

**CONTROL DEL PROCESO DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS EN
POLVO ELECTROSTÁTICOS PARA LA INDUSTRIA METALMECÁNICA
“METALQUÍMICA COLOMBIANA LTDA.”**

ANDREA PATRICIA CAMACHO CHACÓN

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA
2009**

**CONTROL DEL PROCESO DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS EN
POLVO ELECTROSTÁTICOS PARA LA INDUSTRIA METALMECÁNICA
“METALQUÍMICA COLOMBIANA LTDA.”**

ANDREA PATRICIA CAMACHO CHACÓN

**Trabajo de grado para optar por el título de
INGENIERA QUÍMICA**

**Director
CRISÓSTOMO BARAJAS FERREIRA
INGENIERO QUÍMICO, Msc.**

**Codirector
PEDRO ANDRES MUÑOZ SEGURA
INGENIERO QUÍMICO
Ventas y Servicio técnico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA
2009**

DEDICATORIA

A Dios por permitirme no desfallecer durante los momentos difíciles y darme fortaleza para lograr mi meta, a mis padres Gonzalo Tamacho y Saydeé Chacón por apoyarme incondicionalmente en el desarrollo de mis estudios, a mis hermanos que han sido de gran compañía, a un ser maravilloso que ha llegado a mi vida que es mi motivación y alegría.

AGRADECIMIENTOS

La autora expresa sus agradecimientos a:

A la compañía metalquímica colombiana Ltda. Por darme la oportunidad de iniciar mi experiencia profesional.

Ing. Nancy Aida Díaz Rodríguez por su orientación y confianza.

Ing. Andrés Muñoz por su colaboración, enseñanza, dedicación, y por transmitirme su experiencia para el desarrollo de este proyecto.

A la escuela de Ingeniería Química por brindarme formación profesional.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. DESCRIPCIÓN	3
1.1 OBJETIVOS	3
1.1.1 General	3
1.1.2 Específicos	3
1.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	4
1.3 ALCANCE	4
2. GENERALIDADES	5
2.1 DEFINICIÓN DE LA PINTURA EN POLVO	5
2.2 COMPUESTOS DE LA PINTURA EN POLVO	5
2.2.1 Resinas	5
2.2.2 Endurecedores	6
2.2.3 Pigmentos	6
2.2.4 Aditivos	6
2.2.5 Cargas	6
2.3 NATURALEZAS PINTURAS EN POLVO	7
2.3.1 Híbridadas	7
2.3.2 Poliéster	7
2.3.3 Epóxica	7
2.4 TEXTURAS PINTURAS EN POLVO	8
2.5 PROCESO DE FABRICACIÓN	8
2.6 PRETRATAMIENTO DE LA PIEZA	8
2.7 SISTEMA DE APLICACIÓN	9
2.8 HORNOS DE CURADO	9
3. METODOLOGÍA	11
3.1 METODOLOGÍA GENERAL	11
3.2 METODOLOGÍA ESPECÍFICA	13

3.2.1 ETAPA I Descripción de las normas técnicas colombianas.	13
3.2.1.1 Conocimiento de equipos y proceso de realización de pruebas mecánicas.	14
3.2.2 ETAPA II Identificación de los problemas presentados en la aplicación del recubrimiento.	17
3.2.3 ETAPA III Seguimiento a empresas.	19
3.2.3.1 Realización de termografías.	19
3.2.3.2 Realización de pruebas de rendimiento y medición de espesores del recubrimiento	20
3.2.4 ETAPA VI Análisis de indicador producto no conforme.	20
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS	22
4.1 PROCESO DE REALIZACIÓN DE PRUEBAS MECÁNICAS	22
4.2 ANÁLISIS DE PROBLEMAS Y DEFECTOS DE SUPERFICIE PRESENTADOS EN EL RECUBRIMIENTO Y EN LA PIEZA.	23
4.3 REALIZACIÓN DE TERMOGRAFÍAS PARA DETERMINAR EL ESTADO ACTUAL DEL HORNO DE CURADO.	26
4.3.1 Curva de curado horno estático convección quemador con aire recirculado.	32
4.3.2 Curva de curado horno estático convección de flautas	33
4.3.3 Curva de curado horno continuo convección de quemador.	33
4.4 PRUEBAS DE RENDIMIENTO Y MEDICIÓN DE ESPESORES DEL RECUBRIMIENTO.	34
4.5 ESTRUCTURACIÓN DE INDICADOR QUE RELACIONA LAS NO CONFORMIDADES DEL PRODUCTO.	38
CONCLUSIONES	41
RECOMENDACIONES	43
BIBLIOGRAFÍA	44
ANEXOS	47

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Gráfica de textura lisa.	47
Figura 2. Gráfica de textura gofrada.	47
Figura 3. Gráfica de textura Microtexturizada.	47
Figura 4. Gráfica de Sistema de aplicación.	48
Figura 5. Gráfica de curado de la pintura.	48
Figura 6. Gráfica de metodología empleada.	12
Figura 7. Lectura de espesor.	15
Figura 8. Impacto directo / inverso.	16
Figura 9. Adherencia.	16
Figura 10. Dureza al lápiz.	17
Figura 11. Defectos de aplicación de pinturas en polvo.	48
Figura 12. Termógrafo.	49
Figura 13. Curva de curado Pieza 2 Soporte de Cama horno de convección estático de quemador con aire recirculado Pintutex S.A.	32
Figura 14. Curva de curado Herrajes horno de convección estático de flautas Servex International S.A.	33
Figura 15. Curva de curado Entrepañó horno convección continuo de quemador METALICAS SR. LTDA.	33
Figura 16. Indicador producto no conforme.	39

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Comparación de las características de las naturalezas de pinturas en polvo.	51
Tabla 2. Ensayos realizados en el laboratorio.	51
Tabla 3. Resultados pruebas de laboratorio.	22
Tabla 4. Medición de espesores industrias Saad S.A.	24
Tabla 5. Condiciones de curado de las naturalezas de la pintura.	26
Tabla 6. Resultado de termografías industrias Saad S.A.	27
Tabla 7. Resultado de termografías Metálicas SR Ltda.	28
Tabla 8. Resultado de termografías PINTUTEX S.A.	29
Tabla 9. Resultado de termografías SERVEX INTERNATIONAL S.A.	30
Tabla 10. Especificaciones de rendimiento de la pintura a diferentes espesores y densidades.	34
Tabla 11. Resultados rendimiento KADELL DE COLOMBIA LTDA.	35
Tabla 12. Resultados rendimiento CILGAS S.A.	36
Tabla 13. Resultados rendimiento MUEBLES Y DISEÑOS APH LTDA.	37
Tabla 14. Resultados rendimiento INDUSTRIAS SAAD S.A.	38

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Características Generales de las naturalezas híbridas, poliéster y epóxica de la pintura en polvo.	54
Anexo B. Proceso de Fabricación.	57
Anexo C. Desengrase y fosfatizado en el pretratamiento de la pieza.	58
Anexo D. Pasos de Pretratamiento de la pieza.	60
Anexo E. Ventajas de la pintura en polvo.	62
Anexo F. Sistemas de aplicación.	63
Anexo G. Hornos de curado.	67
Anexo H. Normas Técnicas Colombianas.	69
Anexo I. Resultados de termografías curvas de curado de los hornos.	72
Anexo J. Resultados pruebas de rendimiento.	80
Anexo K. Informe de Indicador producto no conforme.	85

RESUMEN

TÍTULO: CONTROL DEL PROCESO DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS EN POLVO ELECTROSTÁTICOS PARA LA INDUSTRIA METALMECÁNICA. “METALQUÍMICA COLOMBIANA LTDA.”

AUTOR: ANDREA PATRICIA CAMACHO CHACÓN**

PALABRAS CLAVES: Recubrimientos en polvo, NTC, calidad, aplicación, hornos de curado.

El presente trabajo muestra las actividades desarrolladas para la empresa Metalquímica Colombiana Ltda.; apoyadas en las normas técnicas colombianas para el control de calidad de pintura en polvo, las cuales permiten garantizar el buen funcionamiento de los recubrimientos en cuanto a propiedades mecánicas, químicas, color, brillo y textura.

Actualmente este revestimiento está altamente posicionado en el sector metalmecánico, gracias a que disminuye costos, se aplica rápido y produce pocos residuos, minimizando el impacto ambiental; sin embargo, pueden presentarse problemas de aplicación, horneado y fabricación de dichos recubrimientos, por esta razón es necesario hacer un control del proceso de aplicación identificando y analizando defectos causas y posibles soluciones de los problemas presentados dando una solución óptima y eficaz.

Con este trabajo se consiguió hacer un seguimiento detallado a ocho empresas de la industria metalmecánica a las cuales se les prestó asesoría pre y post venta acerca del recubrimiento, dándoles a conocer los defectos presentados por mal pretratamiento de las piezas, aplicación y horneado; Se realizaron termografías para permitirles identificar el estado de las temperaturas dentro del horno y así evitar fallas en el producto terminado.

Se realizó un indicador basado en las no conformidades presentadas por quejas en la calidad del recubrimiento, que permitió de manera objetiva verificar los cambios realizados después de la asesoría a través de una medición en periodos sucesivos, dando así cumplimiento a los estándares de calidad establecidos por las normas técnicas colombianas.

* Proyecto de Grado

** Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director Msc. Crisóstomo Barajas Ferreira. Ingeniero Químico. Codirector Pedro Andrés Muñoz Segura Ingeniero Químico.

ABSTRACT

TITLE: CONTROL OF THE IMPLEMENTATION PROCESS OF ELECTROSTATIC POWDER COATINGS FOR METAL MECHANICAL INDUSTRY. "METALQUÍMICA COLOMBIANA LTDA."*

AUTHOR: ANDREA PATRICIA CAMACHO CHACÓN.**

Keywords: Powder Coatings, NTC, Quality, Apply, Curing ovens.

This paper presents the activities of the company "Metalquímica Colombia Ltda.", supported by Colombian Technical Standards for quality control of powder paint, which ensure the proper functioning of the coatings in terms of mechanical properties, chemical, color, brightness and texture.

Currently, this coating is highly positioned in the metal sector, thanks to decreasing costs, it can be used fast and produces little waste, minimizing environmental impact, however it can present problems in application, baking and manufacture of such coatings, for this reason is necessary to control the implementation process by identifying and analyzing defects, causes and possible solutions to the presented problems offering an effective and optimal solution.

This project achieved a detailed follow-up to eight companies in the metalworking industry to which were provided with advisory on pre and post sales of the coating, letting them identify the defects presented by wrong pre-treatment of the parts, its application and baking. Thermographies were made to enable them to acknowledge the state of the temperature inside the oven and avoid failures in the finished product.

An Indicator was conducted based on complaints filed by non-compliance in the quality of the coating, allowing objectively verify the changes made after the consultation through a measurement in subsequent periods, thereby meeting the quality standards set by Colombian technical standards.

* Degree Work.

** Universidad Industrial de Santander. Physical-Chemical Faculty. Chemical Engineering Department. Director Msc. Crisóstomo Barajas Ferreira. Chemical Engineer. Codirector Pedro Andrés Muñoz Segura. Chemical Engineer.

INTRODUCCIÓN

La práctica empresarial tiene como objetivo fundamental permitir el desarrollo integral del estudiante ya que se aplican los conocimientos adquiridos durante la formación académica.

Metalquímica colombiana Ltda., es una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de recubrimientos en polvo de óptima calidad que cuenta con un sistema de producción bien estructurado, dentro de este sistema se encuentra el departamento de control de calidad que permite determinar si el producto cumple con los requisitos y especificaciones establecidas por las normas técnicas colombianas.

Los sistemas de pinturas están disponibles en una variedad de formas, dos de las cuales son líquidas y en polvo; Sin embargo, el proceso de aplicación y la protección de las superficies resultantes son muy diferentes. La pintura líquida se basa en un solvente para llevar los elementos adecuados a la superficie de la pieza a pintarse; estos solventes se evaporan y dejan un revestimiento sobre el objeto. Las pinturas en polvo no usan solventes y se basan en una carga estática durante la aplicación para depositar los elementos sobre la pieza a pintarse; este tipo de pintura se fusiona a la superficie a través de un proceso de calor que disuelve la pintura para formar una capa pareja de enlaces cruzados.

La pintura en polvo ofrece un revestimiento superior porque los enlaces cruzados que ocurren durante el proceso de calor adhieren las moléculas de la pintura entre sí y también las une al sustrato.

Este proyecto se basa en el control de aplicación de los recubrimientos y contiene de forma específica y detallada los requisitos de realización de las pruebas de

control de calidad del producto, para posterior identificación y seguimiento de los problemas y soluciones presentados, este documento cuenta con cuatro capítulos en los cuales: en el primer capítulo se hace una descripción de los objetivos, cronograma y alcance que permiten una organización para el cumplimiento del proyecto, en el segundo capítulo se hace énfasis en el fundamento teórico de la pintura en polvo sus componentes, tipos, texturas, naturalezas, además del proceso de fabricación , proceso de aplicación y hornos de curado, en el tercer capítulo se presenta la metodología que se llevó a cabo para la realización de este proyecto y por último en el cuarto capítulo se presenta el análisis de los resultados y conclusiones.

1. DESCRIPCIÓN

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 General

- Identificar causa, efecto y solución a los problemas presentados en la aplicación de los recubrimientos en polvo, buscando una alternativa viable y entendible que pueda ser empleada en las empresas del sector metalmecánico.

1.1.2 Específicos

- Conocimiento del proceso de fabricación de pinturas en polvo y las normas que rigen el control de calidad de la pintura.
- Realización de termografías y medición de rendimientos del recubrimiento en polvo en algunas de las empresas de la industria metalmecánica.
- Revisión, seguimiento y asesoría del proceso de aplicación.
- Estructuración del indicador que hace referencia a las no conformidades del producto.

1.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	FECHA					
	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
Conocimiento del proceso de fabricación de pinturas en polvo y las normas que rigen el control de calidad de la pintura.						
Realización de termografías y medición de rendimientos del recubrimiento en diferentes empresas metalmeccánicas.						
Revisión y seguimiento del proceso de aplicación en diferentes empresas metalmeccánicas.						
Identificación y orientación de causa, efecto y solución a los problemas presentados en la aplicación de los recubrimientos en las diferentes empresas metalmeccánicas.						

1.3 ALCANCE

Este documento hace referencia al seguimiento hecho a ocho empresas del sector metalmeccánico a las cuales se les ha presentado problemas de aplicación de la pintura en polvo; este va desde el conocimiento del problema hasta la solución y seguimiento del mismo, con el fin de cumplir con los objetivos propuestos.

2. GENERALIDADES

2.1 DEFINICIÓN DE LA PINTURA EN POLVO

Es un revestimiento orgánico en forma de partículas finas que genera una película uniforme que cubre, decora y protege todo tipo de materiales metálicos tras su aplicación, mediante distintas técnicas de polimerización (el aporte de calor radiación UV, IR); se aplica por medio de una pistola electrostática y el objeto a pintar, una vez que se le ha aplicado la pintura, se introduce en un horno donde se produce el curado y la polimerización.

El sistema de pintado con pintura en polvo se basa en el comportamiento de las fuerzas de las cargas eléctricas en los materiales provenientes de las partículas que componen sus átomos, ya sea su carga positiva o negativa lo que permite que exista el comportamiento de atracción y repulsión, para el caso de pintado con pintura en polvo se cumple la regla de atracción “cargas opuestas se atraen”, por esta razón este tipo de pintura se conocen también como pinturas electrostáticas. Este tipo de pintura se fusiona a la superficie a través de un proceso de calor que disuelve la pintura para formar una capa pareja de enlaces cruzados.

2.2 COMPUESTOS DE LA PINTURA EN POLVO

La pintura en polvo está compuesta por pigmentos, resinas sintéticas, endurecedores (agentes de cura), aditivos y cargas.

2.2.1 Resinas: Es el material base de la pintura que adquiere endurecimiento a temperaturas elevadas; son polímeros que le otorgan el brillo y la mayoría de las propiedades mecánicas a la misma tales como: resistencia química, durabilidad al exterior, resistencia al calor y a la luz, dureza y flexibilidad.

2.2.2 Endurecedores: compuestos que reaccionan con las resinas y permiten que la misma 'cure', es decir polimerice. "El proceso de polimerización o curado es el fenómeno químico-físico mediante el cual se forma y compacta la película del recubrimiento sobre la pieza por la acción de la temperatura"¹.

2.2.3 Pigmentos: compuestos inertes que pueden ser orgánicos ((Ftalocianinas), Metálicos (aluminio), efectos metalizados (micas)) o inorgánicos (Dióxido de titanio, óxidos de hierro), son los que le dan el color a la pintura. Los pigmentos deben resistir las temperaturas de horneado (160°C y 200°C) a las que son sometidos; si el uso de la pieza pintada será al exterior hay que considerar también que deben soportar los rayos ultravioletas.

2.2.4 Aditivos: sustancias químicas orgánicas o inorgánicas que tienen la función de ajustar la fluidez de la pintura para su aplicación. Confieren a la pintura ciertas propiedades en cuanto a su aspecto y acabado; actúan como agente de extensión, desgasificantes, antioxidante (antiamarilleamiento), protección a la radiación U.V, agentes texturizantes.

2.2.5 Cargas: sustancias químicas inertes normalmente inorgánicas que le otorgan características y propiedades especiales al producto para mejorar su aplicación y calidad tales como: aumentar la resistencia al impacto, mejorar la dureza, reducir el efecto de degradación por efecto de los rayos ultravioleta sobre la película y aumentar la resistencia a la abrasión. Las cargas principalmente utilizadas son la barita (sulfato de bario) micronizada o precipitada, y el carbonato de calcio, también micronizado o precipitado y en algunos casos la dolomita (carbonato de calcio y magnesio).

¹ García, Edwin Alejandro. Pinturas Electroestáticas: para el MDF, Bogotá: M&M. 2004

2.3 NATURALEZAS PINTURAS EN POLVO

2.3.1 Híbridas: Pinturas constituidas por resinas poliéster endurecidas con resinas epóxicas, aptas para uso decorativo y funcional en ambientes interiores, es de uso general por su costo. Con ellas se pintan objetos decorativos, muebles interiores, bicicletas, electrodomésticos; poseen elevada resistencia al sobrehorneo y una excelente adherencia sobre superficies metálicas permitiendo el maquinado posterior de la pieza. (Ver anexo A).

2.3.2 Poliéster: Se desarrollaron principalmente para uso exterior en piezas que se expondrán a la intemperie o a la luz solar como: chapas de techos, gabinetes, rejas, muebles exteriores. Las pinturas poliéster en especial las que contienen TGIC (isocianurato de triglicidilo)², combinan buenas propiedades contra la corrosión, buena adhesión a la superficie con apariencia y fuerza mecánica durable. (Ver anexo A).

2.3.3 Epóxica: constituida por resinas epoxi, fueron las primeras desarrolladas especialmente indicadas para resistencia a agentes químicos, no son adecuadas para uso a la intemperie, con estas se pueden pintar: válvulas, sistemas de aire acondicionado, resistores. Poseen una excelente adherencia sobre superficies metálicas. (Ver anexo A).

Existen diferencias en propiedades físicas y químicas en las naturalezas de las pinturas en polvo. (Ver tabla 1).

² TGIC isocianurato de triglicidilo es un polvo blanco se usa como agente de polimerizado en los revestimientos poliéster usados en estructuras expuestas a la intemperie exterior, ya que tiene mucha resistencia a la radiación ultravioleta del sol. Control of exposure to triglycidyl isocyanurate (TGIC) in coating powders, Health and Safety Executive (HSE), Engineering Information Sheet No 15, 1998

2.4 TEXTURAS PINTURAS EN POLVO

La textura define las características superficiales y el acabado del recubrimiento, existen tres texturas que son:

Lisas (figura 1.)

Gofradas (figura 2)

Microtexturizadas (figura 3)

2.5 PROCESO DE FABRICACIÓN

La fabricación de la pintura en polvo se realiza en 4 etapas (ver Anexo B):

- Preparación y mezcla.
- Extrusión.
- Molienda.
- Envasado.

2.6 PRETRATAMIENTO DE LA PIEZA

El proceso de tratamiento de la pieza se basa en dos partes fundamentales que son: desengrase y el fosfatizado (ver anexo C)

El pre tratamiento básicamente proporciona:

- Correcta adherencia de la pintura y protección contra la corrosión.
- Limpieza de aceites, grasas y virutas.
- Conversión química de fosfato de hierro para acero o cromatizado para aluminio.
- Imprimaciones o filmógenos (a base zinc o base cromo complementa las capas de conversión, se combina con limpieza mecánica y/o química, proporciona excelente resistencia a la corrosión).

Existen cuatro pasos de limpieza de la pieza que son: Limpieza, Enjuagues, Capas de conversión y Pasivado ver anexo D.

2.7 SISTEMA DE APLICACIÓN

El sistema de aplicación más común es de recubrimiento electrostático (tiene una serie de ventajas (ver anexo E)), un sistema que posee una fuente de voltaje que genera corriente eléctrica con una tensión de 30 -100KV y la conduce hacia un electrodo ubicado en la pistola de pintura, produciendo la ionización del aire y cargando las partículas de polvo. A medida que la pintura pasa a través del campo electrostático, esta recoge una carga eléctrica positiva y es adherida a la pieza a pintar, ya que está conectada a tierra con carga negativa. (Ver figura 4).

Existen dos tipos de sistemas de aplicación (ver anexo F):

- Sistema de aplicación Corona es el más usado.
- Sistema de aplicación Triboeléctrica.

Dentro del sistema de aplicación encontramos también las cabinas que son:

- Cabina Estacionaria
- Cabina continua
- Cabina tipo ciclón
- Cabina de cinta filtrante.

Cada una de estas se explica y observan en el anexo F.

2.8 HORNOS DE CURADO

Tras la aplicación del polvo las piezas se introducen directamente en un horno para llevar a cabo el proceso de curado “El curado es un proceso mediante el cual se forma la película del recubrimiento sobre la pieza por acción de la temperatura”³, a una temperatura de 180°C durante 10 minutos dependiendo de la naturaleza de la pintura. En este la pintura se polimeriza, sus componentes

³ inpralatina coatings & corrosión control for latin América mayo junio 2004 pag50,

reaccionan, se funden, nivelan y endurecen formando una capa uniforme sobre la pieza .Debido a que la pintura en polvo se cura generalmente a temperatura de 180°C – 200°C, no es posible utilizarla para pintar plástico y otros sustratos sensibles al calor. (Ver figura 5).

Existen tres tipos de horno de polimerizado (ver anexo G):

- Hornos de convección.
- Hornos infrarrojos.
- Hornos ultravioletas.

3. METODOLOGÍA

La metodología aplicada está diseñada para dar un enfoque práctico que permita el fácil entendimiento de los problemas presentados en la aplicación de recubrimientos en polvo, dando así una solución inmediata sin necesidad de detener un sistema de producción.

3.1 METODOLOGÍA GENERAL

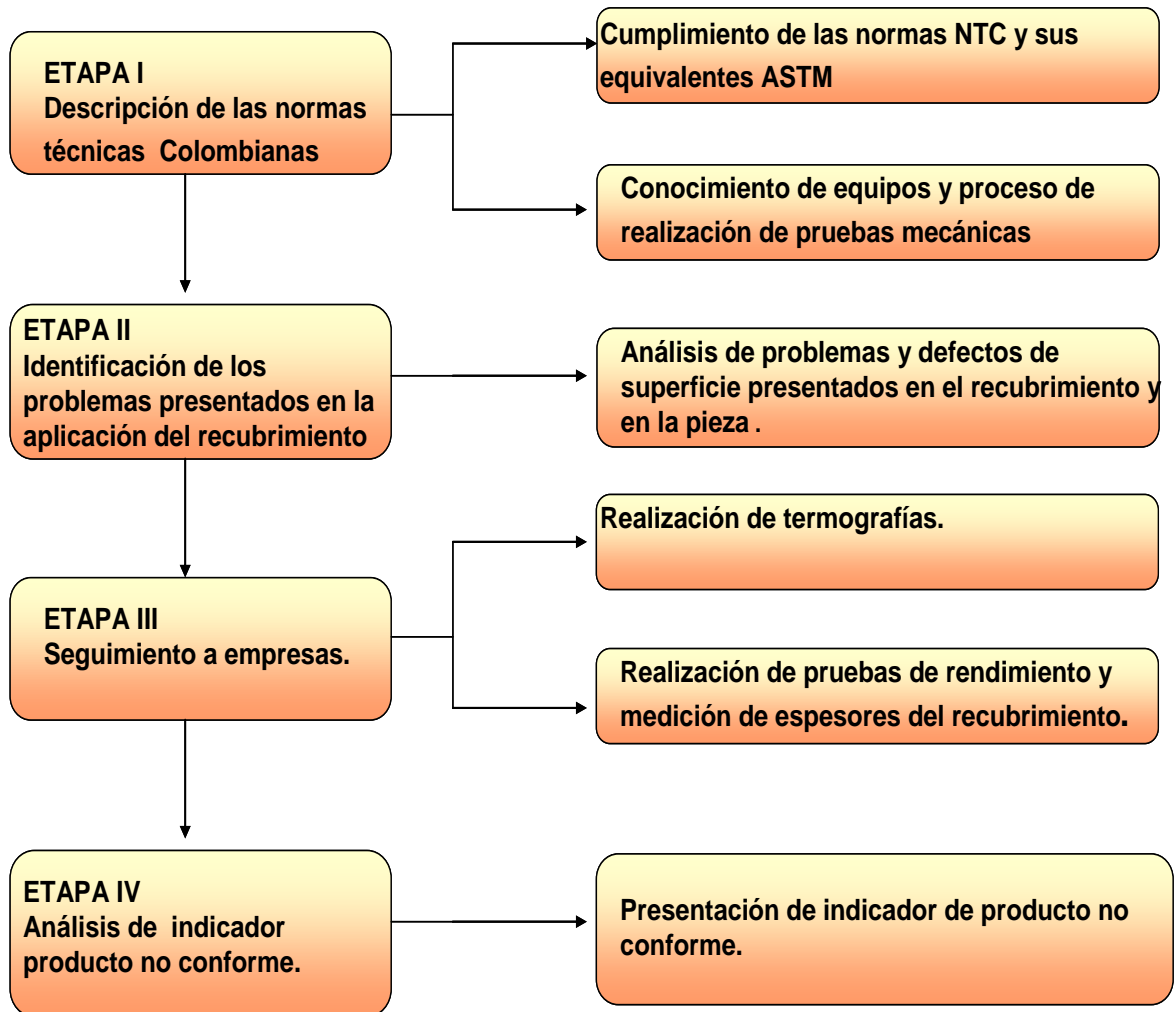
Este proyecto está orientado hacia el entendimiento y soluciones de problemas de aplicación de recubrimientos basado en las normas técnicas colombianas que garantizan la calidad del producto.

Inicialmente se analiza el control de calidad de la pintura teniendo en cuenta las normas que lo rigen, se perciben los problemas presentados en el proceso y aplicación de la pintura tales como: brillo, fluidez, adherencia, resistencia a la corrosión, resistencia al impacto, resistencia al rayado, textura, color, temperatura y tiempo de curado.

Posteriormente se realiza un seguimiento riguroso en las ocho empresas del sector metalmeccánico, se analiza pretratamiento de la pieza, rendimiento, tiempo, temperatura de curado, posibles fallas de contaminación, adherencia, color y textura de la pintura, con base en este análisis se realiza un curso de capacitación para la empresa, el cuál será distribuido entre las empresas que lo requieran.

Se estructurará un indicador que relacione las no conformidades del producto presentadas antes y después de la asesoría sobre el uso de los recubrimientos en polvo de Metalquímica Ltda.

Figura 6. Gráfica de metodología empleada.



3.2 METODOLOGÍA ESPECÍFICA

A continuación se hace una descripción de los pasos que se llevaron a cabo para la ejecución y desarrollo del proyecto:

3.2.1 ETAPA I Descripción de las normas técnicas colombianas.

Esta etapa se realizó para adquirir fundamento teórico en las normas técnicas colombianas, con el fin de lograr una descripción del procedimiento de ensayos mecánicos y lo referente a cada uno para garantizar la calidad del producto, en el anexo H se explica cada una de las normas mencionadas a continuación:

NTC 877 Resistencia de los recubrimientos orgánicos a los efectos de la deformación rápida.

Esta norma toma como referencia la norma ASTM D 2794.

NTC 811 Método de ensayo para medir la adhesión de un recubrimiento mediante el ensayo de cinta.

Esta norma es equivalente a la norma ASTM D 3359-95.

NTC 592 Determinación del brillo especular películas de pintura no metálica a distintos ángulos.

Esta norma es equivalente a la norma ASTM E -430.

NTC 591 Método de ensayo para la medición no destructiva del espesor de película seca de recubrimientos no magnéticos aplicados a una base ferrosa.

Esta norma es equivalente a la norma ASTM D 1186-93.

NTC 1115 Determinación de la flexibilidad de recubrimientos orgánicos-método del mandril.

Esta norma es equivalente a la norma ASTM D 522-93.

NTC 5252 Determinación de la dureza de películas de recubrimientos orgánicos mediante el ensayo del lápiz.

Esta norma es equivalente a la norma ASTM D 3363:2000.

Los ensayos realizados en laboratorio incluyeron pruebas que involucraron cada uno de los métodos reportados en las normas técnicas colombianas, las probetas usadas fueron láminas de acero laminado en frío (cold rolled), las cuales se les realizó un pretratamiento adecuado para garantizar una buena adherencia de la pintura y evitar la aparición de defectos en el recubrimiento, este pretratamiento consistió en limpiar la pieza con un desengrasante fosfatizante; el calibre de la pieza usado fue de 22, a continuación se efectuó el pintado en la cabina. Es importante asegurarse de que la cabina esté totalmente limpia para evitar contaminación de la pintura; después de pintadas las piezas se ubicaron en el horno el cual tenía set point de 180°C, cuando la temperatura del horno se encontraba en 170°C se introdujeron las piezas y se dejaron durante 10 minutos para luego ser retiradas y ubicadas en un sitio ventilado para su enfriamiento.

3.2.1.1 Conocimiento de equipos y proceso de realización de pruebas mecánicas.

- Preparación de probetas de ensayo:

Se prepararon las probetas a pintar garantizando así una buena adherencia de la pintura utilizando desengrasante –desoxidante-fosfatizante DDF-39 es un producto líquido químico concentrado, no inflamable formulado especialmente para desoxidar, desengrasar y fosfatizar en una sola operación en piezas metálicas tipo Cold- Rolled. El proceso de pretratamiento de la superficie se realizó limpiando las piezas con una disolución de DDF-39 en agua, esto permitió que se retirara de la superficie cualquier componente que pudiera impedir la adherencia de la pintura, después de secadas las láminas, estas tomaron un color azulado, lo que garantizó adecuado tratamiento de la pieza.

- Pintado:

El pintado de las láminas se realizó en la cabina de aplicación, para lo cual se prendió el compresor y se purgó el filtro de aire para asegurar que se evacuara el agua condensada y evitar que esta llegara al conducto de aire de la pistola produciendo contaminación de la pintura por residuos de agua, después se colgaron las láminas a pintar en el tubo de cobre que tiene un sistema conductor que provee la carga necesaria para adherencia del recubrimiento, se adicionó pintura en el equipo de aplicación y se aplicó con la pistola seleccionando en el equipo las condiciones de voltaje /amperaje caudal de polvo/aire.

- Horneado:

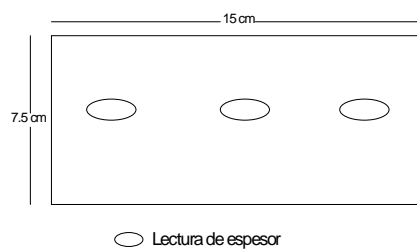
Después de pintadas las piezas se ubican en el horno todas del mismo color para evitar contaminación, el horno con set point en 180°C, se dejó que el horno alcanzara el set point y se introdujeron las piezas por 10 minutos.

ENSAYOS

- Espesor:

Este fue el primer ensayo que se realizó para comprobar que el espesor de la película no se excediera ni estuviera por debajo de lo estipulado en la norma técnica colombiana, se tomaron tres lecturas por cada probeta así:

Figura 7. Lectura de espesor



Estas lecturas se reportaron para sacar el promedio de espesor analizando la influencia de los resultados para los otros ensayos o para determinar el rechazo de la probeta.

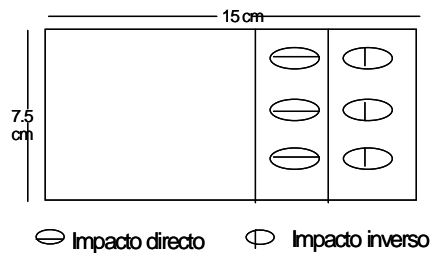
- Brillo:

El ensayo de brillo se realizó tomando 3 lecturas igualmente distribuidas como en la medición del espesor, el equipo proporcionó información relacionada con los datos de color referenciados a un patrón estándar que se almacena en el brillómetro, estos resultados reflejaron la variación de la medición respecto al valor almacenado.

- Impacto:

Este ensayo se realizó ocasionando impactos alturas de 25 cm. y aumentando hasta el punto de falla, todas las pruebas se realizaron con el penetrador de 16,3 mm de diámetro y 1 kg de peso así:

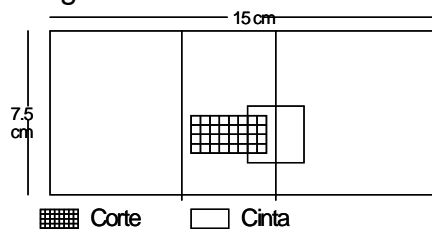
Figura 8. Impacto directo / inverso



- Adherencia:

Se realizó en las probetas haciendo un corte en cuadrícula y aplicando cinta adhesiva así:

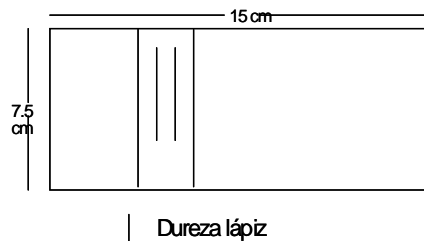
Figura 9. Adherencia



Dureza:

Este ensayo de dureza lápiz se inicio para todas las probetas con el lápiz 6H aumentando de dureza de mina hasta el lápiz que ocasionara deterioro en la película y se registró el inmediatamente anterior como dureza al rasgado, se ensayaron subsecuentemente a esta dureza de lápiz, lápices más duros hasta el lápiz que ocasionara un corte en la película y se registró el inmediatamente anterior como dureza al ranurado, las probetas resistieron todas 6 H y otras 8 H el ensayo se realizó así:

Figura 10. Dureza al lápiz.



- Flexibilidad:

Este se realizó ubicando la probeta de manera horizontal en el mandril de tal manera que cubriera desde el diámetro más pequeño del mandril, ya que entre más pequeño el diámetro hay mas posibilidad de fractura, ninguna de las probetas presentó fractura.

3.2.2 ETAPA II Identificación de los problemas presentados en la aplicación del recubrimiento.

Paralelamente conforme se realizaban la pruebas en el laboratorio se iban identificando los problemas de pretratamiento, aplicación y horneado presentados en la película del recubrimiento, en caso tal que no existiera ningún problema se generaba para tenerlo en cuenta a la hora de dirigirse a una empresa que presentaba algún tipo de queja por un problema.

A medida que se visitaban a las empresas se iban reconociendo los defectos los más comúnmente presentados fueron: (ver figura 11):

- Bits: se presentaban como partículas de suciedad mayores que el espesor de la película, aparecían como picos que sobresalían, podría originarse por condiciones de extrusión o por suciedad del sistema de la línea de aplicación, para solucionar esto se revisó la pintura virgen, la reciclada y la del lecho.
- Fibras: eran pequeñas hebras que se distinguían como 2 o 3 picos próximos se originaba por limpieza de las piezas con trapos o mal pretratamiento de la misma, una solución era evitar secar con trapos y realizar un adecuado pretratamiento.
- Cráteres: eran depresiones de forma redonda en la película, se originaba por contaminación con materiales incompatibles, mal desengrase del sistema de pretratamiento, residuos de grasa, aceite o agua, para solucionar este defecto se revisó que el pretratamiento de las piezas era el adecuado, percatándose de la presencia de materiales incompatibles.
- Picos de Aguja: se veía un punteado fino que se distribuía uniformemente ocasionando una caída de brillo, originada por condiciones de extrusión, se verificaron dichas condiciones.
- Ampollamiento: eran burbujas de aire que quedaban debajo de la película de pintura y al salir una vez la película ya se había polimerizado formaban este defecto, se originaba por residuos provenientes del pretratamiento y posiblemente una mala formulación, la solución fue verificar la calidad del pretratamiento.
- Suciedad: se observaban partículas que se depositaban en la capa final de la pintura se originaba por mala limpieza de la superficie, suciedad en el ambiente o en el horno, para solucionar se hacía una buena limpieza de las piezas.

- Contaminación: aparecían puntos de diferentes colores en la película de recubrimiento se originaba por inadecuada limpieza cuando había cambio de color, la solución era limpiar muy bien equipos, mangueras y sistemas de recuperación.
- Piel de Naranja: apariencia irregular de la pieza, se originaba por espesores de la película demasiado altos o demasiado bajos, posible mala formulación, o malas condiciones de aplicación, la solución era ajustar el espesor de la película y revisar la instalación de aplicación.
- Caja de Faraday: se presentaban lugares de difícil adherencia de la pintura para disminuir este defecto se usaron boquillas, se reducían intensidades de corriente.

3.2.3 ETAPA III Seguimiento a empresas.

Esta etapa se realizó con el fin de hacer un seguimiento a las empresas prestando asesoría en pretratamiento, aplicación y horneo; los parámetros que se tuvieron en cuenta para la realización de esta etapa fueron el rendimiento de la pintura , la temperatura y el tiempo de curado de los hornos, se realizaron termografías las cuales arrojaban las temperaturas dentro del horno a diferentes tiempos y según estos datos se determinaba el estado en que este se encontraba permitiendo así el cumplimiento de las norma técnicas colombianas .

3.2.3.1 Realización de termografías.

Estas pruebas se realizaron con el termógrafo (ver figura 12), se escogieron cuatro empresas que fueron: INDUSTRIAS SAAD S.A, SERVEX INTERNATIONAL S.A, METALICAS S.R LTDA, PINTUTEX S.A. a las cuáles se les analizó el estado del horno, inicialmente se identificó la ubicación de la termocupla en el horno se dispuso de piezas pre-tratadas y no aplicadas a lo largo y ancho del mismo, se ubicaron las sondas sobre las piezas y se conectaron al termógrafo, se encendió y

se guardó en el contenedor metálico cerrado herméticamente, inmediatamente se realizó el horneado según parámetros manejados por las empresas, para saber la curva de temperatura de los hornos se conectó el termógrafo al computador y mediante el software Curve –X EasySoft v2.35 se descargaron los resultados. Las curvas de curado hacen referencia a la temperatura del metal.

Los 5 sensores del termógrafo se ubicaron estratégicamente (Ver anexo I), para tener la temperatura del aire y del metal base en diferentes zonas del horno. En la hoja de reporte (raport) se encuentran las especificaciones de curado y los datos de Temperatura máxima que registra cada sensor.

3.2.3.2 Realización de pruebas de rendimiento y medición de espesores del recubrimiento.

Estas pruebas se realizaron en cuatro empresas: KADELL DE COLOMBIA LTDA. CILGAS S.A, MUEBLES Y DISEÑOS APH, INDUSTRIAS SAAD S.A, se determinaron las dimensiones de las piezas a pintar, se pesó la pintura inicial, una vez las piezas salieron del horno y se encontraban a temperatura ambiente se midieron los espesores con el medidor de espesores, reportando el valor de espesor promedio obtenido por pieza; después que el proceso finalizó se limpio el equipo y se pesaron los finos, el residuo aspirado por el ciclón, del piso de la cabina y la tolva del equipo de aplicación, finalmente para el cálculo del rendimiento de la pintura se halló el área de las piezas, el área total pintada, se calculó el consumo real de pintura utilizada y se usó la siguiente fórmula:

$$R = \text{Área total pintada m}^2 / \text{Pintura real consumida kg.}$$

3.2.4 ETAPA VI Análisis de indicador producto no conforme.

En esta etapa se analizó las no conformidades presentadas del producto por parte de las empresas a las cuales se les hizo el seguimiento, se realizó un indicador

que relacionó las no conformidades antes y después de la asesoría buscando así un mejoramiento que garantice el óptimo funcionamiento del producto.

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los resultados presentados aquí permiten hacer énfasis en las situaciones que requieren atención y los análisis dan solución complementando la información presentada en los resultados.

4.1 PROCESO DE REALIZACIÓN DE PRUEBAS MECÁNICAS

Los ensayos se realizaron secuencialmente para cada probeta comenzando por: espesor, brillo, impacto, adherencia, dureza y flexibilidad, los resultados se presentan en la tabla 2, identificando las condiciones que permiten que cada uno de los ensayos sean aprobados, para aprobación de estos ensayos se requiere: espesor 65-80 micras, brillo dependiendo de la pintura, impacto directo 40 inverso 25 kg.cm², adherencia sin levantamiento de pintura, dureza de mina 3H y flexibilidad sin agrietamiento; a continuación se muestra en la tabla 3 el resumen de las pruebas realizadas.

Tabla 3. Resultados pruebas de laboratorio.

DATOS DE ANALISIS						
COLOR	Espesor de la película (µm)	Color cielab (Δ E)	Impacto directo/ inverso (kg.cm ²)	Adherencia (%)	Dureza al lápiz	Flexibilidad (mm)
Almendra 1013 Liso Bte.	72,1	0,54	40/25	0%	8H	no fractura
Almendra 1013 cw suave.	72,5	0,7	100/100	0%	8H	no fractura
Almendra 007 Mtx.	73,2	0,34	100/100	0%	8H	no fractura
Azul 5113 liso Bte	68,4	0,8	40/40	0%	8H	no fractura
Azul ultramar cw	75,5	0,23	100/100	0%	8H	no fractura
Blanco 001 liso	69,4	0,47	60/60	0%	6H	no fractura
Blanco escarcha cw	72,3	0,33	100/100	0%	8H	no fractura
Blanco 006 Mtx	74,5	0,65	80/80	0%	8H	no fractura
Gris 010 Mtx	69,8	0,39	100/100	0%	8H	no fractura
Gris Agata cw	74,2	0,22	100/100	0%	8H	no fractura
Gris Ansi 70 liso	68,3	0,56	100/80	0%	8H	no fractura
Naranja 003 liso Bte	66,3	0,3	60/60	0%	6H	no fractura
Naranja Señal cw	63,1	0,91	100/100	0%	6H	no fractura
Negro Destello Mtx	72,1	0,4	80/60	0%	6H	no fractura
Negro Liso Bte	75,4	0,54	60/60	0%	6H	no fractura
Negro 009 CW	76,2	0,49	100/100	0%	8H	no fractura

Los resultados presentaron que el espesor de la película se encontraba alrededor de 71,45 micras y el brillo no excede de 1, algunas de las probetas pasaron 100 kg*cm²., en impacto ,esto es por el tipo de naturaleza y color de la pintura, la adherencia en todas las pruebas es buena no se presenta levantamiento del recubrimiento ni agrietamiento, en cuanto a la dureza casi todas las probetas resisten la mina más dura 8H sin rasgado ni rayado en la pieza, algunos colores y texturas son más delicados que otros como es el caso del Almendra 1013 liso y blanco 001 liso estos colores por su tipo de resina y pigmentos hacen que genere en estos fallas en algunas de las propiedades mecánicas como se ve en el impacto no resisten 100 kg *cm². y la dureza; sin embargo en todas las probetas se cumple con lo estipulado en las normas técnicas colombianas.

4.2 ANÁLISIS DE PROBLEMAS Y DEFECTOS DE SUPERFICIE PRESENTADOS EN EL RECUBRIMIENTO Y EN LA PIEZA.

Los defectos presentados entre las empresas que se les realizó el seguimiento fueron: los bits, contaminación, caja de faraday, ampollamiento y piel de naranja.

En seguida se describen algunas eventualidades ocurridas durante el seguimiento hecho a las empresas:

En la empresa industrias Saad S.A dedicada a la producción y comercialización de estanterías, vigas y equipos de gimnasio se les presentó piel de naranja (apariencia irregular de la pieza) con el color Naranja liso brillante aplicado en vigas, esto ocurrió porque se aplicó un espesor superior a 65 micras que es lo recomendado, afectando así la apariencia final del recubrimiento.

Solución: Se midieron los espesores de las piezas encontrando los siguientes resultados:

Tabla 4 Medición de espesores industrias Saad S.A

PIEZA: VIGAS		COLOR: NARANJA LISO BRILLANTE						EMPRESA: INDUSTRIAS SAAD S.A		
CANTIDAD DE PIEZAS		ESPEORES μ							ESPEOR PROMEDIO μ	
		1	2	3	4	5	6	7		8
CARA A	1	97,8	84,9	109	120	123	84,9	134	105	107
CARA A	2	85,3	103	92,9	127	119	73,6	104	99,1	101
CARA A	3	96,5	112	106	83,9	124	116	128	74,8	105
CARA A	4	88,9	92,6	115	175	118	88,9	115	90,9	111
CARA A	5	89,8	97,4	132	136	144	92,4	128	50,9	108,8
CARA B	6	120	77,7	91,9	105	84,7	76	79,6	114	93,6
CARA B	7	84,6	79,2	105	73,2	75	91,1	82,4	164	94,4
CARA B	8	79,7	91,3	83,7	79,5	87,4	107	124	83,2	92
CARA B	9	97,1	76,8	90,2	86,7	124	69,6	112	83,3	92,5
CARA B	10	92,8	97,1	96,8	117	102	109	91	81,6	98,4
Espesor Promedio total μ									100,3	

Los espesores se midieron en dos caras de la pieza cara A y cara B; en donde se presenta mayor espesor es en la cara A y el menor espesor es presentado en la cara B al obtener espesores altos se pueden afectar las propiedades mecánicas y apariencia del recubrimiento. El espesor total promedio fue de 100,3 micras; éste sobrepasa el valor requerido de 65 micras, ocasionando además de la aparición de piel de naranja bajo rendimiento de la pintura, por lo tanto se recomendó aplicar a espesores de 65 micras; siguiendo las indicaciones lograron desaparecer el defecto presentado.

En la empresa Cilgas S.A dedicada a la producción y comercialización de cilindros de GPL se les presentó caja de faraday (mala adherencia de la pintura en lugares de difícil acceso) la pintura no se adhería en la parte inferior del cilindro, esto ocurrió porque había insuficiente caudal de polvo y presión de aire, las cuales se encontraban en 10 psi ,lo recomendado era relación 1:3 10 psi caudal de aire y 30 psi caudal de polvo, esto ocasionó que la pintura no se adhiriera a la pieza, otro de los factores que generó esta mala adherencia de la pintura, fue que en el lugar donde se presentaba este defecto no se estaba realizando el pretratamiento adecuado quedando allí residuos de grasa que impedían la adherencia de la pintura.

Solución: Se redujo el voltaje de aplicación al mínimo, se adecuaron las condiciones del equipo, se ajustó el caudal de polvo a 10 psi y a 30 psi el caudal de aire, se pretrató la pieza con desengrasante fosfatizante desoxidante.

En la empresa Metálicas SR Ltda., dedicada a la fabricación de lockers y cajeros electrónicos reportaron contaminación en la pintura Gris Agata cw (puntos de diferente color), se revisó la pintura y se encontraron puntos blancos hallándose contaminación desde la fabricación de la misma, se llevó al laboratorio y se aplicó sobre una lámina cerciorándose de que toda la instalación de aplicación se encontrara totalmente limpia, se horneó y al enfriarse se observó contaminación, esto sucedió por inadecuada limpieza del molino a la hora de producir el color.

Solución: se revisó todo el lote de producción, se ajustaron parámetros de calidad limpiando el molino adecuadamente, se produjo nuevamente el color y se revisó nuevamente para descartar contaminación.

En la empresa Servex international S.A dedicada a la fabricación de muebles de oficina se les presentó ampollamiento (residuos de agua o aceite en forma de burbujas de aire que quedan debajo de la película de pintura) una vez terminado el horneado de la pieza, al observar el defecto se miró el pretratamiento de la pieza y lo estaban realizando con agua no es recomendado ya que así quedan residuos de aceite.

Solución: Se pretrató la pieza con desengrasante fosfatizante diluido en agua relación 1:8, se revisó el equipo de aplicación, se purgaron (eliminar residuos de agua o aceite que trae la línea de aire) los filtros de aire para evitar el paso de agua o aceite a la línea que ingresa al equipo de esta manera se restauró la apariencia final del recubrimiento.

4.3 REALIZACIÓN DE TERMOGRAFÍAS PARA DETERMINAR EL ESTADO ACTUAL DEL HORNO DE CURADO.

Es indispensable para el proceso de aplicación de pintura las condiciones de temperatura y tiempo de curado de la pieza ya que de estas depende el acabado final de la superficie de la pieza, es necesario homogenizar la temperatura de los hornos para que en un tiempo preciso la pieza quede correctamente curada, para la realización de las termografías, se escogieron cuatro empresas de la industria metalmeccánica que representan los principales clientes de metalquímica Ltda. que fueron: INDUSTRIAS SAAD S.A, SERVEX INTERNATIONAL S.A, METALICAS S.R LTDA, PINTUTEX S.A.

Las condiciones de horneado especificadas en las fichas técnicas de los productos son las siguientes:

Tabla 5. Condiciones de curado de las naturalezas de la pintura.

Naturaleza pintura	Tiempo	Temperatura del metal
Epoxipoliéster	10 minutos	180°C
Poliéster	10 minutos	200°C
Poliéster libre de TGIC	10 minutos	180°C
Epóxica	10 minutos	200°C

Al realizar las termografías se obtuvieron los siguientes resultados:

Empresa: INDUSTRIAS SAAD S.A

Los hornos que se encontraban allí eran de convección estáticos de quemador con aire recirculado, se realizaron dos termografías en diferentes hornos a distintas piezas y calibres presentando los siguientes resultados:

Tabla 6. Resultado de termografías industrias Saad S.A

Horno Nº	Pieza	Calibre	TIEMPO (min) A 200°C						TIEMPO (min) A 180°C						TIEMPO (min) A 160°C					
			SENSORES						SENSORES						SENSORES					
			1	3	4	5	6	Tiempo total	1	3	4 A	5	6	Tiempo total	1	3	4 A	5	6	Tiempo total
1	1	12	10,29	21	0	0	0	31,32	31,4	32,5	13,2	0	0	77,08	36,2	37,2	29,5	26,12	13,5	142,48
2	2	12	0	0	0	0	0	0	0	0	15,1	0	7,02	22,12	30,5	33,4	39,1	26,07	36,1	165,2
HORNO Nº 1 TEMPERATURA MÁXIMA ALCANZADA Sensor 1: 210°C Sensor 3: 214°C Sensor 4: 186°C Sensor 5: 179°C Sensor 6: 171°C																				
HORNO Nº 2 TEMPERATURA MÁXIMA ALCANZADA Sensor 1: 179°C Sensor 3: 178°C Sensor 4: 192°C Sensor 5: 170°C Sensor 6: 182°C																				

PIEZAS: 1. MARCOS 2. VIGAS A. Aire

HORNO Nº1

La mayor temperatura alcanzada en el horno Nº 1 es la registrada por el sensor No.3 ubicado en la parte adelante del horno (214°C) y la menor temperatura es la registrada por el sensor Nº 6 ubicado parte atrás del horno (171°C), se encontró una diferencia de 43°C lo que permitió concluir que el horno no es homogéneo entre zonas generando un sobrehecho en las piezas.

Los sensores Nº 1 y 3 alcanzan 200°C durante 10,29 y 21,03 minutos respectivamente, los sensores Nº 1, 3 y 4 alcanzan 180°C durante 31, 32,5 y 13,2 minutos respectivamente todas las zonas censadas alcanzan los 160 °C durante 15 minutos, las piezas ubicadas en la parte adelante del horno pueden quedar sobrehechas ya que las mayores temperaturas se presentan allí, esto puede ocasionar fallas en las propiedades mecánicas tales como impacto, adherencia y dureza.

Es necesario ajustar las zonas No 6 y 5 parte trasera del horno, ya que en estas zonas las temperaturas son más bajas que en las demás y no alcanzan la temperatura ni el tiempo adecuado para un buen proceso de curado.

HORNO Nº2

La mayor temperatura alcanzada en el horno Nº 2 es la registrada por el sensor No.6 ubicado en la parte adelante del horno (182°C) y la menor temperatura es la registrada por los sensores Nº 5 y 3 ubicados en el centro y parte atrás del

horno (178°C), se encontró una diferencia de 4°C, lo que representa un mínimo desfase de temperatura dentro del horno.

Ninguno de los sensores alcanzan temperatura de 200°C, los sensores N° 4 y 6 alcanzan 180°C durante 15,12 y 7,02 minutos respectivamente todas las zonas censadas alcanzan los 160 °C durante 15 minutos, las piezas ubicadas en la parte atrás del horno pueden presentar falta de curado ya que las menores temperaturas se presentan allí, esto puede ocasionar fallas en textura, color y brillo de la película de recubrimiento.

Es necesario ajustar las zonas del horno, ya que no se alcanza la temperatura ni el tiempo adecuado para un buen proceso de curado.

Empresa: METALICAS S.R LTDA

En esta empresa había un sistema de aplicación continuo con un horno de quemadores, se realizaron tres termografías a diferentes piezas, calibres y velocidad de cadena, presentando los siguientes resultados:

Tabla 7. Resultado de termografías Metálicas SR Ltda.

Pieza	Velocidad m/min	Calibre	TIEMPO (min) A 200°C							TIEMPO (min) A 180°C						TIEMPO (min) A 160°C						
			SENSORES							SENSORES						SENSORES						
			1	2	3	4	5	6	Tiempo total	1	2	3	4	5	6	Tiempo total	1	2	3	4	5	6
1	1,025	26	0	0	0	0	0	0	1,52	0	1,5	2,59	0,52	2,2	8,42	4,5	4,07	4,46	6,06	4,3	5,3	28,62
2	0,72	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	4,52	0,6	3,3	11,38
3	1,08	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,23	0	3,5	0	3,4	9,18
PIEZA 1 ENTREPAÑO TEMPERATURA MÁXIMA ALCANZADA																						
Sensor 1: 184°C Sensor 2: 178°C Sensor 3: 184°C Sensor 4: 195°C Sensor 5: 181°C Sensor 6: 186°C																						
PIEZA 2 LOCKER TEMPERATURA MÁXIMA ALCANZADA																						
Sensor 1: 164°C Sensor 2: 155°C Sensor 3: 158°C Sensor 4: 171°C Sensor 5: 161°C Sensor 6: 164°C																						
PIEZA 3 ARCO TEMPERATURA MÁXIMA ALCANZADA																						
Sensor 1: 162°C Sensor 2: 161°C Sensor 3: 154°C Sensor 4: 179°C Sensor 5: 154°C Sensor 6: 168°C																						

PIEZAS: 1. ENTREPAÑO 2. LOCKER 3. ARCO A. Aire

La temperatura máxima alcanzada fue de 186°C registrada por el sensor N° 6 ubicada en el entrepaño (Pieza 1) y la menor temperatura fue de 154°C registrada por los sensores N° 3 y 5 ubicados en el Arco (pieza 3), se encontró una diferencia de 32°C, para este caso la pieza que quedó bien curada fue el

entrepaña de esta manera una pintura bien curada ofrece un alto desempeño químico-mecánico.

En piezas de gran tamaño y calibre grueso como es el caso del arco se debe disminuir la velocidad de cadena o aumentar el tiempo de curado dentro del horno, ya que si hay mayor temperatura menor será el tiempo de exposición de la pieza dentro del horno, de esta forma se obtendrán las condiciones de temperaturas de curado adecuadas.

Los sensores en ninguna de las piezas alcanzan temperatura de 200°C, sólo en el entrepaño se alcanza temperatura de 180°C, esta es la pieza con calibre más fino debido a esto y a su tamaño fue la pieza que quedo bien curada, en las tres piezas los sensores registran temperatura de 160°C; sin embargo las zonas censadas no logran el tiempo adecuado para un buen proceso de curado.

Empresa: PINTUTEX S.A

Empresa dedicada a la fabricación y producción de camas y muebles.

El horno que se encontraba allí era de convección estático de quemador con aire recirculado se realizaron dos termografías en piezas de diferente calibre presentando los siguientes resultados:

Tabla 8. Resultado de termografías PINTUTEX S.A.

Pieza	Calibre	TIEMPO (min) A 200°C						TIEMPO (min) A 180°C						TIEMPO (min) A 160°C					
		SENSORES						SENSORES						SENSORES					
		1	3	4	5	6	Tiempo total	1	3	4	5	6	Tiempo total	1	3	4	5	6	Tiempo total
1	14	0	0	0	0	0	0	0	0	11,5	2,59	12	26,12	13,1	6,25	28,3	19,03	22,4	89,08
2	12	0	0	1,15	0	0	0	22,1	12,3	27,1	16,1	16,3	93,85	28,1	22,3	30,4	24,54	24,6	129,88
<p style="text-align: center;">PIEZA 1 BRAKETS TEMPERATURA MÁXIMA ALCANZADA Sensor 1: 173°C Sensor 3: 165°C Sensor 4: 188°C Sensor 5: 182°C Sensor 6: 187°C</p>																			
<p style="text-align: center;">PIEZA 2 SOPORTE DE CAMA TEMPERATURA MÁXIMA ALCANZADA Sensor 1: 199°C Sensor 3: 191°C Sensor 4: 203°C Sensor 5: 198°C Sensor 6: 196°C</p>																			

PIEZAS: 1. BRAKETS 2. SOPORTE DE CAMA A. Aire

En los Brakets la temperatura máxima registrada fue de 187°C por el sensor 6 y la menor temperatura fue de 165°C registrada por el sensor 3 se encontró una diferencia de 22°C con esta se muestra que el calentamiento del horno no es

homogéneo la pieza no queda bien curada.

Las zonas cumplen con las condiciones de curado en la pieza 2 (soporte de cama); sin embargo, el tiempo de horneado es largo lo cual ocasiona que la temperatura del metal sea elevada.

En el soporte de cama el sensor N° 1 ubicado parte atrás del horno esta a temperatura de 180°C durante 22 minutos, el sensor N° 3 ubicado parte adelante del horno esta a temperatura de 180°C durante 12 minutos, los sensores N° 5 y 6 ubicados en el centro y adelante del horno están a temperatura de 180°C durante 16 minutos, la temperatura máxima alcanzada fue de 199°C registrada por el sensor N° 1 y la menor temperatura fue de 191°C registrada por el sensor N° 3, se encontró una diferencia de 8°C, al realizar esta termografía se encontró que el horno mejoró logrando que las piezas curen a las condiciones requeridas aunque el tiempo de residencia de las piezas sea prolongado.

Empresa: SERVEX INTERNATIONAL S.A.

El horno que se encontraba allí era de convección estático de flautas (llama directa) se realizó una termografía presentando los siguientes resultados:

Tabla 9. Resultado de termografías SERVEX INTERNATIONAL S.A

Pieza	Calibre	TIEMPO (min) A 200°C						TIEMPO (min) A 180°C						TIEMPO (min) A 160°C					
		SENSORES						SENSORES						SENSORES					
		1	3	4 A	5	6	Tiempo total	1	3	4 A	5	6	Tiempo total	1	3	4 A	5	6	Tiempo total
HERRAJES	16	0,39	0	5	1,45	4,04	10,54	5,41	4,29	9,3	6,2	8,08	33,28	9,03	8,23	12,2	9,56	11,3	50,29
HERRAJES TEMPERATURA MÁXIMA ALCANZADA Sensor 1: 202°C Sensor 3: 198°C Sensor 4: 217°C Sensor 5: 206°C Sensor 6: 214°C																			

Es un horno que se encuentra muy parejo entre zonas, la zona que registra la menor temperatura es la número 3 (198°C) permanece sobre esta temperatura 4:29 minutos y la zona que registra la mayor temperatura es la número 6 (214°C) permanece sobre esta temperatura 8:08 minutos se encuentra una diferencia de 16°C entre zona y zona, se puede presentar cambio de color en el acabado final del recubrimiento debido a que las resinas usadas en la formulación de la pintura

tienden a oxidarse por causa de un gradiente de temperatura elevado.

Todas las zonas censadas alcanzan las tres temperaturas 200°C, 180°C y 160°C; sin embargo estas no logran el tiempo adecuado para un buen proceso de curado.

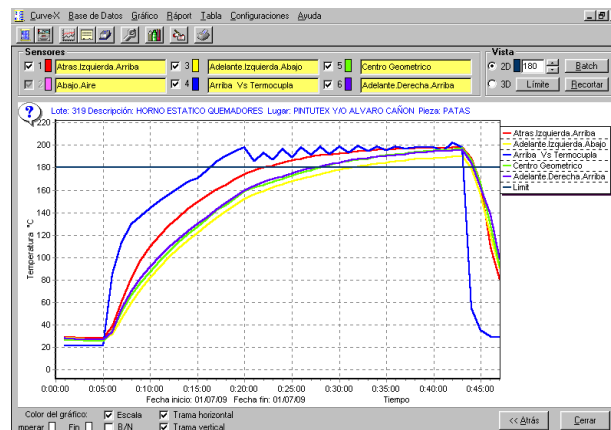
Las curvas de curado de los hornos arrojadas por el termógrafo se observan a continuación, en el anexo I se observa detalladamente los datos arrojados por el termógrafo.

Las curvas de curado presentan el comportamiento de la temperatura dentro del horno a lo largo de un tiempo determinado, las líneas de colores indican los sensores del termógrafo ubicados en diferentes piezas o partes de la pieza, la línea azul es la de tendencia se encuentra en 180°C que es la temperatura que se toma como referencia de acuerdo a las especificaciones de curado para las diferentes naturalezas de la pintura.

Cuando la pieza entra al horno y su temperatura supera el punto de fusión; es decir, llega al ablandamiento de las resinas que componen la pintura, ocurre una interacción en la periferia de las partículas de polvo, a medida que aumenta la temperatura el recubrimiento se transforma en una sustancia muy viscosa, en este momento la pintura empieza a fundirse humectando la superficie e iniciando la reacción para lograr una buena nivelación y extensión del recubrimiento al mismo tiempo que se produzca un incremento de la viscosidad que previene el descuelgue.

4.3.1 Curva de curado horno estático convección quemador con aire recirculado.

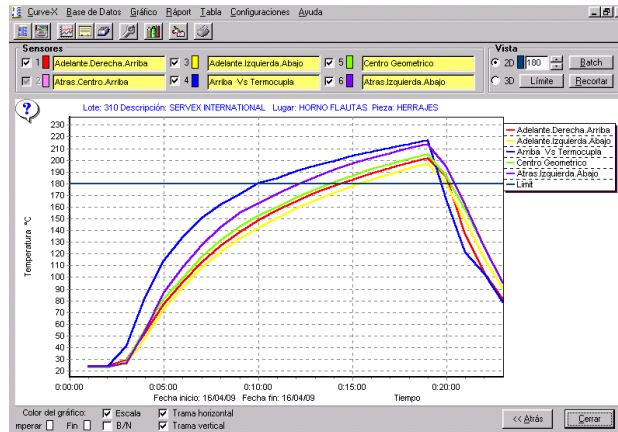
Figura 13. Curva de curado Pieza 2 Soporte de Cama horno de convección estático de quemador con aire recirculado Pintutex S.A.



En los hornos de convección de quemador con aire recirculado se observó que las zonas censadas son homogéneas ya que la circulación del aire dentro del horno hace que la temperatura se distribuya uniformemente a lo largo y ancho del mismo, todas las zonas censadas dentro del horno alcanzan 180°C temperatura del metal, aunque permanece por encima de esta temperatura alrededor de 16 minutos se esta cumpliendo con las condiciones de curado necesarias para un buen aspecto final del recubrimiento.

4.3.2 Curva de curado horno estático convección de flautas.

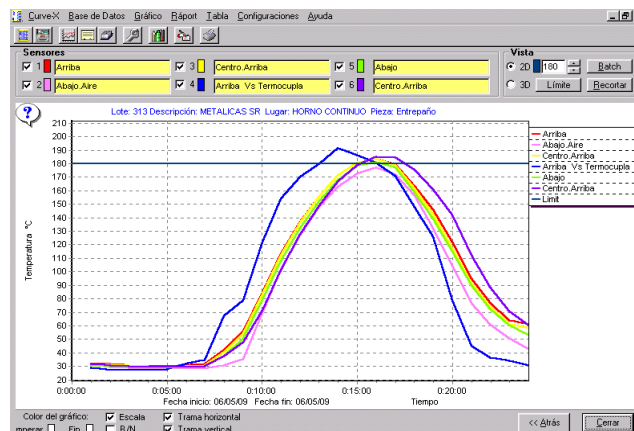
Figura 14. Curva de curado Herrajes horno de convección estático de flautas Servex International S.A.



En el horno de convección de flautas se observó que la temperatura se eleva rápidamente en corto tiempo debido a que el suministro de calor a la pieza es de llama directa, el proceso de curado ocurre rápidamente. En hornos de este tipo es posible que se obtenga fallas en el acabado superficial del recubrimiento, ya que se logra alcanzar temperaturas superiores a 210°C, lo que ocasiona un sobrehecho en las piezas.

4.3.3 Curva de curado horno continuo convección de quemador.

Figura 15. Curva de curado Entrepaña horno convección continuo de quemador METALICAS SR. LTDA.



En el horno continuo de convección quemador se observa que la curva de curado no es ideal, a pesar que el recorrido de la temperatura del metal es el adecuado no alcanza la línea de tendencia 180°C, ocasionando falta de curado en las piezas y posibles fallas en brillo textura y adherencia del recubrimiento en polvo.

4.4 PRUEBAS DE RENDIMIENTO Y MEDICIÓN DE ESPESORES DEL RECUBRIMIENTO.

Otro de los factores influyentes en el proceso de aplicación de la pintura en polvo es el rendimiento ya que de este depende la eficiencia del recubrimiento

Se midieron los espesores del recubrimiento sobre la pieza con el fin de verificar que se cumpla con los requerimientos especificados en las fichas técnicas de los productos, se analizaron cuatro empresas del sector las cuales son: KADELL DE COLOMBIA LTDA. CILGAS S.A, MUEBLES Y DISEÑOS APH LTDA, INDUSTRIAS SAAD S.A.

Las condiciones de rendimiento especificadas dependen de la densidad y espesor de la pintura como se muestra en la tabla 10:

Tabla 10. Especificaciones de rendimiento de la pintura a diferentes espesores y densidades

RENDIMIENTO m ² /kg (100% Eficiencia)											
Densidad kg/m ³	Espesor de la película micras										
	30μ	35μ	40μ	45μ	50μ	60μ	70μ	80μ	90μ	100μ	125μ
1	33,3	28,6	25	22,2	20	17	14	13	11,1	10	8
1,1	30,3	26	22,7	20,2	18,2	15	13	11	10,1	9,1	7,3
1,2	27,8	23,8	20,8	18,5	16,7	14	12	10	9,3	8,3	6,7
1,3	25,6	22	19,2	17,1	15,4	13	11	9,6	8,5	7,7	6,2
1,4	23,8	20,4	17,9	15,9	14,3	12	10	8,9	7,9	7,1	5,7
1,5	22,2	19	16,7	14,8	13,3	11	9,5	8,3	7,4	6,7	5,3
1,6	20,8	17,9	15,6	13,9	12,5	10	8,9	7,8	6,9	6,3	5
1,7	19,6	16,8	14,7	13,1	11,8	9,8	8,4	7,4	6,5	5,9	4,7
1,8	18,5	15,9	13,9	12,3	11,1	9,3	7,9	6,9	6,2	5,6	4,4
1,9	17,5	15	13,2	11,7	10,5	8,8	7,5	6,6	5,8	5,3	4,2
2	16,7	14,3	12,5	11,1	10	8,3	7,1	6,3	5,6	5	4

Para el cálculo del rendimiento se tiene en cuenta la pintura consumida sobre el área total pintada y se calcula así:

$$R = \text{Área total pintada m}^2 / \text{Pintura real consumida kg.}$$

Donde el área total pintada es la multiplicación entre el área de cada pieza por la cantidad de piezas pintadas:

$$\text{Área total pintada m}^2: \text{área pieza} * \text{N}^{\circ} \text{ piezas pintadas.}$$

La pintura real consumida es el peso de la pintura inicial menos el peso de la pintura final menos el peso de la pintura recuperada por el ciclón.

Pintura real consumida kg: kg Pintura inicial – kg pintura final- kg pintura recuperada.

Al realizar las pruebas se obtuvieron los siguientes resultados:

Empresa: KADELL DE COLOMBIA LTDA.

Empresa dedicada a la fabricación y comercialización de refrigeradores, freidores y vitrinas, las pruebas se realizaron para determinar el rendimiento de la pintura Almendra 006 cw, se tomaron tres muestras de espesores a diferentes piezas pintadas con dicho color como se observa en el anexo J presentando los siguientes resultados:

Tabla 11. Resultados rendimiento KADELL DE COLOMBIA LTDA.

Área Total Pintada	7,0734 m ²
Cantidad de piezas pintadas	22
Consumo de Pintura	0,83 kg
Promedio Espesor	64,8 μ
Color	Almendra
Densidad	1,53 kg/m ³
Rendimiento Calculado	8,5 m ² /kg
Rendimiento Teórico	10,332 m ² /kg

Los resultados aquí presentados indican de forma resumida los principales factores a tener en cuenta para el cálculo del rendimiento, en el anexo J se indican los resultados detallados de la prueba.

Se encuentra un rendimiento de 8,5 m²/kg es bajo en comparación al rendimiento teórico 10,33 m²/kg a pesar que el espesor se encuentra dentro del rango estipulado 64,8 micras, en esta prueba se observó que el rendimiento de la pintura no está siendo 100% eficiente, se tuvo que ajustar parámetros de calidad para obtener un mejor rendimiento de la pintura.

Empresa: CILGAS S.A.

En esta empresa las pruebas se realizaron para determinar el rendimiento de la pintura Naranja 004 liso Brillante, esta pintura tenía un poder cubriente mejor que el almendra analizado anteriormente de igual forma se tomaron tres muestras de espesores a los cilindros pintadas con el color naranja como se observa en el anexo J presentando los siguientes resultados:

Tabla 12. Resultados rendimiento CILGAS S.A

Área Total Pintada	208,1 m ²
Cantidad de piezas pintadas	219
Consumo de Pintura	23,2 kg
Promedio Espesor	93,5 μ
Color	Naranja
Densidad	1,66 kg/m ³
Rendimiento Calculado	8,9 m ² /kg
Rendimiento teórico	6,3 m ² /kg

El rendimiento calculado 8,9 m²/ kg es superior al teórico 6,3 m²/ kg debido a que el color naranja se adhiere y envuelve fácilmente a la pieza a pesar que el espesor de la película del recubrimiento se encuentra elevado 93,5 micras. Los resultados presentados en la tabla 12 no indican análisis detallado de la prueba, (ver anexo J).

Empresa: MUEBLES Y DISEÑOS APH LTDA.

Empresa dedicada a la fabricación y comercialización de exhibidores de productos coca cola y postobon se determinó el rendimiento de la pintura Azul 5102 Liso Bte, esta pintura no se adhería correctamente a la superficie, se tomaron dos muestras de espesores a los exhibidores como se observa en el anexo J presentando los siguientes resultados:

Tabla 13. Resultados rendimiento MUEBLES Y DISEÑOS APH LTDA.

Área Total Pintada	24,3096 m ²
Cantidad de piezas pintadas	21
Consumo de Pintura	3,778 kg
Promedio Espesor	62,17 μ
Color	Azul
Densidad	1,56 kg/m ³
Rendimiento Calculado	6,43 m ² /kg
Rendimiento teórico	10,1 m ² /kg

El rendimiento calculado 6,43 m²/ kg es bajo en comparación al rendimiento teórico 10,1 m²/kg, la pintura presentaba baja adherencia en las esquinas de la pieza.

Empresa: INDUSTRIAS SAAD S.A

A esta empresa se le realizó termografía, pruebas de rendimiento y medición de espesores, se hizo un seguimiento riguroso pues es una de las empresas que adquieren el producto frecuentemente, con esto, se logró que se aplicara el recubrimiento a espesores adecuados ayudando así a la eficiencia del rendimiento de la pintura.

Se determinó el rendimiento de la pintura Naranja 003 Liso Bte, se tomaron tres muestras de espesores como se observa en el anexo J presentando los siguientes resultados.

Tabla 14. Resultados rendimiento INDUSTRIAS SAAD S.A.

Área Total Pintada	47,952 m ²
Cantidad de piezas pintadas	54
Consumo de Pintura	7 kg
Promedio Espesor	75,5 μ
Color	Naranja
Densidad	1,56 kg/m ³
Rendimiento Calculado	9,8 m ² /kg
Rendimiento teórico	8,1 m ² /kg

El rendimiento calculado es mayor que el teórico la pintura cumple con los estándares de calidad.

Durante la realización de las pruebas fue la pintura con mayor rendimiento, buena adherencia y acabado superficial.

4.5 ESTRUCTURACIÓN DE INDICADOR QUE RELACIONA LAS NO CONFORMIDADES DEL PRODUCTO.

Durante la realización del seguimiento hecho a las empresas se presentaba frecuentemente quejas por inconformidad en la calidad del producto, por esto se

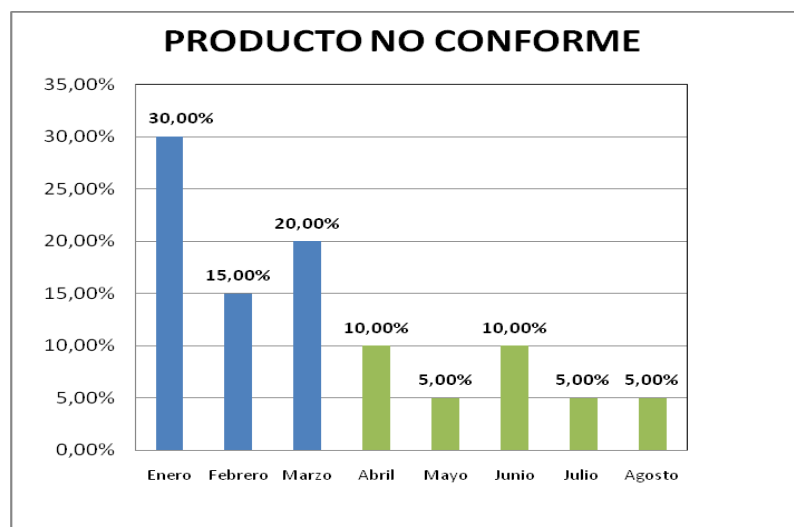
creó un indicador basado en esta característica que permite de manera objetiva verificar los cambios realizados después de la asesoría a través de una medición en periodos sucesivos, dando así cumplimiento a los estándares establecidos como se ve en el anexo K (informe de indicador).

Dentro de las no conformidades básicamente podremos encontrar:

- Presencia de Bits.
- Piel de naranja.
- Contaminación.
- Mala Adherencia de la pintura.
- Diferencia en el color.
- Diferencia en la textura.

A continuación se presenta el indicador que relaciona el número de no conformidades presentadas en un mes sobre el número total de no conformidades presentadas en el periodo evaluado de Enero hasta Agosto, antes y después de la asesoría:

Figura 16. Indicador producto no conforme.



El indicador parte de una muestra de ocho empresas que reportaron las no conformidades del producto respecto a la calidad del mismo, a partir de abril cuando el sistema de instrucción y la asesoría es prestada a las respectivas empresas el indicador presenta una mejora ante una disminución de las no conformidades de los clientes. En los primeros cuatros meses las no conformidades reportan en promedio un 18, 5%, para los siguientes cuatro meses el indicador se ubica a niveles del 6,25% lo que representa una disminución de 12.25 puntos porcentuales.

CONCLUSIONES

Es de fundamental importancia tener un concepto técnico claro de las propiedades físicas y mecánicas de los recubrimientos en polvo, que incluya conocimientos de defectos , pruebas de realización mecánica para controlar la calidad del producto , condiciones de equipos de aplicación ,de temperatura y tiempo de curado de la pieza , de esta forma se dará solución rápida y satisfactoria a los problemas presentados antes ,durante y después de la aplicación de la pintura sin necesidad de detener el sistema de producción.

La realización de las termografías permite dar un enfoque del estado actual en el cual se encuentra el horno de curado, haciendo referencia al comportamiento de la temperatura dentro del mismo. Mediante las termografías se examina cada unas de las zonas de ubicación de las piezas a curar, allí se encuentran diferentes temperaturas de las cuales dependerá en gran parte el acabado superficial del recubrimiento en polvo.

La información que se obtuvo de la realización de las pruebas de rendimiento muestra que la eficiencia de este no sólo depende del espesor de la película del recubrimiento sino también de la formulación de la pintura.

Un tratamiento estadístico periódico de los resultados arrojados en el indicador de producto no conforme, permite tener un seguimiento constante al comportamiento de estos y una identificación de las variaciones que mejoren o disminuyan la calidad del producto.

Es importante conocer la calidad de los resultados que ofrece la asesoría prestada antes y después de la aplicación del recubrimiento así se podrá identificar oportunidades de mejora, fortalezas y falencias.

Se logro establecer un sistema de instrucción en el que se estipula de forma específica, completa y clara todos los componentes tanto físicos como operativos necesarios que pueden permitir un buen funcionamiento de todas las áreas que componen el proceso de aplicación de pintura electrostática de metalquímica colombiana Ltda.

RECOMENDACIONES

Continuar con el seguimiento a las empresas y estudiar otras empresas que permita abarcar gran parte del sector metalmecánica, descubriendo otros problemas que puedan alterar la calidad del producto.

Realizar termografías mas seguido en cada empresa para homogenizar la temperatura dentro del horno y evitar fallas en las propiedades físicas y mecánicas de la pintura en polvo.

Tener un control de calidad de la pintura más riguroso para lograr que el rendimiento de esta sea 100% eficiente y evitar que se aprecien defectos en la película del recubrimiento.

Para un buen proceso de aplicación de la pintura es preciso, realizar un pretratamiento de la pieza adecuado, cuadrar las condiciones en el equipo de aplicación, limpiar totalmente las cabinas de aplicación cuando halla cambio de color y usar la temperatura y tiempo de curado necesario para el polimerizado del recubrimiento.

Evitar que se sigan presentando inconformidades por mala calidad del producto una manera es seguir ejecutando el indicador el cual permite observar los cambios a medida que se va realizando la asesoría en las empresas.

BIBLIOGRAFÍA

AKZO NOBEL, Técnicas de aplicación de pinturas en polvo Termoendurecibles. 2 Edición, España.2005.

Crayvallac, producción de modificantes reológicos, pdf. Pág 4-5.

DALEY, Kim. Acabado en pinturas y Primatect. pdf Factory. Pág. 2-4.

Daphnia N° 5 – Monográfico.Sustitución de pinturas al disolvente.Octubre 1996.

Decapado y Pasivado del acero inoxidable, Serie Materiales y sus aplicaciones, Volumen 4.ISBN N° 2-87997-133-0.Euro Inox 2004.

DEVILBISS, Equipo electrostático para pintura en polvo, Manual de Instrucciones, Brazil.2007. Pág. 1-8.

Elcometer, Medición de espesor de polvo sin curar, pdf.Pág 1-2.

Galvfonote, Procesos de Recubrimientos y tratamiento de superficies metálicas, pdf.Pág 1-5.

GARCÍA, Edwin Alejandro. Pinturas Electroestáticas: para el MDF, Bogotá: M&M, 2004 Pág. 1-2.

ICONTEC; Norma Técnica Colombiana para el control de calidad de recubrimientos en polvo NTC 591 1ª actualización (28 /10/ 1998), 592 Ed. (16/09/2002), 811 3ª actualización (08/05/1997),877 1ª actualización (23/09/1998) ,1115 1ª actualización (25/08/1999),5252 Ed. (15/06/2004.

Inpra Latina "Coatings & Corrosión Control For Latin América". Vol.11 Nº 1 Enero/Febrero 2006: Latin Press, Inc. 2006. Pág. 27-29.

Inpra Latina "Coatings & Corrosión Control For Latin América". Vol.10 Nº 1 Marzo/Abril 2004: Latin Press, Inc. 2004. Pág. 34-35.

Inpra Latina "Coatings & Corrosión Control For Latin América". Vol.11 Nº 2 Marzo/Abril 2006: Latin Press, Inc. 2006. Pág. 22-25.

Inpra Latina "Coatings & Corrosión Control For Latin América". Vol.10 Nº 4 Junio 2004: Latin Press, Inc. 2004. Pág. 50.

MENDOZA RODRIGUEZ, María de los Ángeles. Control de la exposición a isocianurato de triglicidilo (TGIC) en pinturas en polvo.pdf.Pág. 112.

METALQUIMICA LTDA, Manual y formatos para el desarrollo del control de aplicación de recubrimientos en polvo, BOGOTÁ 2005.

ROJAS, José Tomas.Química de las pinturas en polvo (I), Venezuela: venezolana de pinturas Pág. 2.

PÁGINAS WEB:

<http://www.acatec.net/>.

<http://www.adaptacolor.com>.

<http://www.araltec.com.br/endaradur.htm>

<http://www.bpprocess.com/products/contmixers/donghuipowdercoating>.

<http://www.cytec.com/>.

<http://www.huntsman.com>. (Vantico) Alrtalat Aradur Araldite.

<http://www.interpon.es/es/ind/industria.htm>.

http://www.kuraray-am.com-pvoh-pvb-downloads-Mowital_brochure.pdf.

http://www.powdercoating.org/article_view.php.

http://www.spieshecker.es/portal/es?page=4.6.1_Legislation_Information_Details&catid.

ANEXOS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Gráfica de textura lisa.



Figura 2. Gráfica de textura gofrada.



Figura 3. Gráfica de textura Microtexturizada.



Figura 4. Gráfica de Sistema de aplicación.

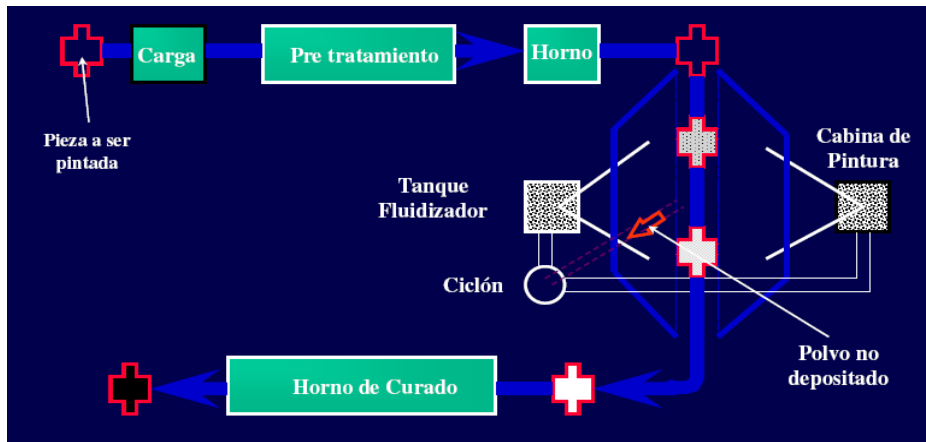


Figura 5. Gráfica de curado de la pintura.

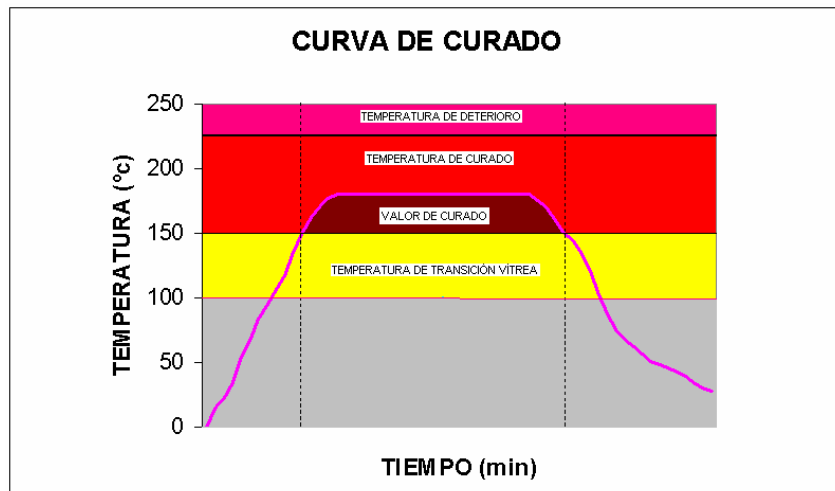


Figura 11. Defectos de aplicación de pinturas en polvo.

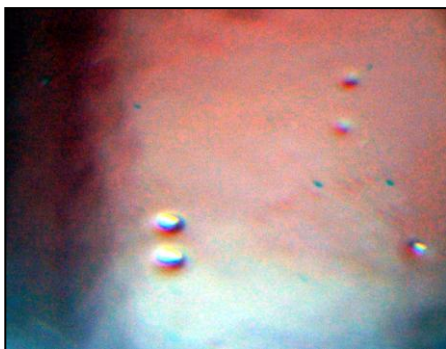
Bits



Fibras



Cráteres



Picos de aguja



Ampollamiento



Suciedad



Contaminación



Piel de naranja



Caja de Faraday



Figura 12. Termógrafo.



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de las características de las naturalezas de pinturas en polvo.

CONDICIONES	EPOXICAS	POLIÉSTER	POLIÉSTER LIBRE DE TGIC	HIBRIDO
				Epóxi+Poliéster
Textura	Lisa	Lisa-Gofrada-microtex	Gofrada-microtexturizada	Lisa-Gofrada-mtx
Temperatura	10 min 200°C	10 min 200°C	10 min 180°C (T° metal)	10 min 180°C
De curado	(T° metal)	(T° metal)		(T° metal)
Propiedades				
Mecánicas	Excelente	Buena	Excelente	Muy buena
Propiedades				
Químicas	Excelente	Buena	Buena	Buena
Espesor	60-80 micras	60-80 micras	60-80 micras	60-80 micras
	Depende prod	Depende producto	Depende producto	Depende prod
Almacenamiento	Lugares secos	Lugares secos	Lugares secos	Lugares secos
	T° < 35°C	T° < 35°C	T° < 35°C	T° < 35°C
Durabilidad al exterior	No recomendada	Excelente	Excelente	No recomendada
Usos	Decoraciones interiores	Exteriores	Exteriores	Decoraciones interiores
	Resistencia química	Resistencia a la interperie y al calor	Resistencia a la interperie	Muebles y estantería
	Anticorrosivo	Arquitectura		Electrodomésticos

Tabla 2. Realización de pruebas en el laboratorio.

Nº pieza	Color	Datos de análisis	Norma aplicada	Especificación técnica	Resultados obtenidos
1	Almendra 1013 Liso Bte.	Espesor de la película (µm)	NTC 591	60-90 µ	72,1
		Color cielab (Δ E)	NTC 592	< 1	0,54
		Impacto directo/ inverso (kg.cm ²)	NTC 877	40/25 Kg.cm ²	40/25
		Adherencia (%)	NTC 811	0%	0%
		Dureza al lápiz	NTC 5252	3H	8H
		Flexibilidad (mm)	NTC 1115	pasa sin fisura	no fractura
2	Almendra 1013 cw suave.	Espesor de la película (µm)	NTC 591	60-90 µ	72,5
		Color cielab (Δ E)	NTC 592	< 1	0,7
		Impacto directo/ inverso (kg.cm ²)	NTC 877	40/25 Kg.cm ²	100/100
		Adherencia (%)	NTC 811	0%	0%
		Dureza al lápiz	NTC 5252	3H	8H
		Flexibilidad (mm)	NTC 1115	pasa sin fisura	no fractura
3	Almendra 007 Mtx.	Espesor de la película (µm)	NTC 591	60-90 µ	73,2
		Color cielab (Δ E)	NTC 592	< 1	0,34
		Impacto directo/ inverso (kg.cm ²)	NTC 877	40/25 Kg.cm ²	100/100
		Adherencia (%)	NTC 811	0%	0%
		Dureza al lápiz	NTC 5252	3H	8H
		Flexibilidad (mm)	NTC 1115	pasa sin fisura	no fractura

4	Aluminio 009 Liso Bte	Espesor de la película (µm)	NTC 591	60-90 µ	69,8
		Brillo a 60º	NTC 592		157,3
		Impacto directo/ inverso (kg.cm ²)	NTC 877	40/25 Kg.cm ²	40/40
		Adherencia (%)	NTC 811	0%	0%
		Dureza al lápiz	NTC 5252	3H	6H
		Flexibilidad (mm)	NTC 1115	pasa sin fisura	no fractura
5	Aluminio cw	Espesor de la película (µm)	NTC 591	60-90 µ	72,1
		Brillo a 60º	NTC 592		42,7
		Impacto directo/ inverso (kg.cm ²)	NTC 877	40/25 Kg.cm ²	80/80
		Adherencia (%)	NTC 811	0%	0%
		Dureza al lápiz	NTC 5252	3H	8H
		Flexibilidad (mm)	NTC 1115	pasa sin fisura	no fractura
6	Aluminio 003 Mtx	Espesor de la película (µm)	NTC 591	60-90 µ	74,8
		Brillo a 60º	NTC 592		13
		Impacto directo/ inverso (kg.cm ²)	NTC 877	40/25 Kg.cm ²	100/100
		Adherencia (%)	NTC 811	0%	0%
		Dureza al lápiz	NTC 5252	3H	8H
		Flexibilidad (mm)	NTC 1115	pasa sin fisura	no fractura
7	Azul 5113 liso Bte	Espesor de la película (µm)	NTC 591	60-90 µ	68,4
		Color cielab (Δ E)	NTC 592	< 1	0,8
		Impacto directo/ inverso (kg.cm ²)	NTC 877	40/25 Kg.cm ²	40/40
		Adherencia (%)	NTC 811	0%	0%
		Dureza al lápiz	NTC 5252	3H	8H
		Flexibilidad (mm)	NTC 1115	pasa sin fisura	no fractura
8	Azul ultramar cw	Espesor de la película (µm)	NTC 591	60-90 µ	75,5
		Color cielab (Δ E)	NTC 592	< 1	0,23
		Impacto directo/ inverso (kg.cm ²)	NTC 877	40/25 Kg.cm ²	100/100
		Adherencia (%)	NTC 811	0%	0%
		Dureza al lápiz	NTC 5252	3H	8H
		Flexibilidad (mm)	NTC 1115	pasa sin fisura	no fractura
10	Blanco 001 liso	Espesor de la película (µm)	NTC 591	60-90 µ	69,4
		Color cielab (Δ E)	NTC 592	< 1	0,47
		Impacto directo/ inverso (kg.cm ²)	NTC 877	40/25 Kg.cm ²	60/60
		Adherencia (%)	NTC 811	0%	0%
		Dureza al lápiz	NTC 5252	3H	6H
		Flexibilidad (mm)	NTC 1115	pasa sin fisura	no fractura
11	Blanco escarcha cw	Espesor de la película (µm)	NTC 591	60-90 µ	72,3
		Color cielab (Δ E)	NTC 592	< 1	0,33
		Impacto directo/ inverso (kg.cm ²)	NTC 877	40/25 Kg.cm ²	100/100
		Adherencia (%)	NTC 811	0%	0%
		Dureza al lápiz	NTC 5252	3H	8H
		Flexibilidad (mm)	NTC 1115	pasa sin fisura	no fractura
12	Blanco 006 Mtx	Espesor de la película (µm)	NTC 591	60-90 µ	74,5
		Color cielab (Δ E)	NTC 592	< 1	0,65
		Impacto directo/ inverso (kg.cm ²)	NTC 877	40/25 Kg.cm ²	80/80
		Adherencia (%)	NTC 811	0%	0%
		Dureza al lápiz	NTC 5252	3H	8H
		Flexibilidad (mm)	NTC 1115	pasa sin fisura	no fractura

13	Gris 010 Mtx	Espesor de la película (μm)	NTC 591	60-90 μ	69,8
		Color cielab (Δ E)	NTC 592	< 1	0,39
		Impacto directo/ inverso (kg.cm ²)	NTC 877	40/25 Kg.cm ²	100/100
		Adherencia (%)	NTC 811	0%	0%
		Dureza al lápiz	NTC 5252	3H	8H
		Flexibilidad (mm)	NTC 1115	pasa sin fisura	no fractura
14	Gris Agata cw	Espesor de la película (μm)	NTC 591	60-90 μ	74,2
		Color cielab (Δ E)	NTC 592	< 1	0,22
		Impacto directo/ inverso (kg.cm ²)	NTC 877	40/25 Kg.cm ²	100/100
		Adherencia (%)	NTC 811	0%	0%
		Dureza al lápiz	NTC 5252	3H	8H
		Flexibilidad (mm)	NTC 1115	pasa sin fisura	no fractura
15	Gris Ansi 70 liso	Espesor de la película (μm)	NTC 591	60-90 μ	68,3
		Color cielab (Δ E)	NTC 592	< 1	0,56
		Impacto directo/ inverso (kg.cm ²)	NTC 877	40/25 Kg.cm ²	100/80
		Adherencia (%)	NTC 811	0%	0%
		Dureza al lápiz	NTC 5252	3H	8H
		Flexibilidad (mm)	NTC 1115	pasa sin fisura	no fractura
16	Naranja 003 liso Bte	Espesor de la película (μm)	NTC 591	60-90 μ	66,3
		Color cielab (Δ E)	NTC 592	< 1	0,3
		Impacto directo/ inverso (kg.cm ²)	NTC 877	40/25 Kg.cm ²	60/60
		Adherencia (%)	NTC 811	0%	0%
		Dureza al lápiz	NTC 5252	3H	6H
		Flexibilidad (mm)	NTC 1115	pasa sin fisura	no fractura
17	Naranja Señal cw	Espesor de la película (μm)	NTC 591	60-90 μ	63,1
		Color cielab (Δ E)	NTC 592	< 1	0,91
		Impacto directo/ inverso (kg.cm ²)	NTC 877	40/25 Kg.cm ²	100/100
		Adherencia (%)	NTC 811	0%	0%
		Dureza al lápiz	NTC 5252	3H	6H
		Flexibilidad (mm)	NTC 1115	pasa sin fisura	no fractura
18	Negro Destello Mtx	Espesor de la película (μm)	NTC 591	60-90 μ	72,1
		Color cielab (Δ E)	NTC 592	< 1	0,4
		Impacto directo/ inverso (kg.cm ²)	NTC 877	40/25 Kg.cm ²	80/60
		Adherencia (%)	NTC 811	0%	0%
		Dureza al lápiz	NTC 5252	3H	6H
		Flexibilidad (mm)	NTC 1115	pasa sin fisura	no fractura
19	Negro Liso Bte	Espesor de la película (μm)	NTC 591	60-90 μ	75,4
		Color cielab (Δ E)	NTC 592	< 1	0,54
		Impacto directo/ inverso (kg.cm ²)	NTC 877	40/25 Kg.cm ²	60/60
		Adherencia (%)	NTC 811	0%	0%
		Dureza al lápiz	NTC 5252	3H	6H
		Flexibilidad (mm)	NTC 1115	pasa sin fisura	no fractura
20	Negro 009 CW	Espesor de la película (μm)	NTC 591	60-90 μ	76,2
		Color cielab (Δ E)	NTC 592	< 1	0,49
		Impacto directo/ inverso (kg.cm ²)	NTC 877	40/25 Kg.cm ²	100/100
		Adherencia (%)	NTC 811	0%	0%
		Dureza al lápiz	NTC 5252	3H	8H
		Flexibilidad (mm)	NTC 1115	pasa sin fisura	no fractura

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Características Generales de las naturalezas híbrida, poliéster y epóxica de la pintura en polvo.

HÍBRIDOS

Características Generales: Pinturas de uso general formuladas en una amplia variedad de colores con resinas poliéster-epoxi, aptas para uso decorativo y funcional en ambientes interiores. Poseen elevada resistencia al sobrehorneo y una excelente adherencia sobre superficies metálicas permitiendo el maquinado posterior de la pieza.

Propiedades del Polvo: Tamaño de partícula promedio: 35 - 45 micras
 Peso Específico: 1.5 - 1.8 g/cm³
 Retención en malla 200: <= 5%
 Gel - Time: 100 - 160 seg.

Condiciones de Aplicación: Sustrato: Metálico
 Método de aplicación: Corona
 Voltaje: 60 - 70 kV
 Espesor: 60 micras
 Rendimiento Teórico: 9 - 11 m² / Kg.

Tabla A1. Resistencia química de pinturas híbridas

Híbridos			
Tabla de Resistencia Química			
Agentes	30 días	60 días	90 días
Acetate de Etilo	---	---	---
Acido Acético 100%	---	---	---
Acido Acético 10%	---	---	---
Acido Láctico 10%	---	---	---
Soda Cáustica 30%	---	---	---
Soda Cáustica 0,05%	---	---	---
Amoniaco 25%	---	---	---
Amoniaco 0,10%	---	---	---
Etanol 96%	---	---	---
Etanol 0,40%	---	---	---
Tricloro-Etileno	---	---	---
Toluol	---	---	---
Xilol	---	---	---
Aguarrás	---	---	---
Acetate de Etilo	---	---	---
Agua desmineralizada	---	---	---
Cloruro de Sodio 10%	---	---	---
Detergente OMO 1%	---	---	---
Acido Fosfórico	---	---	---
Acido Nitrico 3%	---	---	---
Acido Nitrico 0,10%	---	---	---
Formol 40%	---	---	---
Coca Cola 3%	---	---	---
Agua Oxigenada 3%	---	---	---
Acido Sulfúrico 95%	---	---	---
Acido Sulfúrico 0,30%	---	---	---
Acido Sulfúrico 0,03%	---	---	---
Acido Clorhídrico 32%	---	---	---
Acido Clorhídrico 0,10%	---	---	---

CONVENCIÓN: Película no atacada

Película ligeramente atacada

Película fuertemente atacada

Teste de Resistencia Química realizados en pinturas lisas brillantes con películas de 60 - 60 micrones en inmersión a temperatura de 25 °C.

POLIÉSTERES

Características Generales: Pinturas de uso general formuladas en una amplia variedad de colores con resinas poliéster, aptas para uso decorativo y funcional en ambientes interiores y exteriores. Poseen elevada resistencia al sobrehorneo y una excelente adherencia sobre superficies metálicas permitiendo el maquinado posterior de la pieza.

Propiedades del Polvo: **Tamaño** de partícula promedio: 35 - 40 micras
 Peso Específico: 1.5 - 1.8 g/cm³
 Retención en malla 200: <= 5%
 Gel - Time: 150 - 300 seg.

Condiciones de Aplicación: Sustrato: Metálicos
 Método de aplicación: Corona
 Voltaje: 60 - 70 kV
 Espesor: 60 micras
 Rendimiento Teórico: 9 - 11 m² / Kg.

Tabla A2. Resistencia química de pinturas poliéster.

Poliesteres			
Tabla de Resistencia Química			
Agentes	30 días	60 días	90 días
Aceite de Motor	—	—	—
Gasolina	—	—	—
Acido Sulfúrico 96%	—	—	—
0,30%	—	—	—
0,03%	—	—	—
Acido Clorhídrico 32%	—	—	—
0,10%	—	—	—
Acido Acético 100%	—	—	—
0,10%	—	—	—
Soda Cáustica 40%	—	—	—
0,10%	—	—	—
Amoníaco 25%	—	—	—
0,10%	—	—	—
Etolol 96%	—	—	—
Tricloro-Etoleno	—	—	—
Tolulol	—	—	—
Xilol	—	—	—
Aguarrás	—	—	—
Acetato de Etilo	—	—	—
Agua desmineralizada	—	—	—
Cloruro de Sodio 10%	—	—	—
Detergente OMO 1%	—	—	—
Acido Fosfórico 10%	—	—	—
Acido Nítrico 10%	—	—	—
Formol	—	—	—
0,10%	—	—	—
Formol 40%	—	—	—
Coca Colá 3%	—	—	—
Agua Oxigenada 3%	—	—	—

CONVENCIÓN:
 Película no atacada —
 Película ligeramente atacada - - -
 Película fuertemente atacada ·····

Tests de Resistencia Química realizados en pinturas lisas brillantes con películas de 50 - 60 micrones en inmersión a temperatura de 25°C.

EPOXIS

Características Generales: Pinturas formuladas con resinas epoxi, especialmente indicadas para resistencia a agentes químicos, no son adecuadas para uso a la intemperie. Poseen una excelente adherencia sobre superficies metálicas.

Propiedades del Polvo: Tamaño de partícula promedio: 35 - 40 micras
 Peso Específico: 1.5 - 1.7 g/cm³
 Retención en malla 200: <= 5%
 Gel - Time: 60 - 200 seg. (mates)

Condiciones de Aplicación: Sustrato: Metálicos
 Método de aplicación: Corona
 Voltaje: 60 - 70 kV
 Espesor: 60 micras
 Rendimiento Teórico: 9 - 11 m² / Kg.

Tabla A3 .Resistencia química de pinturas epóxicas.

Epoxis			
Tabla de Resistencia Quimica			
Agentes	30 días	60 días	90 días
Aceite de Motor	—————	—————	—————
Acido Sulfúrico 96%	-----	—————	—————
0,30%	—————	—————	—————
0,03%	—————	—————	—————
Acido Clorhídrico 32%	-----	-----	-----
0,10%	—————	-----	-----
Acido Acético 100%	-----	-----	-----
0,10%	—————	-----	-----
Acido Láctico 10%	—————	—————	—————
Soda Cáustica 30%	—————	—————	—————
0,05%	—————	—————	—————
Amoniaco 25%	-----	-----	-----
0,10%	-----	-----	-----
Etanol 96%	-----	-----	-----
0,25%	-----	-----	-----
Tricloro-Etileno	-----	-----	-----
Toluol	-----	-----	-----
Xilol	-----	-----	-----
Aguarrás	-----	-----	-----
Acetato de Etilo	-----	-----	-----
Agua desmineralizada	—————	—————	—————
Cloruro de Sodio	—————	—————	—————
Detergente OMO 1%	—————	—————	—————
Acido Fosfórico 10%	—————	—————	—————
Acido Nítrico 3%	—————	—————	—————
Formol	—————	—————	—————
Coca Cola	—————	—————	—————
Agua Oxigenada 3%	—————	—————	—————

CONVENCIÓN:	—————	Película no atacada
	-----	Película ligeramente atacada
	-----	Película fuertemente atacada

Teste de Resistencia Química realizados en pinturas lisas brillantes con películas de 50 - 60 micrones en inmersión a temperatura de 25°C.

Anexo B. Proceso de Fabricación.

Figura B1. Proceso de fabricación.



Preparación y mezcla: Consiste en la dosificación de los componentes de la pintura en la proporción adecuada, la premezcla se realiza en equipos adecuados a las cantidades a ser mezcladas, estos equipos deben ser capaces de producir fuerzas de cizalla de modo tal de poder romper aglomeraciones de material y lograr una mezcla homogénea, es importante destacar que la obtención de un buen producto depende en forma directa de partir de una mezcla lo más homogénea posible.

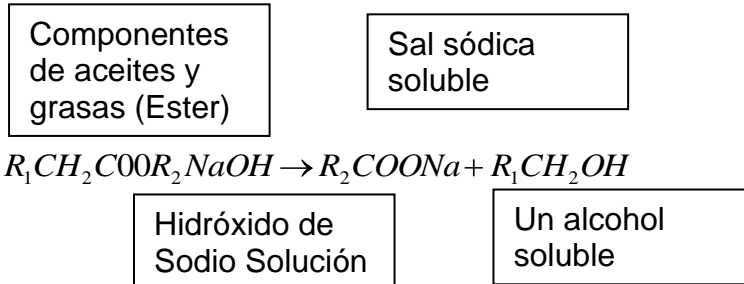
Extrusión: Es la etapa en la cual los componentes de la pintura funden y entran en estrecho contacto uno con otro lográndose obtener así una masa pareja en sus propiedades, este proceso se realiza en extrusoras de simple y/o doble tornillo a temperaturas del orden de los 100°C (212°F). La masa de pintura fundida es oprimida entre dos cilindros refrigerados que la depositan, generalmente, en una cinta de enfriamiento, esta cinta transporta el material hacia unas ruedas dentadas (crusher) que lo rompen llevándolo a la forma de lascas o chips.

Molienda: los chips obtenidos en la extrusión son micronizados de forma tal que se transforman en polvo, mediante un sistema de ciclón se separa una fracción de lo molido, se tamiza y se envasa. Los molinos utilizados para pintura en polvo son del tipo de bandeja con dientes o martillos y separador el cual realiza la separación del polvo fino de las partículas más gruesas.

Envasado: consiste en disponer el producto obtenido en forma adecuada para su expedición, en general este se realiza en bolsas de polietileno contenidas en cajas de cartón. Bajo esta presentación se venden de a 25, 20 e inclusive 10 kilogramos.

Anexo C. Desengrase y fosfatizado en el pretratamiento de la pieza.

Desengrase: Es la forma más sencilla, el proceso de desengrase, normalmente implica la aplicación por aspersión (rociado por boquillas) o por inmersión, en caliente (unos 60°C), de un agente alcalino generalmente una solución de hidróxido de sodio (NaOH) el cual actúa transformando las materias aceitosas presentes en la pieza, en compuestos solubles en agua, a través de una reacción química de saponificación:



Estos compuestos solubles se desprenden de la pieza y son eliminados mediante un sistema de drenaje apropiado. Posteriormente se somete la pieza a un enjuague con agua desmineralizada para eliminar los residuos del agente alcalino.

Fosfatizado: Una vez desengrasada, la pieza se somete a un proceso de fosfatizado, el cual consiste generalmente en la aplicación de una mezcla de ácido fosfórico y fosfato de zinc o hierro. Este proceso cumple tres funciones muy importantes: elimina cualquier residuo de óxido que pueda tener la pieza (decapado), crea un perfil de anclaje que mejora la adherencia del recubrimiento (crecimiento de cristales de fosfato), y mejora la resistencia a la corrosión. De manera básica, las reacciones químicas que involucran este proceso para el caso del fosfato de zinc son las siguientes:

Eliminación de óxido vía ácido

1. Decapado $H_3PO_4 + FeO \longrightarrow Fe + HPO_4 + H_2O$
2. Disolución del metal: $Fe + H_3PO_4 \longrightarrow Fe + H_2 + HPO_4$
3. Fosfatizado: $2Zn + Fe + 3HPO_4 \longrightarrow Zn_2Fe(PO_4)_2 + H_3PO_4$

Formación del cristal de fosfato de zinc

En ambos casos, es sumamente importante mantener un buen control de la concentración de los químicos de limpieza, asegurando que se mantengan dentro del rango apropiado. Se debe prestar atención a las presiones de aplicación y las temperaturas de proceso.

Parámetros a controlar en el pretratamiento:

- Ph baño fosfatación.
- Temperaturas baños.
- Conductividad y Ph enjuague final.
- Presiones de las boquillas.
- Estado y orientación de las boquillas.

Anexo D. Pasos de Pretratamiento de la pieza

Pasos del pretratamiento de la pieza

Existen cuatro pasos de limpieza de la pieza que son:

Limpieza

MECÁNICA: puede ser: Pulido (limpieza de residuos de soldadura) Granallado (Consiste en la proyección de partículas abrasivas a gran velocidad (65 – 110 m/s) que, al impactar con la pieza tratada, produce la eliminación de los contaminantes de la superficie.) con la limpieza mecánica se logra la remoción de residuos de soldadura, oxido y productos de corrosión, hollín, productos de embutición (no sintéticos), antioxidantes, capas de pintura envejecida.

QUÍMICA: puede ser por: Inmersión (introducción de algo en un líquido), Aspersión (esparcimiento de un líquido en forma de pequeñas gotas), Decapado (eliminar abrasiva o químicamente la capa de impurezas o pintura de una superficie) con la limpieza química se logra la remoción de aceites, productos para embutición (sintéticos), grasas y antioxidantes; existen tres tipos de limpieza química: ácida – pH de 1,0 a 5,5, alcalina – pH de 9 a 12,5, neutra – pH de 8 a 9.

Enjuagues

Hay dos tipos de enjuagues:

- Enjuagues entre etapas: Remoción de residuos químicos.
- Enjuague con agua desionizada: Agua pura para remover residuos salinos.

Capas de conversión

Existen dos tipos de capas de conversión:

1. Capas de conversión para acero pueden ser:

- Fosfato de hierro: Es el más común previo a pintura en polvo el peso de recubrimiento es de 0,5 a 1,0 gr. /m² tiene buena adherencia resistencia a la corrosión y baja formación de lodos.

3-Etapas de aspersion Fosfato de Hierro

- Etapa 1- Fosfodesengrase: 180 seg., 50-60°C
- Etapa 2- Enjuague: 30 seg., Ambiente
- Etapa 3- Enjuague/Sellado: 30 seg. 25-50°C

4-Etapas de aspersion Fosfato de Hierro

- Etapa 1- Fosfodesengrase: 120 seg., 50-60°C

- Etapa 2- Fosfodesengrase: 120 seg., 50-60°C
- Etapa 3- Enjuague: 30 seg., Ambiente
- Etapa 4- Enjuague/Sellado: 30 seg., 25-50°C

5-Etapas de aspersión Fosfato de Hierro

- Etapa 1- Limpieza alcalina: 120 seg., 50-60°C
- Etapa 2- Enjuague: 60 seg., Ambiente
- Etapa 3- Fosfato de hierro.: 90 seg., 50-60°C
- Etapa 4- Enjuague: 30-60 seg., Ambiente
- Etapa 5- Enjuague/Sellado: 30 seg., 25-50°C

Tabla D1. Comparación fosfato de Hierro entre etapas.

CAPA DE CONVERSION	PESO DE CAPA (gr/m ²)	ADHESIÓN DE PINTURA	CAMARA SALINA (hr)
FOSFATO DE HIERRO (1 etapa) (con sellador crómico)	0,20 - 0,30	POBRE	200
FOSFATO DE HIERRO (3 etapas) (con sellador crómico)	0,3 - 0,5	BUENA	250 -300
FOSFATO DE HIERRO (5 etapas) (con sellador crómico)	1,5 - 1,0	BUENA	300 -500
FOSFATO DE ZINC (microc.)	1,0 - 3,0	EXCELENTE	500-1000

Fuente: AKSO NOBEL

- Fosfato de Zinc: Es el menos común con la pintura en polvo el peso de capa es de 1,5 a 3 gr. /m² presenta muy buena adhesión, buena resistencia a la corrosión, elevada formación de lodos y requiere dosificación automática.

2. Capas de conversión para aluminio pueden ser:

Cromatos: Es el más común sobre Aluminio el peso de capa es de 1 a 3 gr. /m² tiene muy buena adhesión, buena resistencia a la corrosión y posee delicado equilibrio químico.

Pasivado:

Formación de una película relativamente inerte, sobre la superficie de un material generalmente metal, existen dos tipos de pasivado: pasivado con ácido cítrico y pasivado con ácido nítrico, el proceso de pasivado con ácido cítrico es ecológicamente más sano, pero el proceso con ácido nítrico es el más popular.

Anexo E. Ventajas de la pintura en polvo.

VENTAJAS DEL USO DE LA PINTURA EN POLVO

- Ausencia de VOC (Compuestos Orgánicos Volátiles).
- Generan bajo nivel de residuos.
- No necesita solventes para su dilución, No son inflamables.
- Reducen el área de depósito.
- Reducen los costos de deposición de residuos.
- Excelente reciclaje del polvo, generando a lo sumo 5% de pérdida en el proceso.
- Reducen los riesgos para la salud.
- Proceso independiente de la humedad y la temperatura del aire.
- Producto listo para su uso.
- Aumento de la productividad con reducción del tiempo de proceso (aplicación/curado).
- Elevada resistencia físico - química dentro de las especificaciones de los clientes.

Tabla E1. Ventajas pintura líquida vs. pintura en polvo.

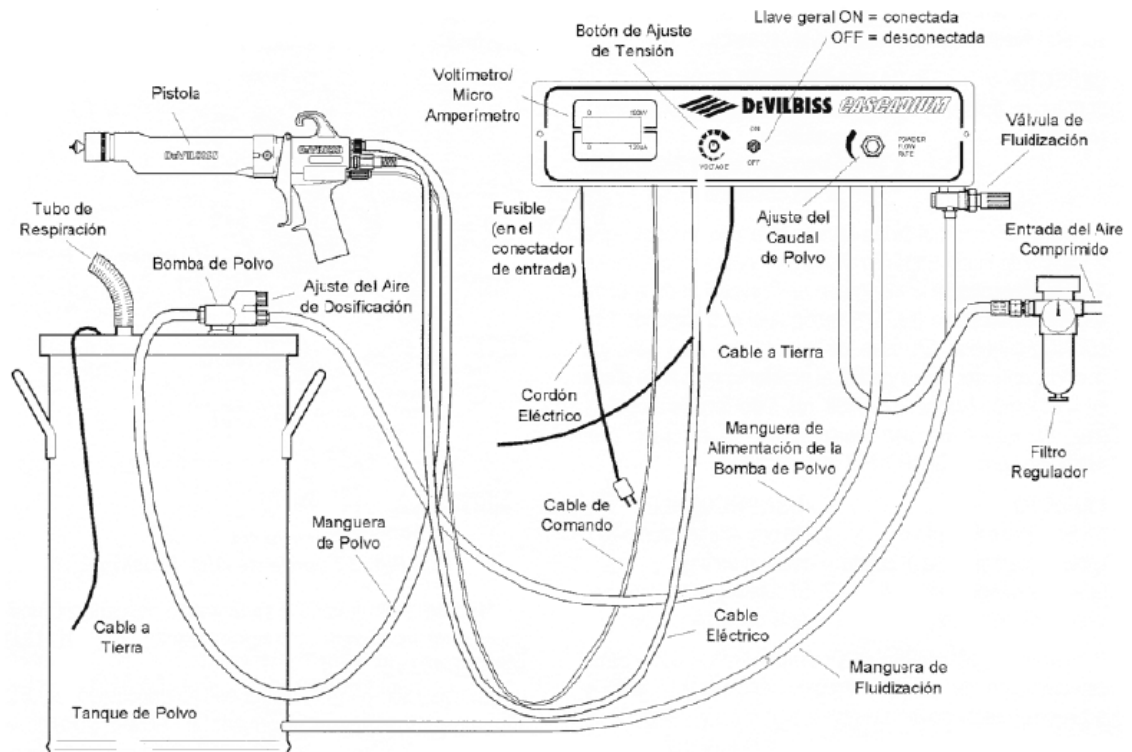
Características	Pintura en polvo	Pintura Líquida
Sólidos por volumen	100%	40%
Volátiles	0	60%
Aprovechamiento	98%	70%
Riesgo de incendio	No	Alto
Riesgo de explosión	Bajo	Alto
Zona de tinturación	No	Si
Presencia de lodos	No	Si
Facilidad de limpieza	Alta	Baja
Eficiencia de producción	Alta	Menor
Amigable con el medio ambiente	Si	No
Seguridad para el trabajador	Alta	Baja

Anexo F. Sistemas de aplicación

Equipos de aplicación-Pistolas

Al activar el gatillo de la pistola se produce la succión del polvo depositado en el lecho, habrá que ajustar las condiciones de aplicación desde el cuadro de control dependiendo sobre todo de la pieza a pintar y las condiciones de la instalación, estas condiciones son: 60-70 kV -20-30 μ A. El polvo al friccionar con el teflón o nylon ocasiona un desgaste del material que poco a poco va aumentando su diámetro interno y va reduciendo la cantidad de polvo aplicado reduciendo los espesores, la fricción del polvo con el vénturi puede causar una polimerización del polvo con la consiguiente obturación del vénturi. Las partes del equipo de aplicación son: vénturi, electrodos y cableado, mangueras, lecho fluidificado y ganchos.

Figura F1. Equipo de aplicación



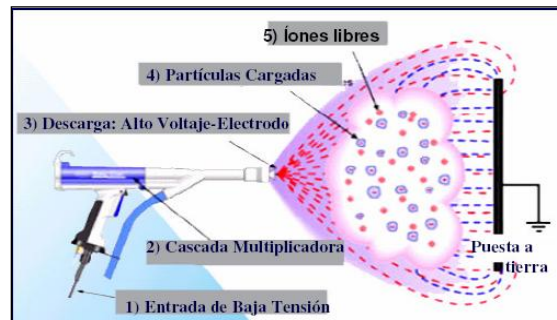
Sistema de aplicación Corona

El aire de transporte aspira el polvo agitado o fluidizado del depósito de reserva y lo transporta como mezcla de aire/polvo por la manguera y la pistola. Los portadores de carga, generados por el electrodo emisor de efluvios (Emanación de pequeñas partículas)⁴ mediante la ionización por choque, proporcionan allí la

⁴ impratrina junio 2004 pag 50.

carga electrostática del polvo, adhiriéndose a su superficie. Los iones libres formados fluyen hacia el contraelectrodo conectado a tierra. El polvo cargado de este modo se pulveriza y queda adherido a la pieza. Bajo este aspecto es digno de atención que, en caso de polaridad negativa, la intensidad de la corriente de pulverización es casi el doble que con la polaridad positiva.

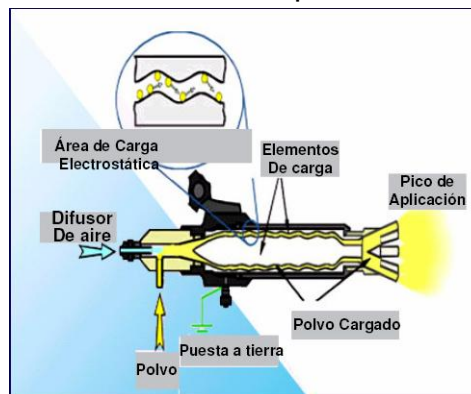
Figura F2. Sistema de aplicación corona.



Sistema de aplicación Triboeléctrica.

La pistola carga electrostática por fricción (Tribo) hace uso de otra técnica muy popular, que permite transformar cada vez más calidades de polvo. Un hecho significativo es que, con este procedimiento no se forma ningún campo eléctrico entre la pistola y la pieza a pintar, no hay entrada de energía, el propio cuerpo de la pistola funciona como vórtice, el flujo de polvo es menor que en el sistema de corona, el polvo ya cargado es lanzado por los picos, que poseen una configuración propia para una buena aplicación; la penetración del polvo en los huecos y cavidades de las piezas es eficaz y garantiza un recubrimiento óptimo, esta técnica se aplica para objetos con geometría compleja elimina la caja de faraday.

Figura F3. Sistema de aplicación triboeléctrico.



CABINAS DE APLICACIÓN.

Cabina Estacionaria.

En el sistema de pintura manual, los operadores de la línea de pintura tienen que cargar el material a ser pintado en una ganchera, colocarla para pintar la cabina, removerla para colocarla en el horno y retirarla nuevamente para enfriar.

Figura F4. Cabina de aplicación estacionaria.

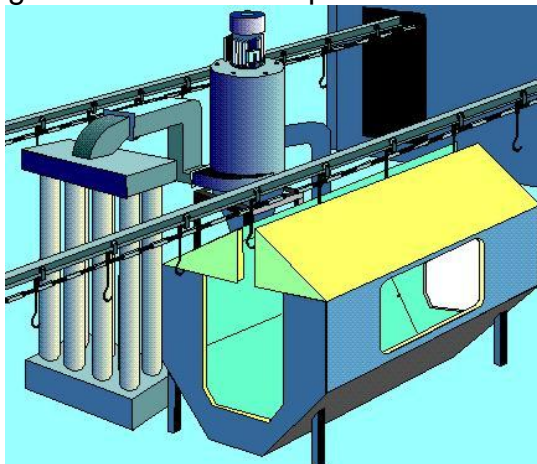


Fuente: Acatec instalaciones de pinturas S.L

Cabina Continua

En líneas continuas, la única operación manual es la colocación en la ganchera y el retiro de las piezas, prácticamente frías, después del curado. La puesta a tierra es necesaria para que haya atracción entre el polvo y la pieza.

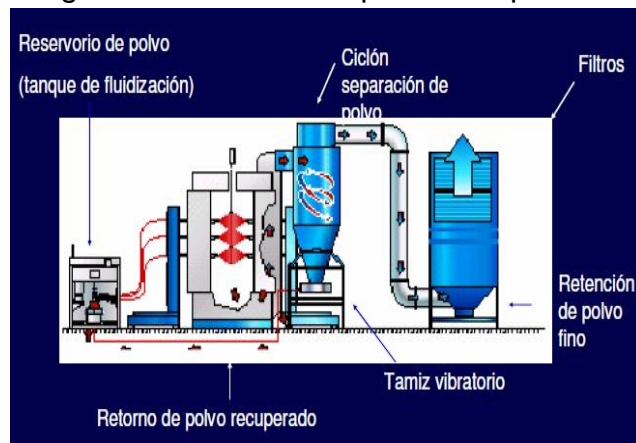
Figura F5. Cabina de aplicación continua.



Cabina tipo ciclón.

El polvo no adherido a la pieza tratada llega por una tubería al ciclón, que lo separa del aire a través de un dispositivo de aspiración, dispuesto generalmente en la zona inferior de la cabina, para garantizar el buen funcionamiento del ciclón la velocidad de de circulación en la tubuladora de entrada ha de ser 20m/s aproximadamente. La cribadora limpia el polvo recuperado y lo recoge en el depósito de polvo para su reutilización, el filtro final aspira el polvo no separado por el ciclón y lo acumula en su depósito colector limpiándolo; el aire purificado de la cabina se lleva después a la sala de trabajo mediante el soplador por medio de un amortiguador de sonidos y un filtro absoluto.

Figura F6. Cabina de aplicación tipo ciclón.



Cabina cinta filtrante

Las instalaciones de cintas filtrantes contienen dos circuitos del sistema neumático totalmente separados. El circuito grande está destinado al aire de salida de la cabina, generado por el ventilador de presión media. El circuito pequeño para la recuperación de polvo se forma por el soplador del canal de derivación, el polvo no adherido a la pieza tratada sigue la corriente de aire al fondo de la cabina y una cinta filtrante con circulación continua que separa el polvo del aire lo transporta a la tobera de aspiración, ubicada fuera de la zona de aspiración, que efectúa una limpieza continua sobre todo el ancho de la cinta.

Anexo G. Hornos de curado.

Hornos de convección

El aire calienta la cámara por la cual pasa la pieza y el polvo ya aplicado, consta de una fuente de suministro de calor, usualmente uno o varios quemadores con su sistema de control de llama, un sistema de aire de recirculación de aire caliente .Pueden ser de llama directa o indirecta.

Figura G1. Horno de curado de convección.



Hornos infrarrojos

Los hornos de infrarrojos funcionan bajo un principio diferente a los convencionales, éstos utilizan la radiación que se refiere a la transmisión de energía por medio de ondas o luz como los rayos infrarrojos. Los hornos de infrarrojos aportan calor directamente a la pieza ya pintada con calentamiento directo funde y polimeriza el polvo aplicado en tiempos muy rápidos, por lo que éste empieza a emitir rayos infrarrojos liberando así energía, la cual es luego absorbida por las partes pintadas.

Existen dos tipos de hornos de infrarrojos:

- Los de onda corta (lámparas de halógeno y cuarzo)
- Los de onda larga (elemento resistivo).

Los dos trabajan bajo el mismo principio, sólo que los hornos de onda corta son más eficientes ya que no requieren de precalentamiento y pueden curar las partes tan pronto entren en el horno.

Figura G2. Horno de curado infrarrojo.



Hornos ultravioletas

Intensidad de las lámparas de mercurio UV directa a la pieza, utilizado para plásticos y MDF, limitado por el perfil, material de la pieza y formulación del polvo.

Anexo H. Normas Técnicas Colombianas.

Las normas técnicas colombianas que rigen el control de calidad del producto son: NTC 877, 811, 592, 591, 1115, 5252.

NTC 877 Resistencia de los recubrimientos orgánicos a los efectos de la deformación rápida.

Esta norma toma como referencia la norma ASTM D 2794-93.

Describe el método de ensayo que evalúa la resistencia al impacto en recubrimientos, consiste en producir rápidamente una deformación por impacto sobre la muestra y evaluar el efecto causado por dicha deformación, esta se realiza mediante un aparato de operación mecánica el impactómetro consta de un tubo graduado para escoger la altura de impacto y un punzón que al dejarlo caer sobre la muestra ocasionara una deformación ya sea impacto directo (40 libras – pulgada) o inverso (25 libras – pulgada).

Figura H1. Impactómetro



NTC 811 Método de ensayo para medir la adhesión de un recubrimiento mediante el ensayo de cinta.

Esta norma es equivalente a la norma ASTM D 3359-95.

Describe el método de ensayo para evaluar la adhesión de las películas de recubrimientos aplicando y retirando una cinta adhesiva sensible a la presión, se realiza un corte en x con una herramienta cortante se aplica la cinta y se retira rápidamente para evaluar la adhesión del recubrimiento.

Figura H2. Medidor de adherencia



NTC 592 Determinación del brillo especular películas de pintura no metálica a distintos ángulos.

Esta norma es equivalente a la norma ASTM E -430.

Define el brillo especular a 20° , 60° y 85° como relación entre el flujo luminoso reflejado de un objeto en la dirección especular, por una fuente específica y a un ángulo con el receptor y el flujo luminoso reflejado de un vidrio con un índice de refracción IR de 1567 en la dirección especular. El equipo es un medidor brillo fotoeléctrico que consta de una fuente de luz y de un lente.

Figura H3. Medidor de brillo.



NTC 591 Método de ensayo para la medición no destructiva del espesor de película seca de recubrimientos no magnéticos aplicados a una base ferrosa.

Esta norma es equivalente a la norma ASTM D 1186-93.

Describe la medición no destructiva del espesor de una película seca de recubrimiento, los recubrimientos se deben aplicar dentro de ciertas tolerancias mínimas (60 micras) y máximas (80 micras), el equipo usado es el medidor de espesores se coloca directamente sobre la superficie para realizar las lecturas este determina cambios en el flujo magnético causados por variaciones en la distancia entre el magneto y el sustrato.

Figura H4. Medidor de espesores.



NTC 1115 Determinación de la flexibilidad de recubrimientos orgánicos-método del mandril.

Esta norma es equivalente a la norma ASTM D 522-93

Describe la resistencia al agrietamiento de los recubrimientos orgánicos aplicados sobre sustratos de láminas de metal, el equipo usado es el mandril cónico que determina la elongación y la resistencia al agrietamiento.

Figura H5. Mandril cónico

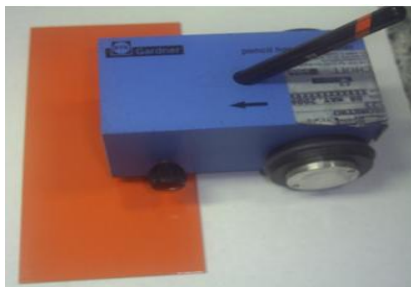


NTC 5252 Determinación de la dureza de películas de recubrimientos orgánicos mediante el ensayo del lápiz.

Esta norma es equivalente a la norma ASTM D 3363:2000

Describe el método para la determinación rápida y poco costosa de la dureza de la película seca, usando minas de lápices cuya dureza sea conocida desde la mina 6B (mas blanda) hasta la 8H (mas dura), se realizan trazos con diferentes minas desde la más dura hasta la más blanda obteniendo que la mina no corte ni forme ranura.

Figura H6. Medidor de dureza lápiz



Anexo I. Resultados de termografías curvas de curado de los hornos.

CURVAS DE CURADO HORNOS ESTÁTICO CONVECCIÓN QUEMADOR CON AIRE RECIRCULADO

INDUSTRIAS SAAD S.A.

Figura I1. Curva de curado horno N°1 piezas MarcOS

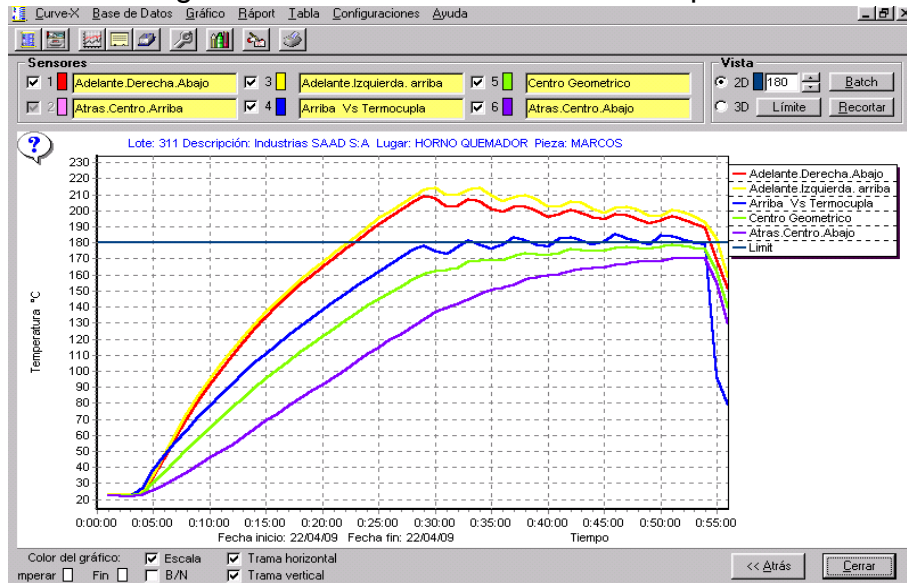


Tabla I1. Reporte de las especificaciones de curado y los datos de Temperatura máxima que registra cada sensor Horno N°1 pieza MarcOS

Ráport:

Identificación:
 Lote: 311 N° de serie: 642 Descripción: Industrias SAAD S.A.
 Lugar: HORNO QUEMADOR Pieza: MARCOS
 Operario: Andrea Camacho Tipo de Pintura: E/P (original) Nuevo
 Fecha: 22/04/09 Hora: 02:52:15 p Velocidad: ESTÁTICO Termostato 2:
 Lecturas: 56 (280) Intervalo: 00:01:00 Termostato 1: 180 Termostato 3:

Descripción del sensor y ubicación:
 Sensor 1: Adelante Derecha Abajo Sensor 2: Sensor 3: Adelante Izquierda, arriba
 Sensor 4: Arriba Vs Termocupla Sensor 5: Centro Geometrico Sensor 6: Atras Centro Abajo

Temp.:	Tempo:	Sensor 1:	Sensor 2:	Sensor 3:	Sensor 4:	Sensor 5:	Sensor 6:
Espc. 1 200 °C	00:08:00	00:10:29 131%		00:21:03 263%	00:00:00 0%	00:00:00 0%	00:00:00 0%
Espc. 2 180 °C	00:10:00	00:31:39 316%		00:32:51 328%	00:13:18 133%	00:00:00 0%	00:00:00 0%
Espc. 3 160 °C	00:15:00	00:36:19 242%		00:37:15 248%	00:29:48 199%	00:26:12 175%	00:13:54 93%
Espc. 4 °C							

Metodo Valor máximo: 210 °C °C 214 °C 186 °C 179 °C 171 °C

Figura I2. Curva de curado horno N°2 piezas Vigas

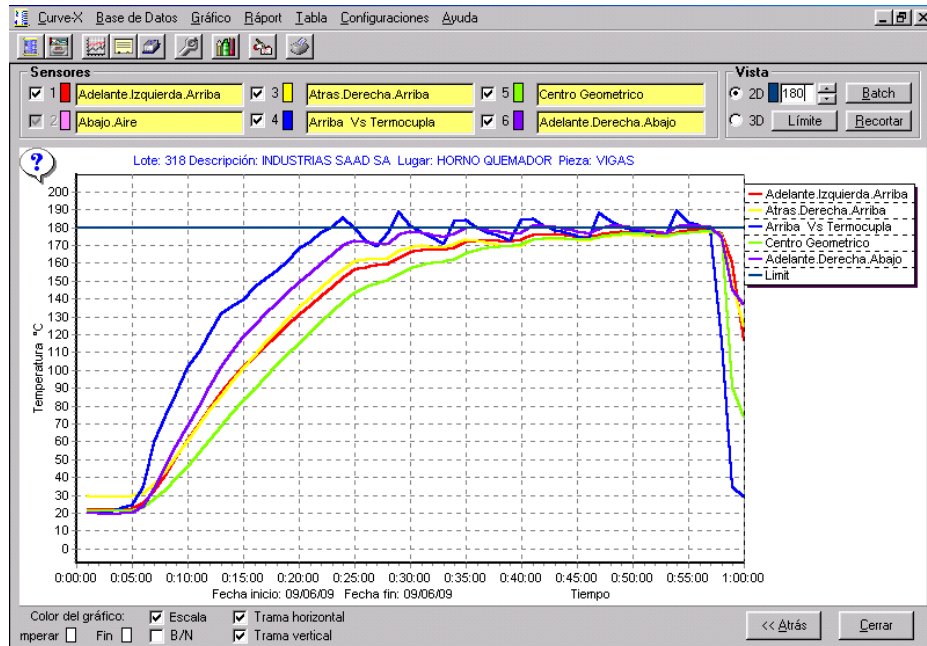


Tabla I2 .Reporte de las especificaciones de curado y los datos de Temperatura máxima que registra cada sensor Horno N ° 2 pieza Vigas

Ráport:

Identificación

Lote: 318 N° de serie: 642 Descripción: INDUSTRIAS SAAD SA
 Lugar: HORNO QUEMADOR Pieza: VIGAS
 Operario: Andrea Camacho Tipo de Pintura: EP (original) Nuevo
 Fecha: 09/06/09 Hora: 01:53:27 p Velocidad: Termostato 2:
 Lecturas: 60 (300) Intervalo: 00:01:00 Termostato 1: 180 Termostato 3:

Descripción del sensor y ubicación

Sensor 1: Adelante Izquierda, Arriba Sensor 2: Atras Derecha, Arriba Sensor 3: Arriba Vs Termocupla
 Sensor 4: Centro Geometrico Sensor 5: Adelante Derecha, Abajo

Especificaciones de curado

Temp.:	Tempo:	Sensor 1:	Sensor 2:	Sensor 3:	Sensor 4:	Sensor 5:	Sensor 6:
Espc. 1 200 °C	00:08:00	00:00:00 0%		00:00:00 0%	00:00:00 0%	00:00:00 0%	00:00:00 0%
Espc. 2 180 °C	00:10:00	00:00:00 0%		00:00:00 0%	00:15:12 152%	00:00:00 0%	00:07:02 70%
Espc. 3 160 °C	00:15:00	00:30:45 205%		00:33:35 224%	00:39:05 261%	00:26:07 174%	00:36:06 241%
Espc. 4 °C							

Valor máximo: 179 °C 178 °C 178 °C 192 °C 178 °C 182 °C

Comentario

Figura I3. Curva de curado pieza Brakets

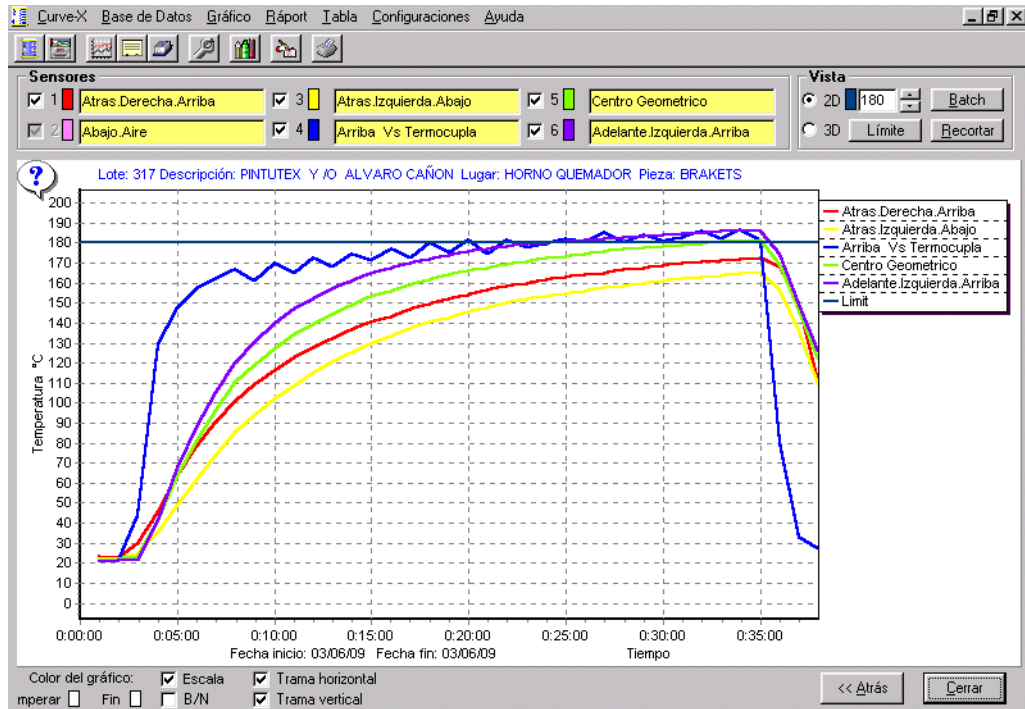


Tabla I3. Reporte de las especificaciones de curado y los datos de Temperatura máxima que registra cada sensor pieza Brakets

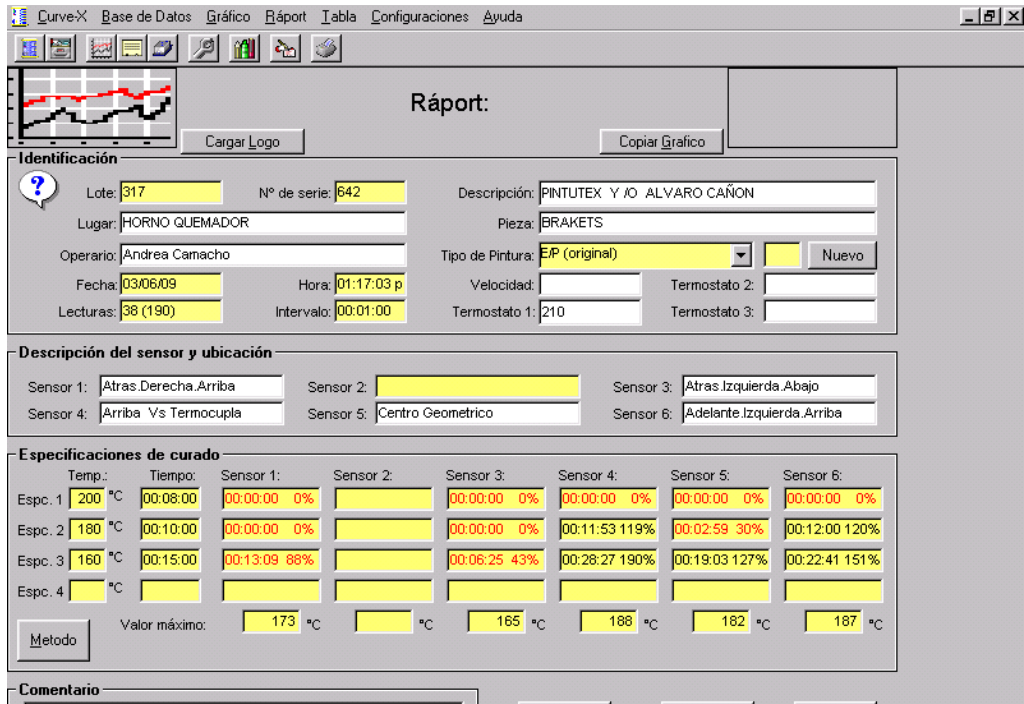


Figura I4. Curva de curado pieza Soporte de Cama

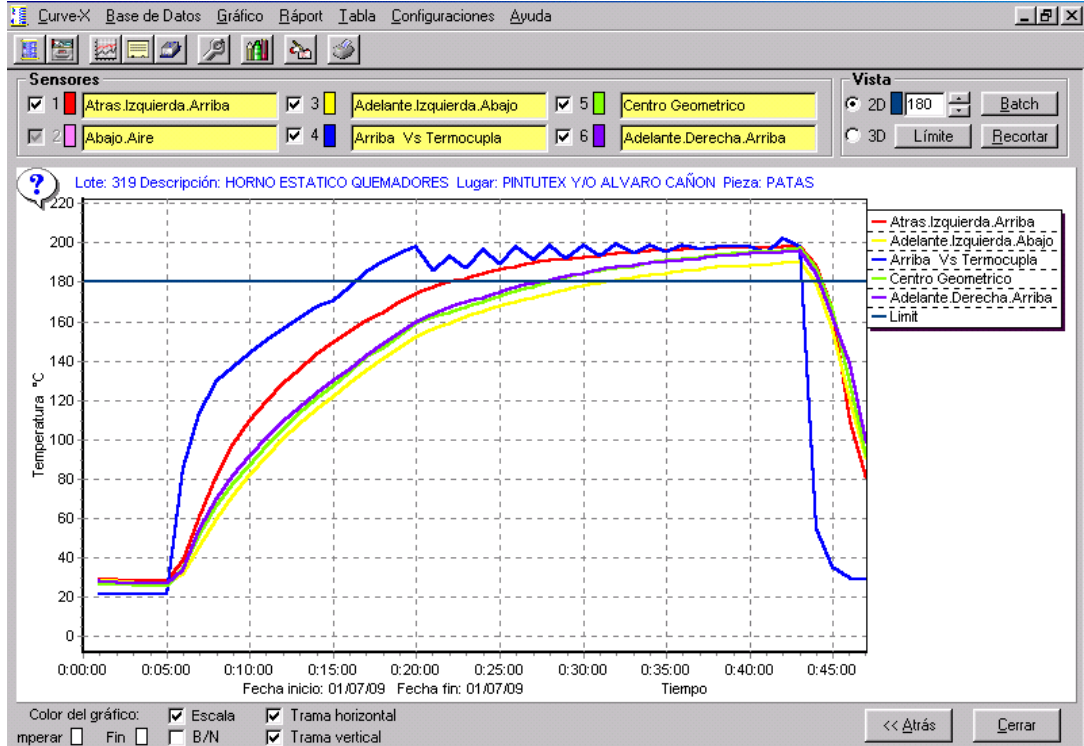


Tabla I4. Reporte de las especificaciones de curado y los datos de Temperatura máxima que registra cada sensor pieza Soporte de cama

Curve-X Base de Datos Gráfico Report Tabla Configuraciones Ayuda

Ráport: [Cargar Logo] [Copiar Gráfico]

Identificación

Lote: 319 Nº de serie: 642 Descripción: HORNO ESTATICO QUEMADORES
 Lugar: PINTUTEX Y/O ALVARO CAÑON Pieza: PATAS
 Operario: Andrea Camacho Tipo de Pintura: EP (original) [Nuevo]
 Fecha: 01/07/09 Hora: 02:01:12 p Velocidad: Termostato 2:
 Lecturas: 47 (235) Intervalo: 00:01:00 Termostato 1: 210 Termostato 3:

Descripción del sensor y ubicación

Sensor 1: Atras.Izquierda.Arriba Sensor 2: Sensor 3: Adelante.Izquierda.Abajo
 Sensor 4: Arriba Vs Termocupla Sensor 5: Centro Geometrico Sensor 6: Adelante.Derecha.Arriba

Especificaciones de curado

Temp.:	Tiempo:	Sensor 1:	Sensor 2:	Sensor 3:	Sensor 4:	Sensor 5:	Sensor 6:
Espc. 1 200 °C	00:08:00	00:00:00 0%		00:00:00 0%	00:01:15 16%	00:00:00 0%	00:00:00 0%
Espc. 2 180 °C	00:10:00	00:22:09 222%		00:12:26 124%	00:27:05 271%	00:16:13 162%	00:16:32 165%
Espc. 3 160 °C	00:15:00	00:28:09 188%		00:22:31 150%	00:30:37 204%	00:24:54 166%	00:24:57 166%
Espc. 4 °C							

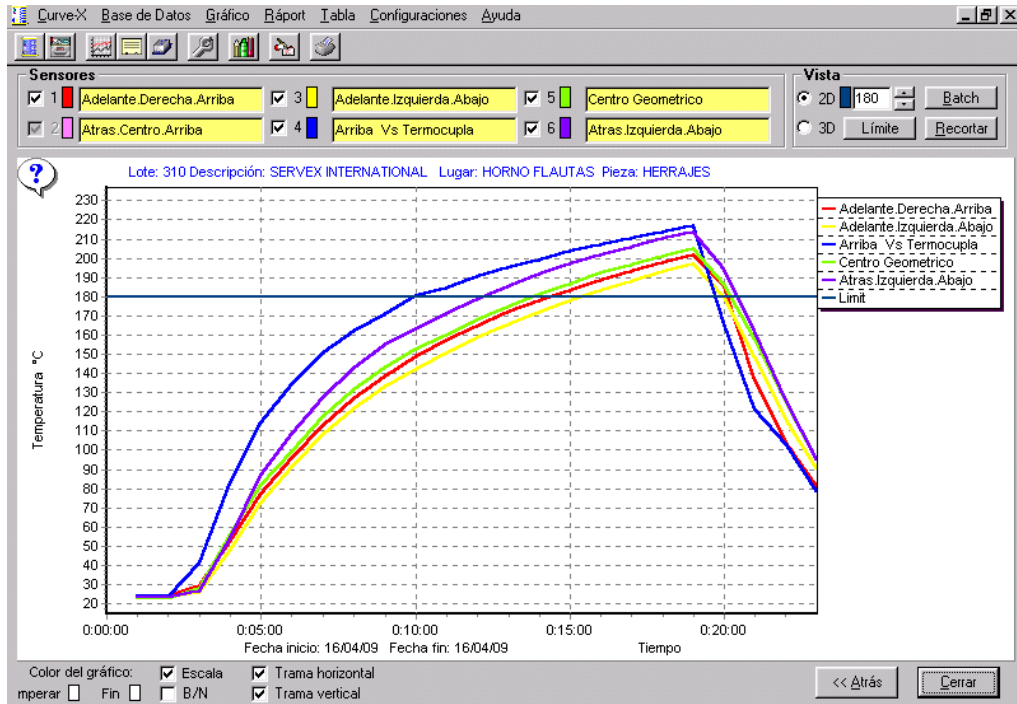
Metodo Valor máximo: 199 °C °C 191 °C 203 °C 198 °C 196 °C

Comentario

CURVA DE CURADO HORNO ESTÁTICO CONVECCIÓN DE FLAUTAS.

SERVEX INTERNATIONAL S.A.

Figura I5. Curva de curado piezas Herrajes



Tablas I5. Reporte de las especificaciones de curado y los datos de Temperatura máxima que registra cada sensor pieza Herrajes.

Ráport:

Identificación

Lote: 310 Nº de serie: 642 Descripción: SERVEX INTERNATIONAL
 Lugar: HORNO FLAUTAS Pieza: HERRAJES
 Operario: Andrea Camacho Tipo de Pintura: EP (original) Nuevo
 Fecha: 16/04/09 Hora: 01:43:21 p Velocidad: ESTÁTICO Termostato 2:
 Lecturas: 23 (115) Intervalo: 00:01:00 Termostato 1: 180 Termostato 3:

Descripción del sensor y ubicación

Sensor 1: Adelante.Derecha.Arriba Sensor 2: Sensor 3: Adelante.Izquierda.Abajo
 Sensor 4: Arriba Vs Termocupla Sensor 5: Centro Geometrico Sensor 6: Atras.Izquierda.Abajo

Especificaciones de curado

Temp.:	Tempo:	Sensor 1:	Sensor 2:	Sensor 3:	Sensor 4:	Sensor 5:	Sensor 6:
Espc. 1 200 °C	00:08:00	00:00:39 8%		00:00:00 0%	00:05:00 62%	00:01:45 22%	00:04:04 51%
Espc. 2 180 °C	00:10:00	00:05:41 57%		00:04:29 45%	00:09:30 95%	00:06:20 63%	00:08:08 81%
Espc. 3 160 °C	00:15:00	00:09:03 60%		00:08:23 56%	00:12:21 82%	00:09:56 66%	00:11:26 76%
Espc. 4 °C							

Valor máximo: 202 °C °C 198 °C 217 °C 206 °C 214 °C

Comentario

CURVA DE CURADO HORNO CONTINUO CONVECCIÓN DE QUEMADOR. METALICAS S.R. LTDA.

Figura I6.Curva de curado piezas Locker



Tabla I6.Reporte de las especificaciones de curado y los datos de Temperatura máxima que registra cada sensor pieza Locker

Curve-X Base de Datos Gráfico Report Tabla Configuraciones Ayuda

Ráport:

Cargar Logo Copiar Gráfico

Identificación

Lote: 312 N° de serie: 642 Descripción: METALICAS SR
 Lugar: HORNO CONTINUO Pieza: LOCKER 12
 Operario: Andrea Camacho Tipo de Pintura: EP (original) Nuevo
 Fecha: 28/04/09 Hora: 02:23:16 p Velocidad: 1.00 MTS/MIN Termostato 2:
 Lecturas: 26 (130) Intervalo: 00:01:00 Termostato 1: 290 Termostato 3:

Descripción del sensor y ubicación

Sensor 1: Centro.Geometrico Sensor 2: Adelante.arriba Sensor 3: Atrás.Abajo
 Sensor 4: Arriba.Vs.Termocupla Sensor 5: Atrás.Abajo Sensor 6: Centro.Arriba

Especificaciones de curado

Temp:	Tempo:	Sensor 1:	Sensor 2:	Sensor 3:	Sensor 4:	Sensor 5:	Sensor 6:
Esp. 1 200 °C	00:08:00	00:00:00 0%		00:00:00 0%	00:00:00 0%	00:00:00 0%	00:00:00 0%
Esp. 2 180 °C	00:10:00	00:00:00 0%		00:00:00 0%	00:00:00 0%	00:00:00 0%	00:00:00 0%
Esp. 3 160 °C	00:15:00	00:00:00 0%		00:00:00 0%	00:00:02 0%	00:00:00 0%	00:00:00 0%
Esp. 4 °C							

Valor máximo: 139 °C °C 149 °C 160 °C 142 °C 143 °C

Metodo

Comentario

Figura I7. Curva de curado pieza Entrepaña

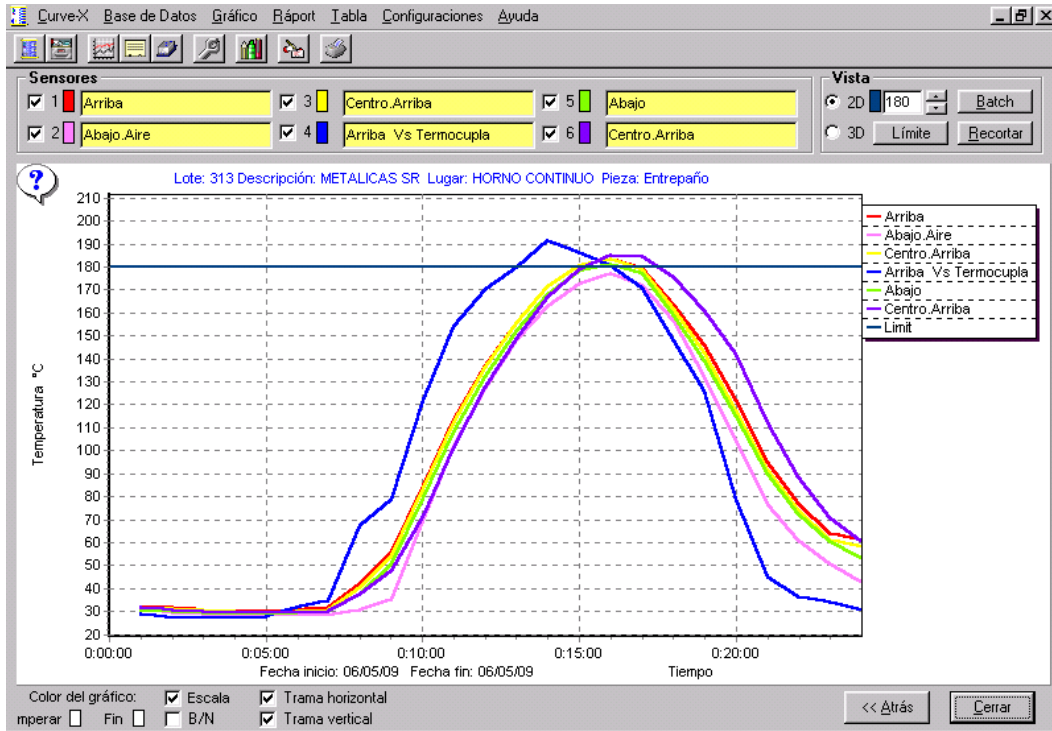


Tabla I7. Reporte de las especificaciones de curado y los datos de Temperatura máxima que registra cada sensor pieza Entrepaña

CurveX Base de Datos Gráfico Ráport Tabla Configuraciones Ayuda

Ráport:

Cargar Logo Copiar Gráfico

Identificación

Lote: 313 Nº de serie: 642 Descripción: METALICAS SR
 Lugar: HORNO CONTINUO Pieza: Entrepaña
 Operario: Andrea Camacho Tipo de Pintura: EP (original) Nuevo
 Fecha: 06/05/09 Hora: 03:23:35 p Velocidad: 1.025 MTSMIN Termostato 2:
 Lecturas: 24 (144) Intervalo: 00:01:00 Termostato 1: 220 Termostato 3:

Descripción del sensor y ubicación

Sensor 1: Arriba Sensor 2: Abajo Aire Sensor 3: Centro Arriba
 Sensor 4: Arriba Vs Termocupla Sensor 5: Abajo Sensor 6: Centro Arriba

Especificaciones de curado

Temp.:	Tempo:	Sensor 1:	Sensor 2:	Sensor 3:	Sensor 4:	Sensor 5:	Sensor 6:
Espc. 1 200 °C	00:08:00	00:00:00 0%	00:00:00 0%	00:00:00 0%	00:00:00 0%	00:00:00 0%	00:00:00 0%
Espc. 2 180 °C	00:10:00	00:01:52 19%	00:00:00 0%	00:01:53 19%	00:02:59 30%	00:00:52 9%	00:02:24 24%
Espc. 3 160 °C	00:15:00	00:04:52 32%	00:04:07 27%	00:04:46 32%	00:06:06 41%	00:04:26 30%	00:05:25 36%
Espc. 4 °C							

Metodo Valor máximo: 184 °C 178 °C 184 °C 195 °C 181 °C 186 °C

Comentario

Figura I8. Curva de curado pieza Arcos

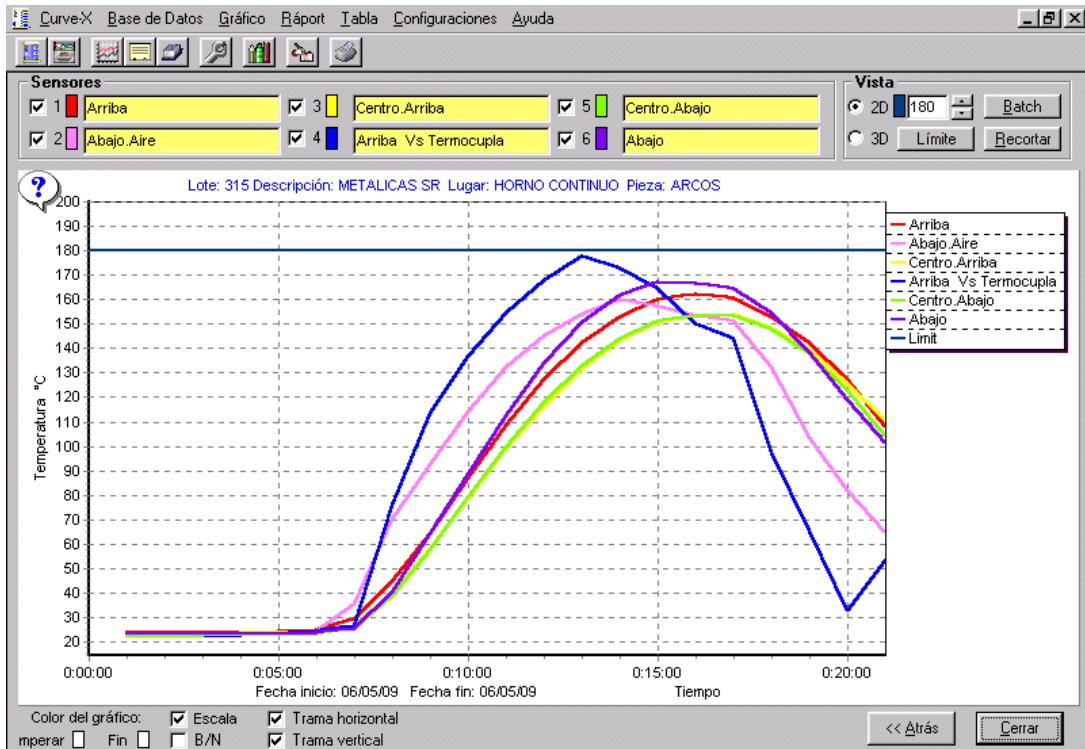


Tabla I8. Reporte de las especificaciones de curado y los datos de Temperatura máxima que registra cada sensor pieza Arcos

Ráport:

Cargar Logo Copiar Grafico

Identificación

Lote: 315 N° de serie: 642 Descripción: METALICAS SR
 Lugar: HORNO CONTINUO Pieza: ARCOS
 Operario: Andrea Camacho Tipo de Pintura: EP (original) Nuevo
 Fecha: 06/05/09 Hora: 06:41:35 p Velocidad: 1.08 MTSMIN Termostato 2:
 Lecturas: 21 (126) Intervalo: 00:01:00 Termostato 1: 220 Termostato 3:

Descripción del sensor y ubicación

Sensor 1: Arriba Sensor 2: Abajo Aire Sensor 3: Centro Arriba
 Sensor 4: Arriba Vs Termocupla Sensor 5: Centro Abajo Sensor 6: Abajo

Especificaciones de curado

Temp.:	Tiempo:	Sensor 1:	Sensor 2:	Sensor 3:	Sensor 4:	Sensor 5:	Sensor 6:
Espc. 1 200 °C	00:08:00	00:00:00 0%	00:00:00 0%	00:00:00 0%	00:00:00 0%	00:00:00 0%	00:00:00 0%
Espc. 2 180 °C	00:10:00	00:00:00 0%	00:00:00 0%	00:00:00 0%	00:00:00 0%	00:00:00 0%	00:00:00 0%
Espc. 3 160 °C	00:15:00	00:02:02 14%	00:00:23 3%	00:00:00 0%	00:03:50 26%	00:00:00 0%	00:03:43 25%
Espc. 4 °C							

Metodo Valor máximo: 162 °C 161 °C 154 °C 179 °C 154 °C 168 °C

Comentario

Anexo J. Resultados pruebas de rendimiento.

EMPRESA: KADEL DE COLOMBIA LTDA.

Tabla J1. Medición de espesores

Muestra	Pieza	Espesor promedio total μ
1	Soporte lateral de cajón	62,6
2	Refuerzo tapacable	61,7
3	Correderas para cajón	65,2
Promedio total espesor μ		63,16

Tabla J2. Área total pintada

PRODUCTO	ÁREA m ²	NÚMERO DE PIEZAS PINTADAS	ÁREA PINTADA (m ²)
Portacajon	0,144	2	0,288
Portacajon2	0,3904	2	0,7808
Soporte tubo	0,3048	1	0,3048
Refuerzo piso	0,2552	1	0,2552
Chambrana de cajón	0,3198	1	0,3198
Piso	1,864	1	1,864
Correderas para cajón	0,0728	8	0,5824
Soporte lateral	0,1008	17	1,7136
Refuerzo tapacable	0,1072	9	0,9648
		ÁREA TOTAL PINTADA (m ²)	7,0734

Tabla J3. Consumo de pintura

CONSUMO DE PINTURA	
Pintura Inicial (kg)	Pintura Final Recuperada(kg)
25	24,17
TOTAL CONSUMO	0,83 kg

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO.

Área total pintada m²: área pieza * N° piezas pintadas.

$$\begin{aligned} \text{Área total pintada m}^2 &= (0,144 \text{ m}^2 \cdot 2) + (0,3904 \text{ m}^2 \cdot 2) + (0,3048 \text{ m}^2 \cdot 1) + \\ &+ (0,255 \text{ m}^2 \cdot 1) + (0,319 \text{ m}^2 \cdot 1) + (1,86 \text{ m}^2 \cdot 1) + (0,072 \text{ m}^2 \cdot 8) + (0,100 \text{ m}^2 \cdot 17) + \\ &+ (0,1072 \text{ m}^2 \cdot 9) = 7,0734 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Pintura real consumida kg = kg Pintura inicial – kg pintura final- kg pintura recuperada.

Pintura real consumida kg = 25 kg -24,17 kg = 0,83 kg.

R= Área total pintada m² / Pintura real consumida kg.

$$R = \frac{7,0734 m^2}{0,83 kg} = 8,5 \frac{m^2}{kg}$$

EMPRESA: CILGAS S.A.

Tabla J4. Medición de espesores

Muestra	Pieza	Espesor promedio μ
1	Cilindro	109,5
2	Cilindro	87,95
3	Cilindro	83,32
Promedio total espesor μ		93,59

Tabla J5. Área total pintada

PRODUCTO	ÁREA m ²	NÚMERO DE PIEZAS PINTADAS	ÁREA TOTAL PINTADA (m ²)
Cilindro	0,95	219	208,1

Tabla J6. Consumo de pintura

CONSUMO DE PINTURA	
Pintura Inicial (kg)	Pintura Final Recuperada(kg)
25	1,76
TOTAL CONSUMO 23,2 kg	

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO.

Área total pintada m²: área pieza * N^o piezas pintadas.

Área total pintada m² = (0,95 m²*219) = 208,1 m²

Pintura real consumida kg = kg Pintura inicial – (kg pintura final+ kg pintura recuperada).

Pintura real consumida kg = 25 kg -1,76 kg = 23,2 kg.

R= Área total pintada m² / Pintura real consumida kg.

$$R = \frac{208,1m^2}{23,2kg} = 8,9 \frac{m^2}{kg}$$

EMPRESA: MUEBLES Y DISEÑOS APH LTDA

Tabla J7. Medición de espesores

Muestra	Pieza	Espesor promedio μ
1	Exhibidores Agua Brisa	95,5
2	Exhibidores Agua Brisa	65,04
Promedio total espesor μ 86,4		

Tabla J8. Área total pintada.

PRODUCTO	ÁREA m ²	NÚMERO DE PIEZAS PINTADAS	ÁREA TOTAL PINTADA (m ²)
Agua Brisa	1,1576	21	24,3096

Tabla J9. Consumo de pintura

CONSUMO DE PINTURA	
Pintura Inicial (kg)	Pintura Final(kg)
5,164	1,386
TOTAL CONSUMO 3,778 kg	

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO.

Área total pintada m²: área pieza * N^o piezas pintadas.

Área total pintada m² = (1,1576 m²*21) = 24,3096 m²

Pintura real consumida kg = kg Pintura inicial – (kg pintura final+ kg pintura recuperada).

Pintura real consumida kg = 5,164 kg -1,386 kg = 3,778 kg.

R= Área total pintada m² / Pintura real consumida kg.

$$R = \frac{24,3096 m^2}{3,778 kg} = 6,43 \frac{m^2}{kg}$$

EMPRESA: INDUSTRIAS SAAD S.A.

Tabla J10. Medición de espesores.

Muestra	Pieza	Espesor promedio μ
1	Vigas	78,2
2	Pisos Troquelados	77,6
3	Riostras	70,7
Promedio total espesor μ 75,5		

Tabla J11. Área total pintada.

PRODUCTO	ÁREA m ²	NÚMERO DE PIEZAS PINTADAS	ÁREA TOTAL PINTADA (m ²)
Vigas	0,88	54	47,952

Tabla J12. Consumo de pintura.

CONSUMO DE PINTURA	
Pintura Inicial (kg)	Pintura Final Recuperada(kg)
25	18
TOTAL CONSUMO 7 kg	

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO.

Área total pintada m²: área pieza * N° piezas pintadas.

Área total pintada m² = (0,88 m²*54)= 47,952 m²


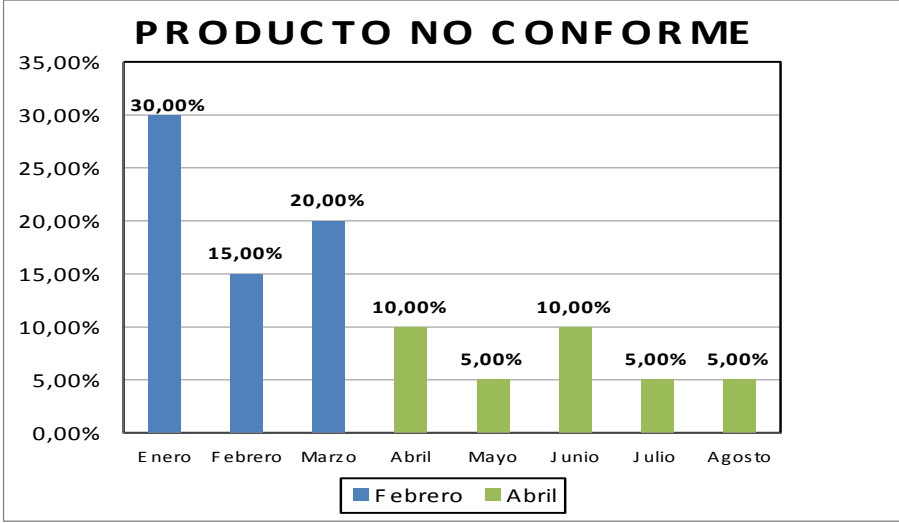
Pintura real consumida kg = kg Pintura inicial – (kg pintura final+ kg pintura recuperada).

Pintura real consumida kg = 25 kg -18 kg = 7 kg.

R= Área total pintada m² / Pintura real consumida kg.

$$R = \frac{47,952m^2}{7kg} = 9,8 \frac{m^2}{kg} .$$

Anexo K. Informe de Indicador producto no conforme

		<h1 style="margin: 0;">INFORME DE INDICADOR</h1>							
INDICADOR: Producto no conforme						PERIODO EVALUADO: Enero -Agosto 2009			
FORMULA: $\frac{\text{N}^\circ \text{ no conformidades del producto en el mes}}{\text{N}^\circ \text{ total de no conformidades en el periodo evaluado}} \times 100$						META: <15%			
PERIODO DATOS	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	
Nº de No conformidades mes	6	3,00	4,00	2,00	1,00	2,00	1,00	1,00	
Nº Total de no conformidades	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	
RESULTADO %	30,00%	15,00%	20,00%	10,00%	5,00%	10,00%	5,00%	5,00%	
A N A L I S I S DE LOS RESULTADOS DEL INDICADOR DE FECHA									
GRAFICO					DATOS				
<div style="text-align: center;"> <h3 style="margin: 0;">PRODUCTO NO CONFORME</h3>  </div>					<p>A partir de abril cuando el sistema de instrucción y la asesoría es prestada a las respectivas empresas el indicador presenta una mejora ante una disminución de las no conformidades de los clientes. En los primeros cuatros meses las no conformidades reportan en promedio un 18, 5%, para los siguientes cuatro meses el indicador se ubica a niveles del 6,25% lo que representa una disminución de 12.25 puntos porcentuales.</p>				