos Lote 1 pigmento PY-65

Tabla 24. Ensayos Lote 2 pigmento PY-65

Tabla 25. Ensayos Lote 3 pigmento PY-65

Tabla 26. Ensayos Lote 4 pigmento PY-65

Tabla 27. Ensayos Lote 5 pigmento PY-65

Tabla 28. Ensayos Lote 6 pigmento PY-65

Tabla 29. Ensayos Lote 7 pigmento PY-65

Tabla 30. Ensayos Lote 1 pigmento PY-65 variando el tiempo de agitación.

Tabla 31. Ensayos Lote 3 pigmento PY-65 variando el tiempo de agitación.

Tabla 32. Ensayos Lote 5 pigmento PY-65 variando el tiempo de agitación.

Tabla 33. Ensayos Lote 1 pigmento PY-74.

Tabla 34. Ensayo Lote 2 pigmento PY-74.

Tabla 35. Ensayos Lote 3 pigmento PY-74.

Tabla 36. Ensayo Lote 4 pigmento PY-74.

Tabla 37. Ensayos Lote 5 pigmento PY-74.

Tabla 38. Ensayos Lote 6 pigmento PY-74.

Lista de figuras

Figura 1 Ejemplo de un sistema de recubrimiento.

Figura 2 Ecurrido en la pintura.

Figura 3 Proceso de coil coating.

Figura 4 Sustrato en aplicación de coil coating.

Figura 5 Proceso de extrusión.

Siglas, acrónimos y abreviaturas

APA	American Psychological Association.
Cm.	Centímetros.
PVDF	Fluoruro de polivinilideno.
COV	Compuestos orgánicos volátiles.
SLN	Solución.
LBS	Libras.

Resumen

Los recubrimientos son materiales capaces de formar películas continuas y uniformes sobre las superficies que se aplican, para protegerlas o decorarlas. El *coil coating* es un proceso de proceso continuo y automatizado para el recubrimiento de metal antes de su fabricación en productos finales. La extrusión es un proceso continuo, donde los productos acabados se obtienen forzando un material fundido a través de una herramienta de conformación. Para estos dos tipos de aplicación de pinturas existen tres normas para garantizar la calidad de los productos a sus clientes: AAMA 2603-21, AAMA 2604-21 y AAMA 2605-20. En este proyecto se buscó la estandarización e implementación de estas normas, aplicando las pruebas pertinentes a los procesos de validación de las pinturas producidas en la Empresa, permitiendo garantizar a los clientes así la calidad de las pinturas según la norma a la que se rijan. Como complemento a la estandarización de las normas, se realizó la transferencia tecnológica de siete productos del segmento coil, a los cuales se le realizaron las pruebas pertinentes para garantizar que cumplieran con el certificado de calidad. Además de la implementación de un método de evaluación de pigmentos del segmento de demarcación vial. El cual es un segmento que está diseñado para demarcar y señalar los pavimentos, se aplican sobre asfalto, pavimento, concreto y otras superficies similares.

Palabras clave: *coil coating*, extrusión, AMMA 2603-21, AMAA 2604-21, AAMA 2605-20, calidad, transferencia tecnológica, pruebas, pigmentos, demarcación vial, recubrimientos.

Abstract

The coatings are materials capable of forming continuous and uniform films on the surfaces that are applied, to protect or decorate them. Coil coating is a continuous and automated process for the coating of metal before its manufacturing into final products, and extrusion is a continuous process where finished products are obtained by forcing a molten material through a shaping tool. For these two types of paint application there are three standards to ensure the quality of products to customers: AAMA 2603-21, AAMA 2604-21 y AAMA 2605-20. This Project seeks standardization and implementation of these standards, applying the relevant test to the processes of validation of the paint produced in the company, allowing to guarantee to the customers the quality of the paintings according to the standard which they are governed. As a complement to the standardization of the norms, the technological transfer of seven products of the coil segment was carried out, to which the pertinent tests were carried out to guarantee that they complied with the quality certificate. In addition to the implementation of a method of evaluating pigments in the traffic segment. Which is a segment that is designed to demarcate and signal pavements, they are applied on asphalt, pavement, concrete and other similar surfaces.

Keywords: Coil coating, extrusion, AAMA 2603-21, AAMA 2604-21, AAMA 2605-20, quality, technology transfer, tests, traffic, coatings.

Introducción

PPG Industries es una multinacional estadounidense y proveedor global de pinturas, recubrimientos y materiales especiales. En PPG Colombia se tienen cinco líneas de negocio, las cuales son: repintada automotriz (Refinish), protección y marino (PMC), envases (Packing), fabricante de automóviles (OEM) e Industria.

La línea de negocio en la cual se llevará a cabo este proyecto es Industria, conformada por: pinturas y recubrimientos para motos, tráfico, coil y extrusión. Específicamente, este proyecto se enfocará en la línea de coil, extrusión y tráfico.

En la fabricación de pintura se deben cumplir con unos estándares de calidad para garantizarle al cliente la pintura que se le está entregando. Se cuenta con tres normas para las pinturas de *coil coating* y extrusión, las cuales son: AAMA 2603-21, AAMA 2604-21 y AAMA 2605-20. Cada una de estas normas se aplica a diversos mercados, siendo la norma AAMA 2603-21 menos estricta, la norma AAMA 2604-21 medianamente estricta y la norma AAMA 2605-20 más estricta. Por lo tanto, fue necesario estandarizar e implementar las pruebas que se deben realizar para cada una de estas normas, para adaptar a las condiciones de la empresa y los requerimientos de cada uno de los clientes.

Teniendo estandarizadas las normas de Coil y extrusión también se llevaron a cabo las localizaciones de una línea de pinturas del segmento de coil, a las cuales se les realizaron diversas pruebas de calidad que permitieron su implementación como producto en el mercado.

Para el segmento de tráfico se utilizan pigmentos blancos y amarillos, con este proyecto se buscó estandarizar un método de evaluación de los pigmentos amarillos de tráfico los cuales son los PY-65 y PY-74, que permitan realizar un adecuado control de calidad al momento de llegar la materia prima. Para esto se realizaron diversos ensayos, usando un debilitador, perlas y un equipo, los cuales permitieron observar que método era el más adecuado para la evaluación de estos.

1 Objetivos

1.1 Objetivo general

Estandarizar e implementar las normas AAMA que aplican para el segmento de coil y extrusión de acuerdo con las prestaciones de los productos desarrollados. Y desarrollar un método de evaluación de los pigmentos para el segmento de tráfico.

1.2 Objetivos específicos

- Revisar y comparar las diferentes normas AAMA del segmento coil y extrusión.
- Priorizar las pruebas de cada norma AAMA para coil de acuerdo con las necesidades del mercado.
- Adaptar y estandarizar las pruebas seleccionadas para coil y extrusión.
- Realizar la transferencia tecnológica de los productos del segmento de coil.
- Establecer un método de evaluación de pigmentos del segmento tráfico.

2 Marco teórico

Casi desde el principio de la humanidad, se han utilizado revestimientos y acabados. En la historia bíblica se habla de cómo Noe pinto su arca con brea. Los egipcios mezclaban ámbar con aceites y hacían barnices decorativos. Los romanos mezclaban plomo blanco con ámbar y brea. Los recubrimientos hacen parte de la historia de la humanidad desde que los habitantes de las cavernas decoraban sus paredes con pigmentos de tierra molidos en claras de huevo hasta los trabajadores de las fábricas que protegen sus productos con imprimaciones E-coat y esmaltes acrílicos. Y han ido evolucionando constantemente, sufriendo cambios en los vehículos como lo son los aglutinantes y diluyentes, así como una disminución sus porcentajes de sólidos aumentando así la contaminación atmosférica por compuestos orgánicos volátiles (COV). Luego surgieron los recubrimientos en polvo y se empezó a tener una conciencia mayor por el cuidado del medio ambiente, lo que llevo a buscar una manera de reducir los COV de las pinturas líquidas, fortaleciendo las pinturas a base de agua. Con la evolución de los recubrimientos, también han ido evolucionando las resinas mejorando así las propiedades de los recubrimientos. (Charles A. Harper, 2000)

La pintura es un material capaz de formar una película continua y uniforme sobre la superficie que se aplica (denominado sustrato) mediante un proceso de secado o curado, básicamente para protegerla y/o decorarla, y puede ser o no pigmentada. Al formador de película no pigmentada se le conoce como barniz o transparente. (PPG Industries, s/f)

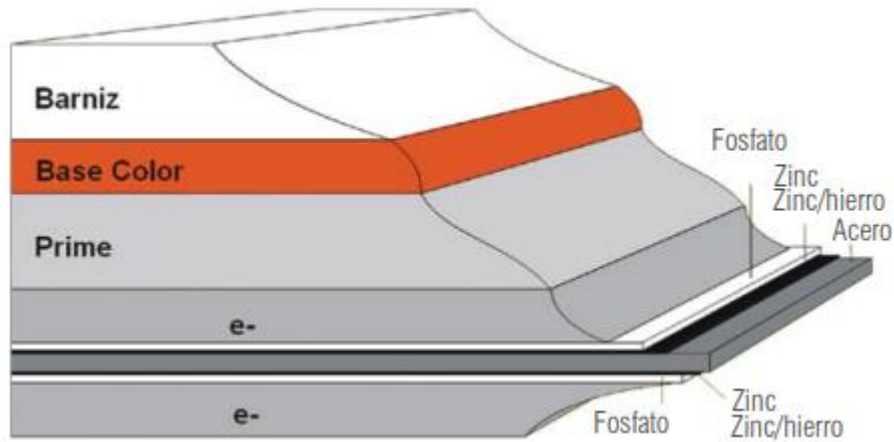
Se le conoce como material 2K al producto que requiere de la adición de un componente catalizador al momento de preparar el producto para su aplicación. Este componente favorece el curado o la polimerización correcta. Este ingrediente no se puede adicionar durante la fabricación del producto, ya que al ponerse en contacto inicia una reacción química que generalmente se completa en periodos de tiempo i.e. 1-5 horas dependiendo del nivel de canalización y temperatura del medio ambiente. A los materiales que no requieren la adición de un catalizador en su preparación se les denomina 1K. El hecho que no se adicione un catalizador en el punto de uso no implica que no se requiera de este ingrediente para el curado del material. El catalizador ya se

incluye en el proceso de fabricación, ya que la reacción se lleva a cabo bajo condiciones muy específicas. Generalmente se inicia hasta que se alcanza un nivel determinado de temperatura.

Para que el sustrato quede perfectamente protegido y cumpla con requerimientos específicos es necesario aplicar todo un sistema de recubrimiento, que se puede definir como: el conjunto de productos que se depositan sobre el sustrato para asegurar que se cubren las especificaciones, como se muestra en la **Figura 1**.

Figura 1

Ejemplo de un sistema de recubrimiento.



Nota. Fuente (PPG Industries, s/f)

La **Figura 1** muestra un sistema típico de varias capas en recubrimientos, en donde el fosfato favorece la adhesión y resistencia a la corrosión, el e-coat provee básicamente protección contra la corrosión, el primer provee resistencia a los rayos UV al e-coat, resistencia al chip y contribuye también a mejorar la apariencia visual, la película de base color provee color y protección UV, el acabado final de barniz proporciona protección UV, durabilidad (resistencia en general) y apariencia visual (brillo, DOI, nivelación).

Componentes básicos de la pintura

Son los componentes de la pintura, y su adecuada selección y balance es lo que permite que cumpla la función esperada. La pintura tiene cuatro componentes principales y el porcentaje en la mezcla de estos puede variar, como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1.

Componentes básicos de la pintura

Componente	Porcentaje
Resinas	(20-60) %
Pigmentos	(2-4) %
Aditivos	(0-5) %
Solventes	(30-80) %

Nota. Tomado de (PPG Industries, s/f)

Resina:

Sustancia viscosa en la mezcla, que mantiene todos los componentes juntos en el producto. Es la columna vertebral de la pintura y el componente que en más alta proporción queda en la película seca. Define las propiedades de la pintura como: dureza, flexibilidad, brillo, distintividad de imagen (DOI), nivelación, resistencia química, mecánica y adhesión. El tipo de resina que se utiliza define en gran medida el método de la aplicación.

Existen varios tipos de resina, las más utilizadas son las siguientes:

Acrílica:

Existe una amplia gama de resinas de este tipo, por lo tanto, con un amplio rango en propiedades como dureza y funcionalidad, durabilidad y resistencia. Las principales ventajas de pinturas formuladas con este tipo de resinas son: facilita la aplicación, muy compatibles con otros productos, buena dureza. Desventajas: muy rígidas, limitada protección a la corrosión.

Poliéster:

Presentan muy buena compatibilidad con otro tipo de resinas.

Ventajas: buena flexibilidad, muy buena adhesión y apariencia en general.

Desventajas: Por sí solas tienen poca resistencia química.

Uretano:

Disponible con un amplio rango en lo relativo a propiedades de resistencia. Se pueden formular productos de secado al aire (2K) o bien para secado forzado (1K). Ventajas: Excelente resistencia química y durabilidad en el exterior, excelentes propiedades mecánicas, abrasión, flexibilidad, impacto.

Desventajas: Alto costo y tiempo de vida útil (2K). Logran curado completo después de mucho tiempo (a veces varios días).

Epoxica:

Utilizadas generalmente donde se requiere alta resistencia a la corrosión, resistencia química y adhesión. Productos disponibles para secado al aire o curado forzado (1 y 2K).

Desventajas: Resistencia al exterior o pobre resistencia a UV, tiempo de vida útil (2K)

Alquidial:

Utilizadas en sustratos que son sensibles a temperaturas altas, puede ser secado al aire mediante la adición de un catalizador o de calor o con curado forzado a bajas temperaturas. Se pueden considerar de bajo costo. Generalmente son de fácil aplicación y lijado una vez que han curado/secado. Pueden tener buen desempeño aun con pretratamiento marginal del sustrato.

Desventajas: Limitada resistencia química, y pobre ventana de reparabilidad.

Otro tipo de resinas muy importantes, con funciones específicas y que se encargan de favorecer la correcta reacción de la resina principal durante el proceso de polimerización y que se les denomina formadores de cadena son:

- **Melamina:**

Amplio rango de sólidos, velocidad de reacción variable.

- **Isocianato:**

Velocidades de reacción altas, baja energía. No muy buena estabilidad Muy Tóxico, por lo que debe usarse con mucho cuidado y con uso de EPP adecuado.

Pigmentos:

Partículas sólidas coloridas e insolubles en el medio en que se encuentran, por lo que están en dispersión. Tienen la propiedad de transferir color a los medios donde se apliquen. Además, proporcionan propiedades de “relleno” al material y protección a la corrosión. También proveen la facilidad de enmascarar la superficie en la que se aplica la pintura (poder cubriente).

Los pigmentos deben encontrarse en la proporción correcta con las resinas conocida como la relación pigmento/ligante, ya que, adicionalmente influyen en:

- Resistencia a la humedad.
- Protección a la corrosión (Durabilidad)
- Adhesión.

- Flexibilidad.
- % de sólidos.
- Nivelación.
- Brillo.
- Los tipos de Pigmentos más comunes son:
- Pigmentos Orgánicos.
- Pigmentos Inorgánicos.
- Aluminios.
- Micas/Perlas.

Los pigmentos orgánicos pertenecen a la química del carbono desde el punto de vista estructural. El uso de estos da lugar a colores muy limpios, pero con limitada resistencia a los rayos UV presentando lo que se conoce como fuga de color. Normalmente son de mayor costo respecto a los inorgánicos. Ejemplos: rojos, marrones, amarillos y negro carbón.

Los pigmentos inorgánicos pueden ser de origen mineral o sintético, generalmente desarrollan mal poder cubriente, debido a que, aquellos que tienen buen poder cubriente y buen color contienen metales pesados, los cuales restringen su uso. Su origen es mineral, son muy estables y presentan buena resistencia a la luz UV, su costo es bajo respecto a los pigmentos orgánicos. Ejemplo: ocre, rojo óxido, blanco (dióxido de titanio)

Aluminios:

No poseen color por ellos mismos, tienen propiedades de refracción y reflexión de la luz que dan efectos de cambio de color dependiendo del ángulo de evaluación, también llamados pigmentos de interferencia. Su forma de hojuela permite que actúen como espejo, facilitando que reflejen la luz, la cual se dispersa dependiendo del tamaño y la forma de la hojuela. Esto permite clasificarlos como aluminio fino, mediano o grueso. Presentan la desventaja de deformarse cuando se les aplica un esfuerzo continuo, lo que puede afectar la consistencia del color, además se pueden degradar por el esfuerzo cortante de agitadores, bombas y reguladores de presión.

Se encuentran dos tipos de aluminios, según las necesidades:

Normal:

Se deforman más en las orillas con la agitación y cambia el tono, tienen bajo costo, hojuelas delgadas, filos rugosos, esquinas irregulares y mayores variación en color.

Tratado:

Más resistentes a esfuerzo, menor poder cubriente, costo más alto, hojuelas más gruesas, filos lisos, esquinas redondeadas.

Micas y perlas:

Son hojuelas de mineral de silicato recubiertas por un óxido metálico, generalmente titanio, hierro o cromo, donde el efecto de color o efecto metálico se consigue a través de la refracción de la luz.

Aditivos:

Productos que se adicionan en pequeñas cantidades en la formulación de una pintura con alto grado de eficiencia y sofisticación, siendo capaces de modificar significativamente propiedades específicas de la pintura.

Solventes:

Líquidos volátiles, de olor característico, usados para facilitar el manejo y la aplicación de la pintura. Influyen en la fluidez y nivelación. Además, controlan las propiedades de aplicación: viscosidad, resistividad, sólidos, y resistencia a escurrido. Los solventes contribuyen a las emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC, por las siglas en inglés), y al grado de toxicidad de la pintura.

Volatilidad:

Define la velocidad de evaporación de solventes. Estos se pueden clasificar en lentos, medios y rápidos. Esta velocidad de evaporación de los solventes afecta directamente atributos estéticos o visuales. La velocidad de evaporación se ve muy afectada por condiciones ambientales (humedad, temperatura, altitud) por lo que momento de aplicar las pinturas se deben verificar las condiciones de operación.

Grado de solubilidad:

Es la capacidad que posee una sustancia para poder disolverse en otra. Se expresa en moles por litro, gramos por litro o porcentaje de soluto. La solubilidad se ve afectada por diferentes factores y está determinada por el equilibrio de las fuerzas internas entre los disolventes y los

solutos. La temperatura o la presión afectan la solubilidad porque rompen el equilibrio de las fuerzas internas.

Polaridad:

Se clasifican en polares y no polares. La polaridad química es una propiedad de las moléculas que representa la separación de las cargas eléctricas en la misma. Esta propiedad está íntimamente relacionada con otras propiedades como solubilidad, punto de fusión, punto de ebullición, fuerzas intermoleculares, etc. También es importante en disoluciones ya que un disolvente polar solo se descompone otras sustancias polares y un disolvente apolar solo sustancias apolares. La mayoría de las resinas que se utilizan para pinturas son polares, por lo tanto, sus solventes también deben ser polares.

La polaridad de los solventes también está ligada a la facilidad de conducir la electricidad o conductividad, propiedad crítica en procesos de aplicación electrostática

Características de la pintura líquida

Viscosidad:

Es la propiedad de un fluido que tiende a oponerse a su flujo cuando se le aplica una fuerza. La velocidad con la que un fluido sale por el orificio es una medida de su viscosidad y este es el principal factor que debemos controlar dentro de las líneas de pintura. Existen varias maneras de medir la viscosidad, copas de viscosidad (son simples y fáciles de reproducir), brookfield (da el índice de tixotropia de un producto) y cone and plate (da el comportamiento de la viscosidad en rangos muy pequeños de efecto cortante).

Sólidos:

Es parte del recubrimiento que se deposita en el sustrato, aunque cabe destacar que durante la aplicación un porcentaje importante de los sólidos no llega a su objetivo. Los equipos donde se mide esta propiedad son: balanza analítica, desecador, cabina de aplicación y horno de secado.

Densidad:

Es la cantidad de masa en un determinado volumen, los equipos utilizados para su medición son las copas de densidad y Byk-Gardner.

Poder cubriente:

Es la capacidad que tiene un recubrimiento de enmascarar un objeto.

Apariencia:

Se refiere a los atributos visuales de un acabado, entre los que destacan brillo, nivelación y distinción de imagen.

Dureza:

Es la habilidad de una sustancia sólida a resistir la deformación superficial o abrasión (rayado).

Dureza al lápiz:

Este método de prueba cubre un procedimiento rápido y barato para determinar la dureza de una película que ha sido adecuadamente aplicada y curada en un sustrato específico, en términos de puntillas de grafito o lápices de grafito de una dureza conocida.

Impacto:

Es la capacidad que tiene una superficie para absorber la energía sin que afecte sus propiedades.

Relación P/B:

Es la relación que se tiene entre los sólidos (en masa o en volumen) de pigmentos y los sólidos de la resina. Este determina gran cantidad de propiedades, como, permeabilidad, dureza, resistencia química, adherencia, entre otros.

Hervido:

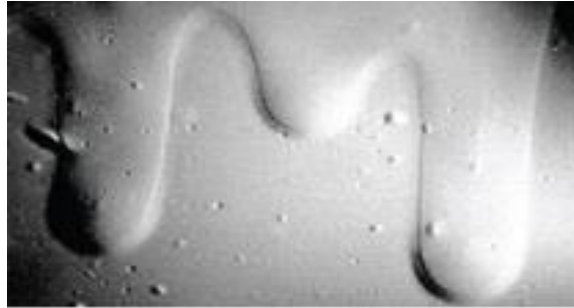
Deterioros en forma de ampollas producidos en la superficie por un disolvente incluido en la película de la pintura debido a las condiciones de curado.

Ecurrido:

Engrosamiento de la pintura en forma de gotas o de ondas de superficies verticales (lágrimas, cortinas).

Figura 2

Esgurrido en la pintura



Nota. Tomado de (PPG Industries, s/f)

Coil coating

Es un proceso de pintura continuo completamente automatizado en el que se aplica un material de recubrimiento sobre una tira de metal laminado, este proceso requiere limpieza e incluso pretratamiento químico sobre la superficie metálica. Su aplicación puede ser simple o múltiple que posteriormente se curan o laminan con películas plásticas permanentes, antes de la transformación de éstas en producto final (Teknokroma, s/f)

El sustrato de acero o aluminio se entrega en forma de bobina desde los laminadores. Los pesos de la bobina pueden variar de 5 a 6 toneladas para el caso de aluminio y de hasta unas 25 toneladas para el acero. La bobina de metal se coloca al principio de la línea de recubrimiento, y en un proceso continuo la bobina se desenrolla, se limpia, trata y prepara previamente, y se repinta antes de volver a enrollar en el otro extremo y empaquetar para su envío. Todo esto sucede a una velocidad de 100 hasta 700 pies por minuto. El proceso cuenta con dos acumuladores de tiras al principio y al final de la línea que permiten que el proceso sea continuo y que se puedan agregar nuevas bobinas y quitar las terminadas mediante un proceso de costura de metal sin interferir en la velocidad del proceso o detener la línea. (National Coil Coating Association, s/f)

Este proceso continuo puede aplicar hasta tres capas de recubrimiento separadas sobre uno o ambos lados de un sustrato de tira de metal. Estas tiras de metal pueden tener de ancho de 46 a 152 cm. Sin embargo, todas comparten el mismo proceso.

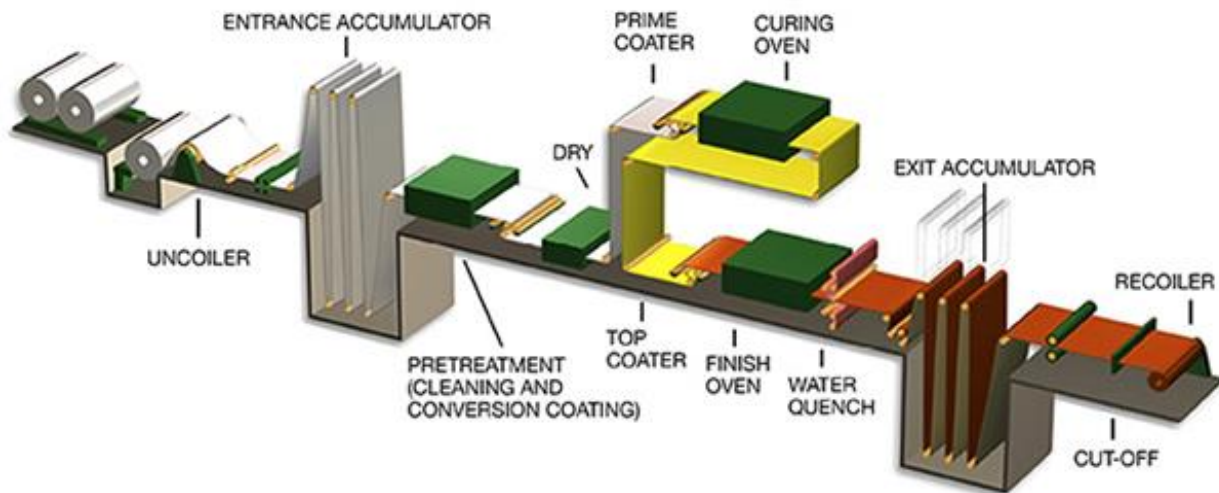
La línea de recubrimiento de bobinas consta de desbobinadoras, acumulador de banda de entrada, limpieza, pretratamiento químico, aplicación de capa de imprimación, curado, aplicación de capa final, acumulador de salida y enrolladores.

Los siguientes pasos se llevan a cabo en una línea de recubrimiento moderna:

- Coser la tira a la bobina anterior
- Limpieza de la tira
- Cepillado eléctrico
- Pre-tratamiento con productos químicos
- Secado de la tira
- Aplicación de imprimación en uno o ambos lados
- Curado (a menudo solo de 15 a 60 segundos)
- Enfriamiento de la tira
- Recubrimiento superior en uno o ambos lados
- Segundo curado
- Enfriamiento a temperatura ambiente
- Rebobinado de la bobina recubierta

Figura 3

Proceso de Coil Coating.



Nota. Tomado de (National Coil Coating Asociation, s/f)

Figura 4

Sustrato en aplicación de Coil Coating.



Nota. Tomado de (National Coil Coating Association, s/f)

Esta tecnología tiene muchas ventajas respecto a los sistemas de pinturas habituales, principalmente en lo que se refiere a la adherencia y uniformidad de las capas aplicadas, protección contra la intemperie, y muy buen color y brillo.

Los recubrimientos aplicados en coil coating son poliésteres, plastisoles, poliuretanos, fluoruros de polivinilideno (PVDF), epoxis, imprimaciones, capas de respaldo y películas laminadas. Los recubrimientos forman el vínculo esencial entre el pretratamiento y el revestimiento de acabado.

Aplicaciones:

Se utiliza en una amplia variedad de productos como: paneles de construcción, techos de metal, paneles de pared, puertas de garaje, muebles de oficina, electrodomésticos, calefacción y aires acondicionados, paneles y conductos, máquinas expendedoras, equipos de servicio de alimentos, latas de cocina, latas de bebidas y piezas de automóviles (tanques de combustible, paneles de carrocería y parachoques).

Algunos recubrimientos complejos de alta tecnología también se encuentran dentro de las aplicaciones de coil coating, como materiales de techos de metal frío, paneles de construcción que devoran el smog, productos antimicrobianos, piezas metálicas anticorrosivas y paneles solares.

Este tipo de recubrimientos se aplican en capas muy precisas, delgadas y uniformes y hace que algunos recubrimientos complejos sean factibles y más rentables. Este metal prepintado se forma casi como el plástico, permitiendo lograr diseños únicos y expresivos usando metal.

Industrias más influenciadas por el coil coating:

La construcción para aplicaciones en interiores y exteriores.

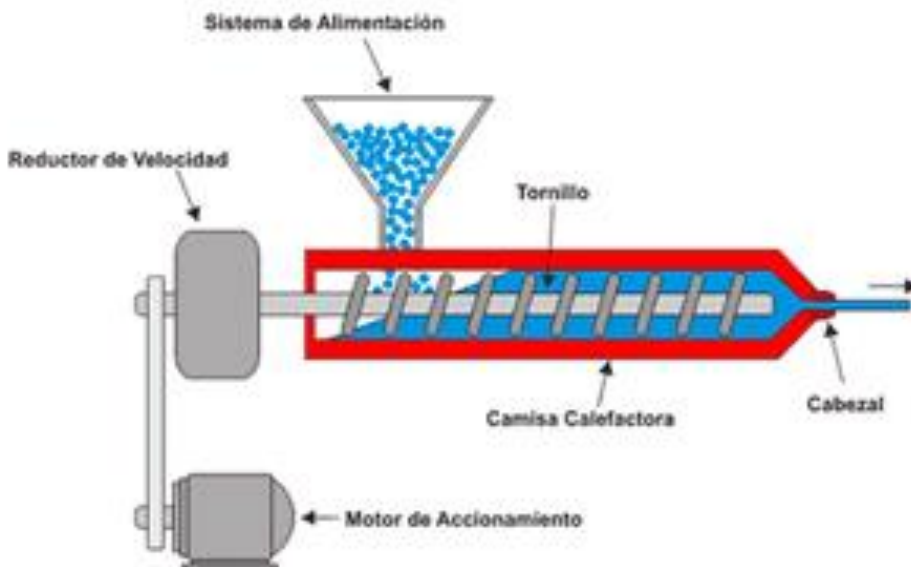
- Automotriz y de transporte.
- Producción de electrodomésticos.
- Armarios para artículos electrónicos.
- Muebles de oficina.
- Sobres de iluminación.
- Utensílios para hornear.

Extrusión

Es un proceso continuo en el cual los productos acabados se obtienen forzando material fundido a través de una herramienta de conformación (hileras, cabezal de extrusión, orificio). El recubrimiento por extrusión de resina desde una matriz ranurada a temperaturas de hasta 320°C directamente sobre una banda en movimiento, que luego debe pasar a través de un rodillo de presión cubierto de goma y un rodillo de enfriamiento cromado, el cual se encarga de enfriar la película de pintura fundida y volverla a estado sólido, además de encargarse del acabado de la superficie. El material utilizado en el proceso de extrusión se caracteriza por un alto nivel de viscosidad, y los productos se obtienen con una sección transversal de la forma deseada.

Figura 5

Proceso de extrusión.



Nota. Tomado de (Spiegato, s/f)

La extrusión puede considerarse como un complejo proceso físico-químico que tiene lugar bajo la influencia de fuerzas mecánicas, alta temperatura y humedad.

Las materias primas procesadas se calientan por el calor que se libera durante el proceso de superar la fricción interna y la deformación del material, y también debido al calentamiento externo.

Los parámetros variables del proceso de extrusión son la composición y la humedad del material que se está procesando, así como la presión, temperatura, intensidad y duración de la exposición a las materias primas.

Los principales métodos de extrusión incluyen la formación en frío, el tratamiento térmico y el método de “extrusión en caliente”. (AM GROUP, s/f)

Pinturas de demarcación vial:

Las pinturas de demarcación vial están diseñadas para demarcar y señalizar los pavimentos, se aplican sobre asfalto, pavimento, concreto y otras superficies similares. Están especialmente elaborados para resistir la abrasión y el tráfico vehicular. Esta se encuentra formulada con resinas acrílicas lo que les da una excelente adherencia, rápido secado, dureza, resistencia a los rayos UV, a los hongos y a la alcalinidad. Es utilizada en la señalización de vías peatonales, de circulación tanto pública como privada e incluso en hospitales. (Pinturas Super, s/f)

Método de aplicación: (Perupaint Group, s/f)

Preparación de la superficie:

Se debe aplicar sobre superficies limpias y ásperas para facilitar su adherencia. Se recomienda lavar las superficies con detergente y posteriormente enjuagar para eliminar cualquier tipo de contaminación. En el caso de las superficies lisas se deben tratar con equipos mecánicos para promover su rugosidad, también aplicar un chorro en seco de material abrasivo o de una solución ácida y luego neutralizar y enjuagar con agua limpia.

Aplicación de la pintura:

Debe ser agitada antes de usarse, además se debe aplicar y curar de acuerdo a las recomendaciones del fabricante de la pintura.

Equipo de aplicación de pintura:

Se debe usar un equipo tipo rociador que funcione a presión con alimentación constante. Cada depósito de pintura debe contar con un agitador mecánico o manual y cada boquilla debe estar equipada con válvulas de cierre, además debe tener un dispensador automático de esferas o microesferas de vidrio las cuales funcionaran simultáneamente con la boquilla rociadora, para la distribución de esferas y/o microesferas en forma uniforme a una velocidad definida. Las boquillas también deben estar equipadas con cubiertas metálicas para protegerlas del viento.

3 Metodología

Preparación e inducción:

Esta fue la etapa inicial del proyecto, donde se dieron las herramientas básicas para llevar a cabo el mismo y la capacitación en el manejo de equipos.

Observación y estudio:

Durante esta etapa se conocieron y estudiaron las tres normas que aplican para los segmentos de coil y extrusión, AAMA 2603-21, AAMA 2604-21 y AAMA 2605-20.

Implementación y estandarización:

Luego de estudiar las normas que aplican para los segmentos de coil y extrusión, se organizó y se tabulo la información de forma clara y concisa para facilitar su interpretación. Posterior a esto, se inició el proceso de implementación de cada una de estas normas, analizando las pruebas de calidad requeridas por cada una de ellas y adaptándolas según las condiciones de la empresa y los requerimientos de los clientes.

Las pruebas de calidad de las normas requieren del uso de diversos equipos y materiales:

- Cinta.
- Cuchilla.
- Data color o XRite.
- Brillómetro.
- Lápiz Samford Prismacolor.
- Impacto Gardner o equivalente.
- Ácido clorhídrico.
- Vidrio de reloj.
- Mortero.
- Detergente.
- Ácido nítrico.
- Limpiavidrios.
- Cabina para resistencia a la humedad.
- QUV.

- Cámara salina.
- Medidor de corriente de Foucault o equivalente.
- Arena.
- Tornillo de banco.

Transferencia tecnológica:

La transferencia tecnológica de estos productos se llevó a cabo a partir de varios procesos.

Consecución de materias primas:

Para el desarrollo de estas transferencias tecnológicas o localizaciones fue necesario conseguir materias primas tanto locales como importadas, estos productos utilizan la misma resina (vehículo), al ser productos de la misma familia. Las materias primas necesarias fueron:

- Resinas.
- Aditivos.
- Solventes.
- Pigmentos.

Preparación de los productos:

En esta etapa se llevan a cabo las transferencias tecnológicas de cada uno de los productos.

Transferencia tecnológica N°1:

Tabla 2.

Composición transferencia tecnológica N°1.

<u>Materia Prima</u>
Resinas
Aditivos
Pigmentos
Solventes

Transferencia tecnológica N°2:

Tabla 3.

Composición transferencia tecnológica N°2.

<u>Materia Prima</u>
Resinas
Aditivos

Pigmentos

Solventes

Transferencia tecnológica N°3:

Tabla 4.

Composición transferencia tecnológica N°2.

Materia Prima

Resinas

Aditivos

Pigmentos

Solventes

Transferencia tecnológica N°4:

Tabla 5.

Composición transferencia tecnológica N°4.

Materia Prima

Resinas

Aditivos

Pigmentos

Solventes

Transferencia tecnológica N°5:

Tabla 6.

Composición transferencia tecnológica N°5.

Materia Prima

Resinas

Aditivos

Pigmentos

Solventes

Transferencia tecnológica N°6:

Tabla 7.

Composición transferencia tecnológica N°6.

Materia Prima

Resinas

Aditivos

Pigmentos

Solventes

Transferencia tecnológica N°7:

Tabla 8.

Composición transferencia tecnológica N°7.

Materia Prima

Resinas

Aditivos

Pigmentos

Solventes

Pruebas y evaluaciones de los productos:

Posterior a la transferencia de los siete productos, se realizó el certificado de calidad para cada uno de estos productos, donde se evaluaron las propiedades que se muestran en la **Tabla 9**.

Tabla 9.

Propiedades certificado de calidad.

Propiedad a evaluar

Molienda final

Viscosidad

Kilo galón

% solidos

Espesor de película

Brillo 60 grados

Adherencia cuadrícula

Dureza lápiz

Flexibilidad T

Resistencia al impacto

Resistencia a los solventes

dL

da

db

de

Además de las propiedades de las pinturas para el certificado de calidad, se cuentan con otras pruebas como lo son: intemperismo, resistencia a la corrosión, resistencia a la abrasión, las

cuales se desglosan en diversas pruebas, las cuales constan de diferentes características según la norma sobre la cual se esté rigiendo cada producto de las tres mencionadas anteriormente.

Implementación método de evaluación pigmentos de demarcación vial:

Para la evaluación de los pigmentos del segmento de demarcación vial, se utilizó un método con el que ya se contaba en la empresa para la evaluación de otros pigmentos. El método consiste en un debilitador, perlas, el pigmento de evaluación y el equipo, los cuales se agregaron en las cantidades que se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10.

Método de evaluación de pigmentos

Producto	Cantidad (g)
Pigmento	5,12
Debilitador	119,8
Perlas	100

La variable en este diseño de experimentos fue el tiempo de agitación, variando entre 1 hora, 2 horas y 3 horas.

4 Resultados

Estandarización e implementación de las normas de Coil y Extrusión:

Para la implementación y estandarización de las normas AAMA 2603-21, AAMA 2604-21 y AAMA 2605-20 se desarrollaron unas tablas que facilitan su interpretación y permitieron llevar a cabo de forma adecuada las pruebas de calidad de cada una de estas normas. Esta información tabulada se encuentra en las **Tabla 11**, **Tabla 12** y **Tabla 13**.

Tabla 11.

Norma AAMA 2603-21.

AAMA 2603-21				
Prueba	Descripción	Criterio de aprobación	Equipos	Comentarios
Uniformidad de color	Verificar las muestras aleatoriamente visualmente bajo una fuente de luz informe, en múltiples ángulos. Utilizar métodos instrumentales para obtener un adecuado criterio.	Uniformidad del color consiste con la gama de colores o con el valor numérico según lo establecido.	Data color	La desviación máxima sugerida es $2\Delta E_H$. El color y la apariencia del acabado pueden variar según la aplicación de fabrica debido a las variaciones del proceso diario.
Brillo especular	Usar el medidor de brillo 60°, las muestras deben cumplir los requerimientos mínimos de espesor de película seca.	Brillo alto de 80 o más, medio de 20 a 79, bajo de 19 o menos.	Brillometro	Los valores de brillo deben estar dentro de ± 5 unidades de la especificación del fabricante.
Dureza de película seca	Pele la madera del lápiz de dureza mínima grado H, dejando expuesto una longitud de 6mm a 10mm como máximo. Aplane el punto de la mina 90° usando papel lija. Sostenga formando un grado de 45° con la superficie de la película y empújelo hacia adelante aplicando tanta presión hacia adelante como se pueda sin romper la mina.	El revestimiento deberá cumplir con la dureza mínima al rayado H.	Lápiz Stanford Prismacolor Turquoise o equivalente.	
Adhesión de película	Se cortan líneas paralelas con una cuchilla afilada, formando una cuadrícula y adhiriendo una cinta especificada y retirándola en un ángulo específico. Cualquier pérdida de película de recubrimiento dentro de	Según el desprendimiento se determina un porcentaje de adherencia, basándose en los datos establecidos. El criterio de aprobación debe ser del 100%	Cuchilla, cinta	Esta prueba se debe realizar, en adhesión en seco que es como se describe inicialmente. También se debe realizar en adhesión en agua hirviendo, sumergiendo el sustrato en agua desionizada a $T = 100^\circ\text{C}$,

	la rejilla se cuantifica y se clasifica. Este método se utiliza para espesores inferiores a 125 micras. Para espesores mayores a 125 micras, se realiza un corte en X.			durante 20 minutos y se repite la prueba de adhesión en seco dentro de los 5 minutos. Y adhesión en humedad, donde se sumerge por 24 horas y se repite la prueba de adhesión en seco dentro de los 5 minutos.
Resistencia al impacto	Con un probador de impacto de punta redonda, aplique una carga directamente a la superficie recubierta con la fuerza suficiente para deformar la muestra de prueba un mínimo de 3mm + 0,3mm Aplique cinta especificada según ASTM D3359, sobre el área de deformación presionando firmemente contra el revestimiento para eliminar los vacíos y las bolsas de aire. Tire bruscamente de la cinta en ángulo recto con respecto al plano de la superficie que está probando.	No debe haber remoción de la película del sustrato.	Impacto Gardner, Cinta	Las piezas de prueba deben estar a una temperatura ambiente de aproximadamente 18°C a 27°C. Se permiten grietas diminutas en el perímetro del área cóncava del panel de prueba, pero no debe ser evidente la eliminación del recubrimiento.
Resistencia química	Resistencia al ácido muriático: Aplique 10 gotas de una solución al 10% de ácido muriático (37% de ácido clorhídrico de grado comercial) en agua del grifo y cúbralo con un vidrio de reloj, con el lado convexo hacia arriba. La sln ácida y la prueba se realizarán a una temperatura de 18°C a 27°C. Después de una exposición de 15min, lávese con agua corriente del grifo.	No debe haber ampollas ni cambios visuales en la apariencia cuando se examine a simple vista.	Ácido muriático, vidrio de reloj	No habrá ampollas ni cambios visuales en la apariencia cuando se examine a simple vista

	<p>Resistencia del mortero: Prepare el mortero mezclando 75g de cal de construcción y 225g de arena seca, ambos pasándolos a través de una pantalla de alambre de malla 10 con suficiente agua, aproximadamente 100g, para hacer una pasta blanda. Aplique inmediatamente porciones húmedas de mortero aproximadamente 1300mm² de área y 12 mm de espesor a las muestras de aluminio recubiertas y déjelo durante 24 horas. Se aplica inmediatamente cinta y se retira bruscamente formando un ángulo recto respecto al plano de la superficie.</p>	<p>No debe haber pérdida de adhesión en la película, ni cambio visual en la apariencia cuando se examine a simple vista</p>	<p>Mortero, cinta</p>	<p>El mortero se desprenderá fácilmente de la superficie pintada y cualquier residuo se podrá eliminar con un paño húmedo. Cualquier residuo de cal debe eliminarse fácilmente con la sln de ácido muriático al 10%. Puede aparecer una ligera mancha o decoloración en los revestimientos anaranjados, amarillos o metálicos. Humedad relativa del 100% a 38°C.</p>
	<p>Resistencia a los detergentes: Se prepara una sln de detergente al 3% haciendo uso de agua destilada. Se sumergen dos sustratos de prueba en la solución de detergente a 38°C por 72 horas. Se retiran y se secan las muestras y se aplica inmediatamente cinta y se retira bruscamente formando un ángulo recto respecto al plano de la superficie.</p>	<p>No debe haber pérdida de adhesión de la película al metal, ni formación de ampollas, ni cambios visuales significativos.</p>	<p>Detergente, cinta</p>	<p>Si se tiene formación de ampollas visibles, entonces el área ampollada debe ser sellada y calificada</p>
<p>Resistencia a la corrosión</p>	<p>Resistencia a la humedad: Exponga la muestra en una cabina a un calor y humedad controlado por 1500 horas a 38°C (100°F) y 100% de humedad relativa con la cabina.</p>	<p>No debe haber formación de ampollas en una extensión mayor que pocas ampollas de tamaño N°8 como se muestra en ASTM D714.</p>	<p>Cabina</p>	<p>La cabina debe operar con la norma ASTM D2247 o ASTM D4585/D4585M.</p>

	<p>Prueba de corrosión cíclica: Marque la película lo suficientemente profundo para exponer el metal base usando un cuchillo afilado o un instrumento de hoja. Exponga la muestra durante 1000 horas de acuerdo con ASTM 685 (Anexo 5), prueba de niebla. Retire y seque la muestra. Aplique inmediatamente cinta y retire en ángulo recto respecto al plano de la superficie que está probando.</p>	<p>Habrá una clasificación mínima de ampollas de ocho dentro del campo de la muestra de prueba, de acuerdo con las tablas, obtenidas de ASTM D1654.</p>	<p>Cámara salina, cinta</p>	<p>Se recomienda el uso de una rejilla plástica reglada como ayuda para evaluar este tipo de falla. Se sugiere una cuadrícula de 6mm(1/4in) como la más práctica para la muestra habitual. Al usar la cuadrícula, el número de cuadros en los que se encuentran uno o más puntos de falla se relaciona con el número total de cuadros que cubren el área significativa del sustrato para obtener una cifra porcentual como se usa en la tabulación.</p>
<p>Intemperismo</p>	<p>Exponga seis muestras que representen productos típicos en un estante de exposición durante (1) año en el sur de Florida en un ángulo de 45° hacia el sur. El sitio de exposición debe estar tierra adentro al menos a 3,2Km.</p>	<p>No habrá grietas, cuarteaduras o pérdida de adherencia después de encintar y solo una ligera tiza y una leve decoración.</p>		<p>Se operará de acuerdo con ASTM G7/G7M</p>

<p>Prueba de doblado en T para la flexibilidad del recubrimiento</p>	<p>La muestra recubierta debe tener al menos 51 mm de un lado a otro en la dirección de doblado, por 152 mm. La temperatura del sustrato de prueba debe ser de 18° a 27°C. Asegure aproximadamente 13 a 19 mm de la muestra en las mordazas de un tornillo de banco o plantilla de sujeción. Doblar el extremo libre del espécimen 90° de manera suave y uniforme para que el recubrimiento quede en el exterior del espécimen después de doblarlo. Continúe doblando hasta que el metal esté completamente doblado sobre sí mismo, formando un arco de 180°. Esta es una curva 0-T. Después de completar cada curva aplique cinta y retírela en un ángulo de 90°.</p>	<p>Habrà un mínimo de 2-T de flexibilidad sin despegue en el área de la curva. Exprese el doblado en T sin desprendimiento como el número de espesores alrededor de los cuales se dobla el metal. Se permiten grietas diminutas en el borde del área doblada del panel de prueba, pero no debe ser evidente que se desprenda la pintura. La prueba es válida hasta el punto de ruptura del sustrato.</p>	<p>Cinta, tornillo de banco</p>	<p>Método doblado en T, según la norma ASTM D4145. Continúe doblando el extremo libre alrededor del primero (0-T) curva para completar una curva de 180°. Esto forma una curva 1-T. Continúe doblando el extremo libre alrededor de la primera curva (0-T) para formar un ángulo de 90° curva; esto forma una curva 2-T.</p>
<p>Resistencia al impacto</p>	<p>Impacto directo: Con un probador de impacto de punta redonda. Aplique una carga directamente a la superficie recubierta que cree una deformación mínima de 3 mm ± 0,3 mm. Luego de esto aplique cinta sobre la deformación y retire en un ángulo de 90°.</p>	<p>No habrá eliminación de la película en el sustrato.</p>	<p>Probador de impacto, cinta</p>	<p>Las piezas de prueba deben estar a temperatura ambiente, aproximadamente entre 18°C y 27°C.</p>

	Impacto inverso: Con un probador de impacto de punta redonda. Aplique una carga en la parte posterior de la superficie revestida que crea una deformación que es tres veces el espesor del metal. Luego aplique la cinta y retírela formando un ángulo de 90°.	No habrá eliminación de la película del sustrato. Se permiten grietas diminutas en el perímetro del área convexa del panel de prueba, pero no debe ser evidente que se desprenda la pintura. La prueba es válida hasta el punto de ruptura del sustrato.	Probador de impacto, cinta	Las piezas de prueba deben estar a temperatura ambiente, aproximadamente entre 18°C y 27°C. Ejemplo: Si el espesor del aluminio es de 0,70mm (0,0276in), multiplique el espesor del metal por 0,45 (1000) para obtener una carga en m-Kg (in-lb). $0,70\text{mm} \times 0,45 = 0,315 \text{ m-kg}$ necesarios. Dejar caer un peso de 1 kg una distancia de 0,315 m. ($0,0276 \text{ in} \times 1000 = 27.6 \text{ in lbs}$ requeridos) (Deje caer un peso de 2 libras a una distancia de 13,8 pulgadas).
--	--	--	----------------------------	---

Nota. Adaptado de (PPG Industries, 2021)

Tabla 12.

Norma AAMA 2604-21.

Prueba	AAMA 2604-21			
	Descripción	Criterio de aprobación	Equipos	Comentarios
Uniformidad de color	Verificar las muestras aleatoriamente visualmente bajo una fuente de luz informe, en múltiples ángulos. Utilizar métodos instrumentales para obtener un adecuado criterio.	Uniformidad del color consiste con la gama de colores o con el valor numérico según lo establecido.	Data color o Xrite	La desviación máxima sugerida es $2\Delta E_H$. El color y la apariencia del acabado pueden variar según la aplicación de fabrica debido a las variaciones del proceso diario.
Brillo especular	Usar el medidor de brillo 60°, las muestras deben cumplir los requerimientos mínimos de espesor de película seca.	Brillo alto de 80 o más, medio de 20 a 79, bajo de 19 o menos.	Brillometro	Los valores de brillo deben estar dentro de ± 5 unidades de la especificación del fabricante.

<p>Dureza de película seca</p>	<p>Pele la madera del lápiz de dureza mínima grado F, dejando expuesto una longitud de 6mm a 10mm como máximo. Aplane el punto de la mina 90° usando papel lija. Sostenga formando un grado de 45° con la superficie de la película y empújelo hacia adelante aplicando tanta presión hacia adelante como se pueda sin romper la mina.</p>	<p>El revestimiento deberá cumplir con la dureza mínima al rayado F.</p>	<p>Lápiz Stanford Prismacolor Turquoise o equivalente.</p>	
<p>Adhesión de película</p>	<p>Se cortan líneas paralelas con una cuchilla afilada, formando una cuadrícula y adhiriendo una cinta especificada y retirándola en un ángulo específico. Cualquier pérdida de película de recubrimiento dentro de la rejilla se cuantifica y se clasifica. Este método se utiliza para espesores inferiores a 125 micras. Para espesores mayores a 125 micras, se realiza un corte en X.</p>	<p>Según el desprendimiento se determina un porcentaje de adherencia, basándose en los datos establecidos. El criterio de aprobación debe ser del 100%</p>	<p>Cuchilla, cinta</p>	<p>Esta prueba se debe realizar, en adhesión en seco que es como se describe inicialmente. También se debe realizar en adhesión en agua hirviendo, sumergiendo el sustrato en agua desionizada a T = 100°C, durante 20 minutos y se repite la prueba de adhesión en seco dentro de los 5 minutos. Y adhesión en humedad, donde se sumerge por 24 horas y se repite la prueba de adhesión en seco dentro de los 5 minutos.</p>
<p>Resistencia al impacto</p>	<p>Con un probador de impacto de punta redonda, aplique una carga directamente a la superficie recubierta con la fuerza suficiente para deformar la muestra de prueba un mínimo de 3mm + 0,3mm Aplique cinta especificada según ASTM D3359, sobre el área de deformación presionando firmemente contra el revestimiento para eliminar</p>	<p>No debe haber remoción de la película del sustrato.</p>	<p>Impacto Gardner, Cinta</p>	<p>Las piezas de prueba deben estar a una temperatura ambiente de aproximadamente 18°C a 27°C. Se permiten grietas diminutas en el perímetro del área cóncava del panel de prueba, pero no debe ser evidente la eliminación del recubrimiento.</p>

	los vacíos y las bolsas de aire. Tire bruscamente de la cinta en ángulo recto con respecto al plano de la superficie que está probando.			
Resistencia química	Resistencia al ácido muriático: Aplique 10 gotas de una sln al 10% de ácido muriático (37% de ácido clorhídrico de grado comercial) en agua del grifo y cúbralo con un vidrio de reloj, con el lado convexo hacia arriba. La sln ácida y la prueba se realizarán a una temperatura de 18°C a 27°C. Después de una exposición de 15min, lávese con agua corriente del grifo.	No debe haber ampollas ni cambios visuales en la apariencia cuando se examine a simple vista.	Ácido clorhídrico, vidrio de reloj	No habrá ampollas ni cambios visuales en la apariencia cuando se examine a simple vista
	Resistencia del mortero: Prepare el mortero mezclando 75g de cal de construcción y 225g de arena seca, ambos pasándolos a través de una pantalla de alambre de malla 10 con suficiente agua, aproximadamente 100g, para hacer una pasta blanda. Aplique inmediatamente porciones húmedas de mortero aproximadamente 1300mm ² de área y 12 mm de espesor a las muestras de aluminio recubiertas y déjelo durante 24 horas. Se aplica inmediatamente cinta y se retira bruscamente formando un ángulo recto respecto al plano de la superficie.	No debe haber perdida de adhesión en la película, ni cambio visual en la apariencia cuando se examine a simple vista	Mortero, cinta	El mortero se desprenderá fácilmente de la superficie pintada y cualquier residuo se podrá eliminar con un paño húmedo. Cualquier residuo de cal debe eliminarse fácilmente con la sln de ácido muriático al 10%. Puede aparecer una ligera mancha o decoloración en los revestimientos anaranjados, amarillos o metálicos.

	Resistencia a los detergentes: Se prepara una solución de detergente al 3% haciendo uso de agua destilada. Se sumergen dos sustratos de prueba en la solución de detergente a 38°C por 72 horas. Se retiran y se secan las muestras y se aplica inmediatamente cinta y se retira bruscamente formando un ángulo recto respecto al plano de la superficie.	No debe haber perdida de adhesión de la película al metal, ni formación de ampollas, ni cambios visuales significativos.	Detergente, cinta	Si se tiene formación de ampollas visibles, entonces el área ampollada debe ser sellada y calificada
	Resistencia al ácido nítrico: Se llena una botella de boca ancha de 237mL hasta la mitad con ácido nítrico, grado reactivo ACS al 70%. Se coloca sobre la boca de la botella un sustrato con el lado pintado hacia abajo, durante 30 minutos. Luego de esto se enjuaga la muestra con agua del grifo, se seque, se deja reposar durante una hora y se mide cualquier cambio de color.	No debe haber más de 5 unidades ΔEH de cambio de color, al comparar las mediciones en la superficie pintada expuesta al ácido y la superficie no expuesta	Ácido nítrico, botella de boca ancha.	La prueba debe realizarse a una temperatura de 18°C a 27°C y a una humedad relativa de <50%.
	Resistencia al limpiador de ventanas: De una solución de limpiavidrios preparada previamente, se aplican 10 gotas a la superficie pintada e inmediatamente se cubre con un vidrio de reloj. Deje reposar la prueba durante 24 horas, luego enjuague la muestra con agua del grifo. Se registra la apariencia visual y se realiza la adhesión en seco.	No habrá ampollas ni cambios perceptibles en la apariencia cuando se examine a simple vista y no habrá remoción de la película.	Limpiador de ventanas, vidrio de reloj, cinta.	Dejar reposar 4 horas antes de realizar adhesión en seco.
Resistencia a la corrosión	Resistencia a la humedad: Exponga la muestra en un gabinete con calor y humedad controlados durante 3000	No debe haber formación de ampollas en una extensión mayor que "Pocas" ampollas	Cabina	La cabina debe operar con la norma ASTM D2247 o ASTM D4585/D4585M.

	<p>horas a 38 °C (100 °F) y 100 % de humedad relativa en la cabina.</p>	<p>Tamaño No. 8, como se muestra en ASTM D714</p>		
	<p>Prueba de corrosión cíclica: Marque la película lo suficientemente profundo para exponer el metal base usando un cuchillo afilado o un instrumento de hoja. Exponga la muestra durante 1000 horas de acuerdo con ASTM 685, Anexo A5, prueba de niebla (secado cíclico de electrolito diluido). Retire y seque la muestra. Aplique inmediatamente cinta especificada según ASTM D3359 de 20mm (3/4in) y retire en ángulo recto respecto al plano de la superficie que está probando.</p>	<p>Debe haber una calificación mínima de 7 en los bordes grabados o cortados, y una calificación mínima de ampolla de 8 dentro del campo de la muestra de prueba, de acuerdo con las siguientes tablas:</p>	<p>Cámara salina, cinta</p>	<p>Se recomienda el uso de una rejilla plástica reglada como ayuda para evaluar este tipo de falla. Se sugiere una cuadrícula de 6 mm (1/4 in) como la más práctica para la muestra habitual. Al usar la cuadrícula, el número de cuadrados en los que se encuentran uno o más puntos de falla se relaciona con el número total de cuadrados que cubren el área significativa del sustrato para obtener una cifra porcentual tal como se usa en la tabulación.</p>

Intemperismo	Exponga seis muestras que representen productos típicos en un estante de exposición durante (5) años en el sur de Florida en la latitud 27° Norte en un ángulo de 45° hacia el sur, manteniendo y operando de acuerdo con ASTM G7/G7M. El sitio de exposición debe estar tierra adentro al menos a 3,2Km.	No habrá grietas, cuarteaduras o pérdida de adherencia después de encintar y solo una ligera tiza y una leve decoración		El tiempo transcurrido cuando el revestimiento está fuera de la valla de prueba para su evaluación u otros fines, no se contará como parte de la exposición mínima de cinco años.
	Retención de color: Para colores sólidos, promedie al menos tres medidas separadas; para colores variados, haga un promedio de al menos seis medidas separadas. El cambio de color se medirá en la superficie pintada expuesta que se ha limpiado de depósitos externos con agua limpia y un paño suave, y se comparará con los valores iniciales obtenidos antes de la exposición o con las medidas de una muestra de archivo retenida.	No debe haber un máximo de 5ΔEH unidades de cambio de color después de la prueba de exposición mínima de cinco años según lo mencionado anteriormente.	Data color o Xrite	Las mediciones de color instrumentales se realizarán de acuerdo con ASTM E805. La ecuación de diferencia de color ΔEH, se encuentra en la sección X1.1.1 del Apéndice de la norma ASTM D2244.
	Marcado con tiza: El caleo se medirá sobre una superficie pintada expuesta y sin lavar.	La resistencia a la tiza deberá ser mayor o igual a la representada por una clasificación No. 8, después de la exposición del sitio de prueba durante cinco años.		Según la norma ASTM D4214.

	Retención de brillo: Después de la exposición a la intemperie, mida el brillo a 60° de las áreas expuestas y no expuestas de un panel de exposición del sitio de prueba siguiendo la norma ASTM D523.	La retención de brillo deberá ser de un mínimo del 30 % después de la prueba de exposición de cinco años, expresada como:	Medidor de brillo	No se permite fregar mucho ni pulir para restaurar la superficie cuando se realizan mediciones de brillo.
	Resistencia a la erosión: Después de la exposición a la intemperie, mida el espesor de la película seca de las áreas expuestas y adyacentes no expuestas de los paneles de exposición utilizando un medidor de corriente de Foucault u otros métodos instrumentales de igual precisión.	La pérdida de película debe ser menor del 10% después de la prueba de exposición mencionada anteriormente, expresada como un porcentaje de pérdida de película total:	Medidor de corriente	Según la norma ASTM B244.
Resistencia a la abrasión	Usando el método de prueba de caída de arena, el procedimiento de abrasión debe llevarse a cabo con hasta 40L de arena o hasta que el revestimiento se elimine por abrasión como se define en la norma. Si el revestimiento resiste 40L de arena, se detendrá el ensayo. Si se desgasta a menos de 40L de arena a través del revestimiento se calcula el coeficiente de abrasión.	Coeficiente de abrasión (litros por mil) =V/T Donde, V: volumen de arena utilizado en litros T = espesor del recubrimiento en milésimas de pulgada. El revestimiento deberá soportar un volumen de 40L de arena o se calculará y registrará el valor del coeficiente de abrasión del revestimiento.	Arena	Según la norma ASTM D968.

<p>Prueba de doblado en T para la flexibilidad del recubrimiento</p>	<p>La muestra recubierta debe tener al menos 51 mm de un lado a otro en la dirección de doblado, por 152 mm. La temperatura del sustrato de prueba debe ser de 18° a 27°C. Asegure aproximadamente 13 a 19 mm de la muestra en las mordazas de un tornillo de banco o plantilla de sujeción. Doblar el extremo libre del espécimen 90° de manera suave y uniforme para que el recubrimiento quede en el exterior del espécimen después de doblarlo. Continúe doblando hasta que el metal esté completamente doblado sobre sí mismo, formando un arco de 180°. Esta es una curva 0-T. Después de completar cada curva aplique cinta y retírela en un ángulo de 90°.</p>	<p>Habrà un mínimo de 2-T de flexibilidad sin despegue en el área de la curva. Exprese el doblado en T sin desprendimiento como el número de espesores alrededor de los cuales se dobla el metal. Se permiten grietas diminutas en el borde del área doblada del panel de prueba, pero no debe ser evidente que se desprenda la pintura. La prueba es válida hasta el punto de ruptura del sustrato.</p>	<p>Cinta, tornillo de banco</p>	<p>Método doblado en T, según la norma ASTM D4145. Continúe doblando el extremo libre alrededor del primero (0-T) curva para completar una curva de 180°. Esto forma una curva 1-T. Continúe doblando el extremo libre alrededor de la primera curva (0-T) para formar un ángulo de 90° curva; esto forma una curva 2-T.</p>
<p>Resistencia al impacto</p>	<p>Impacto directo: Con un probador de impacto de punta redonda. Aplique una carga directamente a la superficie recubierta que cree una deformación mínima de 3 mm ± 0,3 mm. Luego de esto aplique cinta sobre la deformación y retire en un ángulo de 90°.</p>	<p>No habrá eliminación de la película en el sustrato.</p>	<p>Probador de impacto, cinta</p>	<p>Las piezas de prueba deben estar a temperatura ambiente, aproximadamente entre 18°C y 27°C.</p>

	Impacto inverso: Con un probador de impacto de punta redonda. Aplique una carga en la parte posterior de la superficie revestida que crea una deformación que es tres veces el espesor del metal. Luego aplique la cinta y retírela formando un ángulo de 90°.	No habrá eliminación de la película del sustrato. Se permiten grietas diminutas en el perímetro del área convexa del panel de prueba, pero no debe ser evidente que se desprenda la pintura. La prueba es válida hasta el punto de ruptura del sustrato.	Probador de impacto, cinta	Las piezas de prueba deben estar a temperatura ambiente, aproximadamente entre 18°C y 27°C. Ejemplo: Si el espesor del aluminio es de 0,70mm (0,0276in), multiplique el espesor del metal por 0,45 (1000) para obtener una carga en m-Kg (in-lb). $0,70\text{mm} \times 0,45 = 0,315 \text{ m-kg}$ necesarios. Dejar caer un peso de 1 kg una distancia de 0,315 m. ($0,0276 \text{ in} \times 1000 = 27.6 \text{ in lbs}$ requeridos) (Deje caer un peso de 2 libras a una distancia de 13,8 pulgadas).
--	--	--	----------------------------	---

Nota. Adaptado de (PPG Industries, 2021)

Tabla 13.

Norma AAMA 2605-20

AAMA 2605-20				
Prueba	Descripción	Criterio de aprobación	Equipos	Comentarios
Uniformidad de color	Verificar las muestras aleatoriamente visualmente bajo una fuente de luz informe, en múltiples ángulos. Utilizar métodos instrumentales para obtener un adecuado criterio.	Uniformidad del color consiste con la gama de colores o con el valor numérico según lo establecido.	Data color	La desviación máxima sugerida es $2\Delta E_H$. El color y la apariencia del acabado pueden variar según la aplicación de fabrica debido a las variaciones del proceso diario.
Brillo especular	Usar el medidor de brillo 60°, las muestras deben cumplir los requerimientos mínimos de espesor de película seca.	Brillo alto de 80 o más, medio de 20 a 79, bajo de 19 o menos.	Brillometro	Los valores de brillo deben estar dentro de ± 5 unidades de la especificación del fabricante.

<p>Dureza de película seca</p>	<p>Pele la madera del lápiz de dureza mínima grado F, dejando expuesto una longitud de 6mm a 10mm como máximo. Aplane el punto de la mina 90° usando papel lija. Sostenga formando un grado de 45° con la superficie de la película y empújelo hacia adelante aplicando tanta presión hacia adelante como se pueda sin romper la mina.</p>	<p>El revestimiento deberá cumplir con la dureza mínima al rayado F.</p>	<p>Lápiz Stanford Prismacolor Turquoise o equivalente.</p>	
<p>Adhesión de película</p>	<p>Se cortan líneas paralelas con una cuchilla afilada, formando una cuadrícula y adhiriendo una cinta especificada y retirándola en un ángulo específico. Cualquier pérdida de película de recubrimiento dentro de la rejilla se cuantifica y se clasifica. Este método se utiliza para espesores inferiores a 125 micras. Para espesores mayores a 125 micras, se realiza un corte en X.</p>	<p>Según el desprendimiento se determina un porcentaje de adherencia, basándose en los datos establecidos. El criterio de aprobación debe ser del 100%</p>	<p>Cuchilla, cinta</p>	<p>Esta prueba se debe realizar, en adhesión en seco que es como se describe inicialmente. También se debe realizar en adhesión en agua hirviendo, sumergiendo el sustrato en agua desionizada a T = 100°C, durante 20 minutos y se repite la prueba de adhesión en seco dentro de los 5 minutos. Y adhesión en humedad, donde se sumerge por 24 horas y se repite la prueba de adhesión en seco dentro de los 5 minutos.</p>
<p>Resistencia al impacto</p>	<p>Con un probador de impacto de punta redonda, aplique una carga directamente a la superficie recubierta con la fuerza suficiente para deformar la muestra de prueba un mínimo de 3mm + 0,3mm Aplique cinta especificada según ASTM D3359, sobre el área de deformación presionando firmemente contra el revestimiento para eliminar</p>	<p>No debe haber remoción de la película del sustrato.</p>	<p>Impacto Gardner, Cinta</p>	<p>Las piezas de prueba deben estar a una temperatura ambiente de aproximadamente 18°C a 27°C. Se permiten grietas diminutas en el perímetro del área cóncava del panel de prueba, pero no debe ser evidente la eliminación del recubrimiento.</p>

	los vacíos y las bolsas de aire. Tire bruscamente de la cinta en ángulo recto con respecto al plano de la superficie que está probando.			
Resistencia química	Resistencia al ácido muriático: Aplique 10 gotas de una sln al 10% de ácido muriático (37% de ácido clorhídrico de grado comercial) en agua del grifo y cúbralo con un vidrio de reloj, con el lado convexo hacia arriba. La sln ácida y la prueba se realizarán a una temperatura de 18°C a 27°C. Después de una exposición de 15min, lávese con agua corriente del grifo.	No debe haber ampollas ni cambios visuales en la apariencia cuando se examine a simple vista.	Ácido muriático, vidrio de reloj	No habrá ampollas ni cambios visuales en la apariencia cuando se examine a simple vista
	Resistencia del mortero: Prepare el mortero mezclando 75g de cal de construcción y 225g de arena seca, ambos pasándolos a través de una pantalla de alambre de malla 10 con suficiente agua, aproximadamente 100g, para hacer una pasta blanda. Aplique inmediatamente porciones húmedas de mortero aproximadamente 1300mm ² de área y 12 mm de espesor a las muestras de aluminio recubiertas y déjelo durante 24 horas. Se aplica inmediatamente cinta y se retira bruscamente formando un ángulo recto respecto al plano de la superficie.	No debe haber perdida de adhesión en la película, ni cambio visual en la apariencia cuando se examine a simple vista	Mortero, cinta	El mortero se desprenderá fácilmente de la superficie pintada y cualquier residuo se podrá eliminar con un paño húmedo. Cualquier residuo de cal debe eliminarse fácilmente con la sln de ácido muriático al 10%. Puede aparecer una ligera mancha o decoloración en los revestimientos anaranjados, amarillos o metálicos.

	Resistencia a los detergentes: Se prepara una sln de detergente al 3% haciendo uso de agua destilada. Se sumergen dos sustratos de prueba en la solución de detergente a 38°C por 72 horas. Se retiran y se secan las muestras y se aplica inmediatamente cinta y se retira bruscamente formando un ángulo recto respecto al plano de la superficie.	No debe haber perdida de adhesión de la película al metal, ni formación de ampollas, ni cambios visuales significativos.	Detergente, cinta	Si se tiene formación de ampollas visibles, entonces el área ampollada debe ser sellada y calificada
	Resistencia al ácido nítrico: Se llena una botella de boca ancha de 237mL hasta la mitad con ácido nítrico, grado reactivo ACS al 70%. Se coloca sobre la boca de la botella un sustrato con el lado pintado hacia abajo, durante 30 minutos. Luego de esto se enjuaga la muestra con agua del grifo, se seque, se deja reposar durante una hora y se mide cualquier cambio de color.	No debe haber más de 5 unidades Δ EH de cambio de color, al comparar las mediciones en la superficie pintada expuesta al ácido y la superficie no expuesta	Ácido nítrico, botella de boca ancha.	La prueba debe realizarse a una temperatura de 18°C a 27°C y a una humedad relativa de <50%.
	Resistencia al limpiador de ventanas: De una solución de limpiavidrios preparada previamente, se aplican 10 gotas a la superficie pintada e inmediatamente se cubre con un vidrio de reloj. Deje reposar la prueba durante 24 horas, luego enjuague la muestra con agua del grifo. Se registra la apariencia visual y se realiza la adhesión en seco.	No habrá ampollas ni cambios perceptibles en la apariencia cuando se examine a simple vista y no habrá remoción de la película.	Limpiador de ventanas, vidrio de reloj, cinta.	Dejar reposar 4 horas antes de realizar adhesión en seco.
Resistencia a la corrosión	Exponga la muestra en un gabinete con calor y humedad controlados durante 3000	No debe haber formación de ampollas en una extensión mayor que "Pocas" ampollas	Cabina	La cabina debe operar con la norma ASTM D2247 o ASTM D4585/D4585M.

	<p>horas a 38 °C (100 °F) y 100 % de humedad relativa en la cabina.</p>	<p>Tamaño No. 8, como se muestra en ASTM D714</p>		
	<p>Prueba de corrosión cíclica: Marque la película lo suficientemente profundo para exponer el metal base usando un cuchillo afilado o un instrumento de hoja. Exponga la muestra durante 1000 horas de acuerdo con ASTM 685, Anexo A5, prueba de niebla (secado cíclico de electrolito diluido). Retire y seque la muestra. Aplique inmediatamente cinta especificada según ASTM D3359 de 20mm (3/4in) y retire en ángulo recto respecto al plano de la superficie que está probando.</p>	<p>Debe haber una calificación mínima de 7 en los bordes grabados o cortados, y una calificación mínima de ampolla de 8 dentro del campo de la muestra de prueba, de acuerdo con las siguientes tablas:</p>	<p>Cámara salina, cinta</p>	<p>Se recomienda el uso de una rejilla plástica reglada como ayuda para evaluar este tipo de falla. Se sugiere una cuadrícula de 6 mm (1/4 in) como la más práctica para la muestra habitual. Al usar la cuadrícula, el número de cuadrados en los que se encuentran uno o más puntos de falla se relaciona con el número total de cuadrados que cubren el área significativa del sustrato para obtener una cifra porcentual tal como se usa en la tabulación.</p>

Intemperismo	Exponga seis muestras que representen productos típicos en un estante de exposición durante (10) años en el sur de Florida en la latitud 27° Norte en un ángulo de 45° hacia el sur, manteniendo y operando de acuerdo con ASTM G7/G7M. El sitio de exposición debe estar tierra adentro al menos a 3,2Km.	No habrá grietas, cuarteaduras o pérdida de adherencia después de encintar y solo una ligera tiza y una leve decoración		El tiempo transcurrido cuando el revestimiento está fuera de la valla de prueba para su evaluación u otros fines, no se contará como parte de la exposición mínima de cinco años.
	Retención de color: Para colores sólidos, promedie al menos tres medidas separadas; para colores variados, haga un promedio de al menos seis medidas separadas. El cambio de color se medirá en la superficie pintada expuesta que se ha limpiado de depósitos externos con agua limpia y un paño suave, y se comparará con los valores iniciales obtenidos antes de la exposición o con las medidas de una muestra de archivo retenida.	No debe haber un máximo de 5ΔEH unidades de cambio de color después de la prueba de exposición mínima de cinco años según lo mencionado anteriormente.	Data color o Xrite	Las mediciones de color instrumentales se realizarán de acuerdo con ASTM E805. La ecuación de diferencia de color ΔEH, se encuentra en la sección X1.1.1 del Apéndice de la norma ASTM D2244.
	Marcado con tiza: El caleo se medirá sobre una superficie pintada expuesta y sin lavar.	La resistencia a la tiza deberá ser mayor o igual a la representada por una clasificación No. 8, después de la exposición del sitio de prueba durante cinco años.		Según la norma ASTM D4214.

	Retención de brillo: Después de la exposición a la intemperie, mida el brillo a 60° de las áreas expuestas y no expuestas de un panel de exposición del sitio de prueba siguiendo la norma ASTM D523.	La retención de brillo deberá ser de un mínimo del 50 % después de la prueba de exposición de cinco años, expresada como:	Medidor de brillo	No se permite fregar mucho ni pulir para restaurar la superficie cuando se realizan mediciones de brillo.
	Resistencia a la erosión: Después de la exposición a la intemperie, mida el espesor de la película seca de las áreas expuestas y adyacentes no expuestas de los paneles de exposición utilizando un medidor de corriente de Foucault u otros métodos instrumentales de igual precisión.	La pérdida de película debe ser menor del 10% después de la prueba de exposición mencionada anteriormente, expresada como un porcentaje de pérdida de película total:	Medidor de corriente	Según la norma ASTM B244.
Resistencia a la abrasión	Usando el método de prueba de caída de arena, el procedimiento de abrasión debe llevarse a cabo con hasta 80L de arena o hasta que el revestimiento se elimine por abrasión como se define en la norma. Si el revestimiento resiste 80L de arena, se detendrá el ensayo. Si se desgasta a menos de 80L de arena a través del revestimiento se calcula el coeficiente de abrasión.	Coefficiente de abrasión (litros por mil) = V/T Donde, V: volumen de arena utilizado en litros T = espesor del recubrimiento en milésimas de pulgada. El revestimiento deberá soportar un volumen de 80L de arena o se calculará y registrará el valor del coeficiente de abrasión del revestimiento.	Arena	Según la norma ASTM D968.

<p>Prueba de doblado en T para la flexibilidad del recubrimiento</p>	<p>La muestra recubierta debe tener al menos 51 mm de un lado a otro en la dirección de doblado, por 152 mm. La temperatura del sustrato de prueba debe ser de 18° a 27°C. Asegure aproximadamente 13 a 19 mm de la muestra en las mordazas de un tornillo de banco o plantilla de sujeción. Doblar el extremo libre del espécimen 90° de manera suave y uniforme para que el recubrimiento quede en el exterior del espécimen después de doblarlo. Continúe doblando hasta que el metal esté completamente doblado sobre sí mismo, formando un arco de 180°. Esta es una curva 0-T. Después de completar cada curva aplique cinta y retírela en un ángulo de 90°.</p>	<p>Habrà un mínimo de 2-T de flexibilidad sin despegue en el área de la curva. Exprese el doblado en T sin desprendimiento como el número de espesores alrededor de los cuales se dobla el metal. Se permiten grietas diminutas en el borde del área doblada del panel de prueba, pero no debe ser evidente que se desprenda la pintura. La prueba es válida hasta el punto de ruptura del sustrato.</p>	<p>Cinta, tornillo de banco</p>	<p>Método doblado en T, según la norma ASTM D4145. Continúe doblando el extremo libre alrededor del primero (0-T) curva para completar una curva de 180°. Esto forma una curva 1-T. Continúe doblando el extremo libre alrededor de la primera curva (0-T) para formar un ángulo de 90° curva; esto forma una curva 2-T.</p>
<p>Resistencia al impacto</p>	<p>Impacto directo: Con un probador de impacto de punta redonda. Aplique una carga directamente a la superficie recubierta que cree una deformación mínima de 3 mm ± 0,3 mm. Luego de esto aplique cinta sobre la deformación y retire en un ángulo de 90°.</p>	<p>No habrá eliminación de la película en el sustrato.</p>	<p>Probador de impacto, cinta</p>	<p>Las piezas de prueba deben estar a temperatura ambiente, aproximadamente entre 18°C y 27°C.</p>

	<p>Impacto inverso: Con un probador de impacto de punta redonda. Aplique una carga en la parte posterior de la superficie revestida que crea una deformación que es tres veces el espesor del metal. Luego aplique la cinta y retírela formando un ángulo de 90°.</p>	<p>No habrá eliminación de la película del sustrato. Se permiten grietas diminutas en el perímetro del área convexa del panel de prueba, pero no debe ser evidente que se desprenda la pintura. La prueba es válida hasta el punto de ruptura del sustrato.</p>	<p>Probador de impacto, cinta</p>	<p>Las piezas de prueba deben estar a temperatura ambiente, aproximadamente entre 18°C y 27°C. Ejemplo: Si el espesor del aluminio es de 0,70mm (0,0276in), multiplique el espesor del metal por 0,45 (1000) para obtener una carga en m-Kg (in-lb). $0,70\text{mm} \times 0,45 = 0,315 \text{ m-kg}$ necesarios. Dejar caer un peso de 1 kg una distancia de 0,315 m. ($0,0276 \text{ in} \times 1000 = 27.6 \text{ in lbs}$ requeridos) (Deje caer un peso de 2 libras a una distancia de 13,8 pulgadas).</p>
--	---	---	-----------------------------------	---

Nota. Adaptado de (PPG Industries, 2021)

Transferencia tecnológica:

Los siete productos que se habían propuesto para localizarse se realizaron con éxito, en promedio debieron realizarse de 7 a 10 ensayos por cada uno de ellos, para llegar a los resultados esperados. Para cada uno de los productos se realizaron las pruebas del certificado de calidad.

Tabla 14.

Resultado certificado de calidad transferencia tecnológica N°1.

Propiedad a evaluar	Resultado
Molienda final	Aprueba
Viscosidad	Aprueba
Kilo galón	Aprueba
% solidos	Aprueba
Espesor de pelicula	Aprueba
Brillo 60 grados	Aprueba
Adherencia cuadrícula	Aprueba
Dureza lapiz	Aprueba
Flexibilidad T	Aprueba
Resistencia al impacto	Aprueba
Resistencia a los solventes	Aprueba
dL	Aprueba
da	Aprueba
db	Aprueba
de	Aprueba

Tabla 15.

Resultado certificado de calidad transferencia tecnológica N°2.

Propiedad a evaluar	Resultado
Molienda final	Aprueba
Viscosidad	Aprueba
Kilo galón	Aprueba
% solidos	Aprueba
Espesor de pelicula	Aprueba
Brillo 60 grados	Aprueba

Adherencia cuadrícula	Aprueba
Dureza lápiz	Aprueba
Flexibilidad T	Aprueba
Resistencia al impacto	Aprueba
Resistencia a los solventes	Aprueba
dL	Aprueba
da	Aprueba
db	Aprueba
de	Aprueba

Tabla 16.

Resultado certificado de calidad transferencia tecnológica N°3.

Propiedad a evaluar	Resultado
Molienda final	Aprueba
Viscosidad	Aprueba
Kilo galón	Aprueba
% sólidos	Aprueba
Espesor de película	Aprueba
Brillo 60 grados	Aprueba
Adherencia cuadrícula	Aprueba
Dureza lápiz	Aprueba
Flexibilidad T	Aprueba
Resistencia al impacto	Aprueba
Resistencia a los solventes	Aprueba
dL	Aprueba
da	Aprueba
db	Aprueba
de	Aprueba

Tabla 17.

Resultado certificado de calidad transferencia tecnológica N°4.

Propiedad a evaluar	Resultado
----------------------------	------------------

Molienda final	Aprueba
Viscosidad	Aprueba
Kilo galón	Aprueba
% solidos	Aprueba
Espesor de pelicula	Aprueba
Brillo 60 grados	Aprueba
Adherencia cuadrícula	Aprueba
Dureza lapiz	Aprueba
Flexibilidad T	Aprueba
Resistencia al impacto	Aprueba
Resistencia a los solventes	Aprueba
dL	Aprueba
da	Aprueba
db	Aprueba
de	Aprueba

Tabla 18.

Resultado certificado de calidad transferencia tecnológica N°5.

Propiedad a evaluar	Resultado
Molienda final	Aprueba
Viscosidad	Aprueba
Kilo galón	Aprueba
% solidos	Aprueba
Espesor de pelicula	Aprueba
Brillo 60 grados	Aprueba
Adherencia cuadrícula	Aprueba
Dureza lapiz	Aprueba
Flexibilidad T	Aprueba
Resistencia al impacto	Aprueba
Resistencia a los solventes	Aprueba
dL	Aprueba
da	Aprueba

db	Aprueba
de	Aprueba

Tabla 19.

Resultado certificado de calidad transferencia tecnológica N°6.

Propiedad a evaluar	Resultado
Molienda final	Aprueba
Viscosidad	Aprueba
Kilo galón	Aprueba
% solidos	Aprueba
Espesor de pelicula	Aprueba
Brillo 60 grados	Aprueba
Adherencia cuadrícula	Aprueba
Dureza lapiz	Aprueba
Flexibilidad T	Aprueba
Resistencia al impacto	Aprueba
Resistencia a los solventes	Aprueba
dL	Aprueba
da	Aprueba
db	Aprueba
de	Aprueba

Tabla 20.

Resultado certificado de calidad transferencia tecnológica N°7.

Propiedad a evaluar	Resultado
Molienda final	Aprueba
Viscosidad	Aprueba
Kilo galón	Aprueba
% solidos	Aprueba
Espesor de pelicula	Aprueba
Brillo 60 grados	Aprueba
Adherencia cuadrícula	Aprueba
Dureza lapiz	Aprueba

Flexibilidad T	Aprueba
Resistencia al impacto	Aprueba
Resistencia a los solventes	Aprueba
dL	Aprueba
da	Aprueba
db	Aprueba
de	Aprueba

Método de evaluación de pigmentos

Inicialmente se tomaron dos lotes de pigmento PY-65 al azar, donde se realizaron tres ensayos cada uno de los lotes variando las horas de agitación.

Tabla 21.

Ensayos Lote 3 pigmento PY-65 variando el tiempo de agitación.

PY-65 (Lote 3)			
Deltas leneta vs aluminio			
Tiempo (h)	Deltas leneta vs aluminio		
	ΔL	Δa	Δb
1	0,07	0,14	0,24
2	-0,08	0,1	0,12
3	0	0,05	0,21

Tabla 22.

Ensayos Lote 7 pigmento PY-65 variando el tiempo de agitación.

PY-65 (Lote 7)			
Deltas leneta vs aluminio			
Tiempo (h)	Deltas leneta vs aluminio		
	ΔL	Δa	Δb
1	-0,21	0,05	0,05
2	-0,29	0,11	0,22
3	0,08	0,04	0,08

Con base en los resultados obtenidos, se determinó que el tiempo de agitación óptimo es de 3 horas, ya que permite una mejor homogenización entre el debilitador y el pigmento, dando unas lecturas más exactas.

Tabla 23.

Ensayos Lote 1 pigmento PY-65.

PY- 65 Lote 1 (ensayo 1)			PY- 65 Lote 1 (ensayo 2)		
Deltas leneta vs aluminio			Deltas leneta vs aluminio		
ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb
-0,06	0,13	0,11	0,2	-0,05	-0,01
Comparativo entre los ensayos					
Deltas leneta			Deltas aluminio		
ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb
-0,35	0,4	0,5	-0,09	0,22	0,38

Tabla 24.

Ensayos Lote 2 pigmento PY-65.

PY- 65 Lote 2 (ensayo 1)			PY- 65 Lote 2 (ensayo 2)		
Deltas leneta vs aluminio			Deltas leneta vs aluminio		
ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb
-0,07	0,07	-0,07	-0,2	0,1	0,17
Comparativo entre los ensayos					
Deltas leneta			Deltas aluminio		
ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb
0,24	0,19	0,8	0,11	0,22	1,04

Tabla 25.

Ensayos Lote 3 pigmento PY-65.

PY- 65 Lote 3 (ensayo 1)			PY- 65 Lote 3 (ensayo 2)		
Deltas leneta vs aluminio			Deltas leneta vs aluminio		
ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb
0	0,05	0,21	-0,07	0,02	0,34
Comparativo entre los ensayos					
Deltas leneta			Deltas aluminio		
ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb
-0,02	-0,33	-2,11	-0,09	-0,36	-1,98

Tabla 26.

Ensayos Lote 4 pigmento PY-65.

PY- 65 Lote 4 (ensayo 1)			PY- 65 Lote 4 (ensayo 2)		
Deltas leneta vs aluminio			Deltas leneta vs aluminio		

ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb
0,04	-0,09	-4,28	0,06	0,05	0,15
Comparativo entre los ensayos					
Deltas leneta			Deltas aluminio		
ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb
-0,5	-0,42	-1,61	-0,48	-0,28	2,82

Tabla 27.

Ensayos Lote 5 pigmento PY-65.

PY- 65 Lote 5 (ensayo 1)			PY- 65 Lote 5 (ensayo 2)		
Deltas leneta vs aluminio			Deltas leneta vs aluminio		
ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb
-0,12	0,03	-0,14	-0,01	0,11	0,16
Comparativo entre los ensayos					
Deltas leneta			Deltas aluminio		
ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb
-0,38	-0,74	-2,33	-0,27	-0,66	-2,03

Tabla 28.

Ensayos Lote 6 pigmento PY-65.

PY- 65 Lote 6 (ensayo 1)			PY- 65 Lote 6 (ensayo 2)		
Deltas leneta vs aluminio			Deltas leneta vs aluminio		
ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb
-0,26	0,12	0,44	0,13	0,02	-0,12
Comparativo entre los ensayos					
Deltas leneta			Deltas aluminio		
ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb
-0,56	-0,22	-0,89	-0,17	-0,32	-1,45

Tabla 29.

Ensayos Lote 7 pigmento PY-65.

PY- 65 Lote 7 (ensayo 1)			PY- 65 Lote 7 (ensayo 2)		
Deltas leneta vs aluminio			Deltas leneta vs aluminio		
ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb
-0,21	0,04	0,08	0,26	0,71	0,11
Comparativo entre los ensayos					
Deltas leneta			Deltas aluminio		
ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb

-0,86 -0,07 0,55 -0,39 0,6 0,58

Los pigmentos PY-74 también se evaluaron variando el tiempo de agitación 1, 2 y 3 horas. En este caso se seleccionaron 2 lotes que se evaluaron en los 3 tiempos de agitación y un lote que se trabajó con una agitación de 1 hora y 3 horas.

Tabla 30.

Ensayos Lote 1 pigmento PY-65 variando el tiempo de agitación.

PY-74 (Lote 1)			
Deltas leneta vs aluminio			
Tiempo (h)	Deltas leneta vs aluminio		
	ΔL	Δa	Δb
1	-0,21	0,09	0,29
2	-0,52	-0,05	-0,09
3	-0,16	0	-0,04

Tabla 31.

Ensayos Lote 3 pigmento PY-65 variando el tiempo de agitación.

PY-74 (Lote 3)			
Deltas leneta vs aluminio			
Tiempo (h)	Deltas leneta vs aluminio		
	ΔL	Δa	Δb
1	-0,04	0,32	0,36
2	0,12	0,23	-0,41
3	0,03	0,03	-0,2

Tabla 32.

Ensayos Lote 5 pigmento PY-65 variando el tiempo de agitación

PY-74 (Lote 5)			
Deltas leneta vs aluminio			
Tiempo (h)	Deltas leneta vs aluminio		
	ΔL	Δa	Δb
1	-0,08	0,35	0,21
3	-0,06	0,16	0,22

Al igual que en el caso de los pigmentos PY-65, para estos pigmentos PY-74 también se observa un mejor comportamiento en el tiempo de agitación de 3 horas, debido a que, el debilitador y el pigmento se homogenizan mejor.

Tabla 33.

Ensayos Lote 1 pigmento PY-74.

PY- 74 Lote 1 (ensayo 1)			PY- 74 Lote 1 (ensayo 2)		
Deltas leneta vs aluminio			Deltas leneta vs aluminio		
ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb
-0,16	0	-0,04	0,2	0,04	-0,1
Comparativo entre los ensayos					
Deltas leneta			Deltas aluminio		
ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb
-0,58	-0,01	-0,3	-0,36	0,08	-0,31

Tabla 34.

Ensayo Lote 2 pigmento PY-74.

PY- 74 Lote 2		
Deltas leneta vs aluminio		
ΔL	Δa	Δb
0,14	0,13	-0,2

Tabla 35.

Ensayos Lote 3 pigmento PY-74.

PY- 74 Lote 3 (ensayo 1)			PY- 74 Lote 3 (ensayo 2)		
Deltas leneta vs aluminio			Deltas leneta vs aluminio		
ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb
0,03	0,03	-0,2	0,25	-0,01	-0,23
Comparativo entre los ensayos					
Deltas leneta			Deltas aluminio		
ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb
-0,71	0,34	1,62	-0,49	0,3	1,59

Tabla 36.

Ensayo Lote 4 pigmento PY-74.

PY- 74 Lote 4		
Deltas leneta vs aluminio		
ΔL	Δa	Δb
-0,12	-0,06	0,44

Tabla 37.

Ensayo Lote 5 pigmento PY-74.

PY- 74 Lote 5 (ensayo 1)			PY- 74 Lote 5 (ensayo 2)		
Deltas leneta vs aluminio			Deltas leneta vs aluminio		
ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb
-0,06	0,16	0,22	-0,09	-0,15	0,78
Comparativo entre los ensayos					
Deltas leneta			Deltas aluminio		
ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb
0	0,13	-0,32	-0,03	-0,18	0,24

Tabla 38.

Ensayo Lote 6 pigmento PY-74.

PY- 74 Lote 6 (ensayo 1)			PY- 74 Lote 6 (ensayo 2)		
Deltas leneta vs aluminio			Deltas leneta vs aluminio		
ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb
-0,06	-0,01	0,46	0,31	0,03	-0,11
Comparativo entre los ensayos					
Deltas leneta			Deltas aluminio		
ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb
0,06	0,12	-1,06	0,43	0,16	-1,63

5 Análisis

5.1 Estandarización de las normas

Para la estandarización de las normas, se comenzó con el estudio y análisis de éstas, donde se clasificaron cada una de las pruebas que las constituyen y se observó la forma más adecuada de implementarlas considerando las condiciones de la empresa y los requerimientos de los clientes. Algunas de las pruebas ya se tenían implementadas en la compañía, sin embargo, no se clasificaban, ni se diferenciaban según la norma. El desarrollo de este proyecto permitió conocer más a fondo cada una de las normas, además de que facilitó su interpretación para los técnicos que deben realizar las pruebas. Algunos clientes se rigen bajo la norma AAMA 2603-21, otros bajo la norma AAMA 2604-21 y otros bajo la 2605-20, esta implementación permite que se les cumpla con sus requerimientos y que se les garantice la calidad que ellos esperan.

En algunos casos como la prueba de intemperismo su implementación no fue posible de manera exacta como la describe la norma, debido a sus condiciones tan específicas, sin embargo, se utiliza un equipo de intemperismo acelerado el cual se asemeja a las especificaciones de la norma y permite tener un resultado bastante preciso de acuerdo con lo esperado por las normas.

5.2 Transferencia tecnológica

En la realización de las transferencias tecnológicas, se tuvieron en cuenta varios factores importantes. El primero de estos era que cada una de estas transferencias tecnológicas cumpliera con las especificaciones de calidad que poseen las muestras comercializadas por las otras sedes de PPG, las cuales se rigen bajo éstas tres normas y el segundo requerimiento era alcanzar el mismo tono o color que manejan los estándares (que en este caso sería, una muestra de PPG Estados Unidos), para esto se debieron realizar diversos ensayos y ajustes en cada uno de los productos, para poder obtener una fórmula que cumpliera los requerimientos de tono y de calidad.

Como éstas siete localizaciones se trabajaron bajo las mismas resinas o vehículos, las pruebas como intemperismo, resistencia a la corrosión, resistencia a la abrasión y algunas pruebas de resistencia química se realizaron en un solo sistema de forma exhaustiva, lo cual, permitió garantizar la calidad en las pinturas.

Para cada una de las transferencias tecnológicas se realizaron las pruebas de molienda final, viscosidad, densidad, %sólidos, espesor de película, brillo, adherencia de cuadrícula, dureza lápiz, flexibilidad, resistencia al impacto y resistencia a los solventes que es una prueba de resistencia química, donde todos los productos cumplieron con los rangos de aprobación requeridos. En algunos casos se debió hacer un ajuste de solvente para llegar a los valores de viscosidad esperados, por lo tanto, esto implicó un cambio en la formulación de los productos.

5.3 Evaluación de pigmentos

El método de evaluación de pigmentos de demarcación vial tiene una gran importancia en el desarrollo de los productos, debido a que, los tonos de las pinturas se ven influenciados únicamente por estos y por la relación que haya entre los pigmentos y el ligante. En este caso fue necesario la realización de 36 ensayos en los cuales se evidenció que el método adecuado era el que se tenía anteriormente estandarizado, pero debería aumentarse el tiempo de agitación de 1 a 3 horas, porque esto permite una mejor homogenización entre el debilitador y el pigmento y da lecturas más claras de los absolutos de cada pigmento.

Para comprobar esto se realizaron los corridos de cada ensayo tanto en las lenetas como en las láminas de aluminio y la variación entre los absolutos de un mismo pigmento en estos dos diferentes sustratos, se disminuía considerablemente con este aumento del tiempo. Además de esto, se realizaron dos ensayos por cada lote de los pigmentos, buscando garantizar que este método de evaluación fuera reproducible.

En algunos casos se observa que, aunque el método es reproducible se pueden aumentar un poco los deltas entre un ensayo y el otro, esto se debe a la dispersión del pigmento con el debilitador producto de la agitación que, aunque al aumentar el tiempo de agitación a tres horas mejora mucho, no alcanza a hacer una dispersión total y esto puede generar una variación más grande entre ensayo y ensayo. Sin embargo, este tiempo de agitación determinado se considera el adecuado porque se alcanza una dispersión que permite dar lecturas adecuadas de los absolutos según los requerimientos de este segmento de recubrimientos y no es tan engorroso, ni tan demorado para control calidad su realización.

6 Conclusiones

- La tabulación de las normas de los segmentos coil y extrusión facilitó su interpretación y la implementación de estas al momento de llevar a cabo las pruebas que integran cada una de las normas.
- Cada una de las normas adaptadas se encuentra diseñada para un segmento de clientes, donde la norma AAMA 2603-21 puede considerarse menos estricta respecto a las otras dos normas otorgando a sus pinturas 10 años de garantía, la norma AAMA 2604-21 se considera medianamente estricta, dando a sus productos 15 de garantía y la norma AAMA 2605-20 es la más estricta de estas, donde los productos certificados bajo esta norma tienen garantía de 20 años.
- En los segmentos de coil y extrusión cada producto avalado bajo estas normas cumplió con los estándares de calidad, reafirmando así la calidad de los productos y permitiendo que los clientes tengan tranquilidad a la hora de adquirir los productos.
- Las transferencias tecnológicas requirieron de una cantidad considerable de ensayos, debido a la implementación de nuevas materias primas.
- Los productos localizados tuvieron las características esperadas y pudieron poner en marcha su producción según lo planeado, trayendo consigo un ahorro significativo a la empresa.
- La implementación de un método de evaluación adecuado para los pigmentos facilita el trabajo a control calidad y permite tener unos valores más adecuados al momento de realizar lecturas en los pigmentos, lo cual, es fundamental al momento de obtener un tono específico en un recubrimiento o pintura.

Referencias

AM GROUP. (s/f). *Método de extrusión su proceso y aplicación.*

Charles A. Harper. (2000). *Coatings and Finishes.*

National Coil Coating Association. (s/f). *Process.*

Perupaint Group. (s/f). *Conoce el método de aplicación de pinturas de tráfico.*

Pinturas Super. (s/f). *Pintura tráfico: señalización y demarcación.*

PPG Industries. (s/f). *Curso Básico Pintura Liquida. Recubrimientos metálicos industriales.*

PPG Industries. (2021). *FGIA 2605, 2604, 2603. Coil Aluminum_Finishing_Bundle. .*

Spiegato. (s/f). *¿Qué es el recubrimiento por extrusión?*

Teknokroma. (s/f). *Que hacemos.*