

300618



UNIVERSIDAD LA SALLE 8

ESCUELA DE QUIMICA
INCORPORADA A LA U.N.A.M. 2y

**"FACTORES FISICO-QUIMICOS EN LA APLICACION
DE PINTURAS AUTOMOTRICES".**

TESIS PROFESIONAL
Que para obtener el Título de
INGENIERO QUIMICO
p r e s e n t a
JOSE LUIS GONZALEZ RODRIGUEZ

Mexico, D. F.

1 9 9 1



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE.

	pág
I.- La Pintura Automotiva.....	1
a) Componentes y sus funciones.....	2
b) Manufactura de la Pintura.....	5
c) Pruebas de Control de calidad.....	12
d) Recomendaciones de manejo.....	12
II.- Características en el Acabado.....	13
a) Durabilidad.....	14
b) Apariencia.....	17
b.1) Brillo.....	17
b.2) Tono.....	17
b.3) D.O.I.....	18
b.4) Espesor de Película.....	18
III.- Factores de Aplicación.....	19
Secado de la Partícula.....	19
a) Atomización.....	23
b) Distancia y Velocidad de Aplicación.....	32
c) Solventación y Viscosidad.....	34
d) Temperatura.....	39
d.1) De Pintura.....	39
d.2) De Cabina.....	44
e) Balance de Caseta (Humedad Relativa y Ve- locidad de Aire).....	45
IV.- Analisis de los Factores en un caso presentado en la Industria.....	47
V.- Conclusiones.....	64
BIBLIOGRAFIA.....	66

I.- LA PINTURA AUTOMOTIVA.

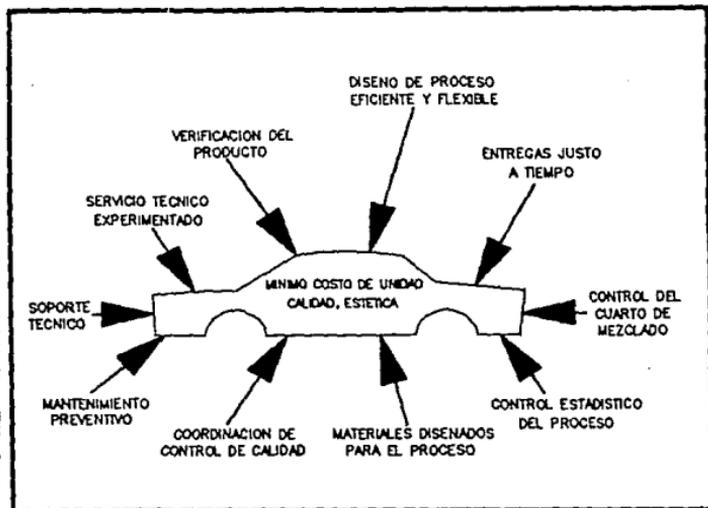
En los últimos años, la calidad de los productos fabricados en el país ha tenido que mejorarse debido a las siguientes necesidades: la de competir con los artículos de importación y la de asegurar la aceptación y competencia en el mercado mundial para los productos de exportación.

En el caso de la industria automotriz, es muy importante mejorar la calidad de los automóviles para poder seguir exportando y compitiendo con los armados en Estados Unidos y Canadá.

El cliente siempre quedará impresionado por la alta calidad que puede ofrecerle un automóvil, la apariencia y el costo son muy importantes, pero para muchos compradores un buen trabajo de pintura es lo que los deja impresionados: profundidad de imagen, riqueza en la apariencia de la pintura, brillo y resplandor. Como la imagen de perfección, el aspecto de pintura es lo primero que un cliente ve en un automóvil y afortunadamente su acabado de pintura es algo que puede controlarse. En muchas partes del mundo, una gran parte del automóvil se pinta con equipos automáticos, pero sin que importe lo adelantado del equipo que se use, la calidad de un acabado de pintura depende del operador que aprieta el gatillo de la pistola, esto no quiere decir que sólo sea su responsabilidad. En la calidad de una pintura automotiva todos participan: los proveedores que deben suministrar un producto de calidad, la pintura del futuro tiene que ofrecer una apariencia mejor, mayor calidad y menos contaminación que antes; las plantas armadoras tienen que proporcionar la capacitación, el equipo y las instalaciones más modernas y los operadores que tienen la responsabilidad de dar su mejor esfuerzo para obtener un producto de calidad, es decir, es cumplir con los requisitos de los clientes.

Este trabajo se concentrará en aspectos básicos y mucho de lo que se hablará trata de nuevos materiales de pintura tales como los sistemas de recubrimiento de altos contenidos sólidos capa-base (sistema bicapa). No obstante los aspectos básicos se siguen aplicando; las instalaciones son importantes claro está, sin embargo se puede contar con equipos muy modernos y nuevos, pero esto no proporcionará lo más importante que se necesita, la habilidad y esto es verdad en cualquier parte del mundo, y de aquí se desprende

el objetivo de esta Tesis que es: "Obtener control en los factores involucrados durante la aplicación de la pintura automotriz, así como los defectos que pueden ser generados con el fin de obtener unidades con calidad de exportación y poder llegar a establecer un programa de cero defectos."

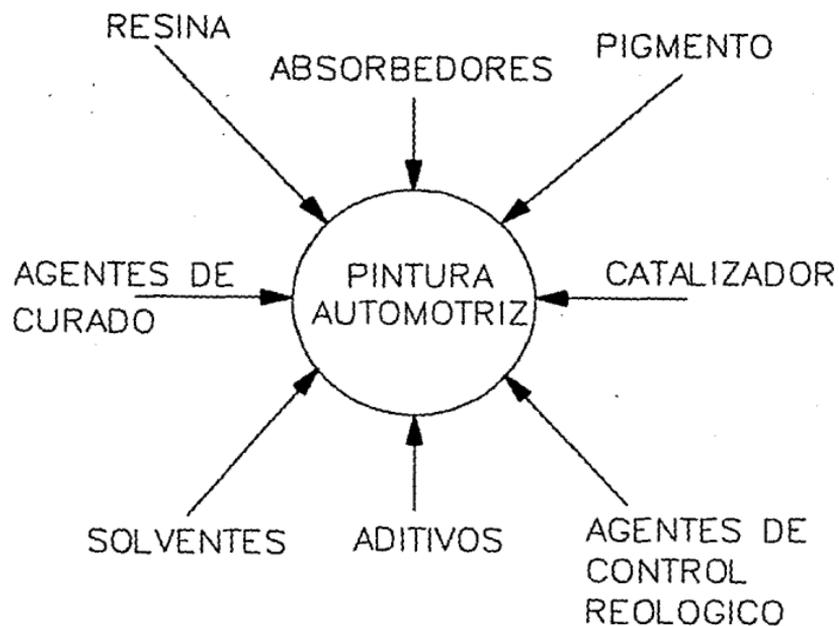


a) Componentes y sus Funciones:

La necesidad de mejorar la calidad de los acabados automotrices ha llevado a la evolución de las pinturas automotivas. Anteriormente los automoviles se pintaban con esmaltes alquídicos, después surgieron las lacas de nitrocelulosa que dieron origen a las lacas acrílicas que tenían buena apariencia y brillo pero no eran durables; entonces se regresó al uso de los esmaltes, pero en esta ocasión fueron esmaltes acrílicos NAD (de dispersión no acuosa) para después empezar con los esmaltes bicapa. En la actualidad los esmaltes NAD y los esmaltes bicapa son los más usados por las plantas armadoras de automóviles.

A continuación se muestran los componentes de la pintura de manera esquemática y posteriormente se describirán brevemente cada uno de ellos.

COMPONENTES DE UNA PINTURA AUTOMOTRIZ



1.-) RESINA: Es una molécula de cadena larga (polímero) de red espacial con muchos enlaces cruzados formando estructuras tridimensionales aunque irregulares y rígidas, sintetizadas de un monómero específico.

La resina es el elemento principal en el sistema de aplicación ya que participa activamente en el mecanismo de curado (transformación de la película húmeda de pintura a película sólida por la acción del calor) además de dar a la película muchas de las características en el acabado final. Algunas de las resinas usadas en la manufactura de las pinturas automotrices son: Acrílicas, Poliuretanos, Poliésteres, etc.

2.-) PIGMENTO: Son compuestos orgánicos e inorgánicos con color inherente como cualidad. Los pigmentos pueden ser clasificados en tres tipos: color (liso), metálico y de relleno. La ilimitada combinación de pigmentos nos da de igual forma un número ilimitado de colores. La concentración de pigmento en una pintura determina el poder cubriente de la misma. En las pinturas primarias el pigmento puede mejorar la resistencia a la corrosión y la habilidad para ser lijado.

3.-) AGENTE DE CURADO: Es una resina especializada la cual es responsable del mecanismo de curado.

Sobre activado con calor, el agente de curado reacciona con la otra molécula de resina formando una red. Este es el proceso con el cual la pintura se transforma de pintura líquida a pintura seca, sólida o curada.

4.-) CATALIZADOR: Es un compuesto químico el cual participa en el mecanismo de curado (Reacción Química) sin consumir todo el proceso de reacción.

Una vez iniciando el proceso de curado de la película de pintura, la presencia del catalizador permite la realización de la reacción química a bajas temperaturas (250 F). Cuando se agrega más catalizador, esta película puede curar a temperaturas de 180 F (82 C).

5.-) AGENTES DE CONTROL REOLÓGICO: Son compuestos químicos los cuales alteran o modifican las características de la película de pintura húmeda.

Tipicamente los agentes de control reológico existen en dos estados: Primero, como fluidos de baja viscosidad, cuando la energía mecánica es aplicada a ellos o están en bajas concentraciones (antes de la evaporación de solventes). Segundo, como fluidos de alta viscosidad, cuando la energía es removida y el solvente ha

sido evaporado después de la aplicación. Los agentes de control reológico son usados para aumentar la resistencia al escurrido de una pintura y para el control del manchado.

6.-) **ABSORBEDORES ULTRAVIOLETA:** Son compuestos químicos los cuales son sensitivos a la energía solar, como son las benzofenonas.

Los amortiguadores químicos los cuales absorben la energía de la luz solar y la liberan de alguna forma de tal manera que no daña la película de pintura. Los absorbedores de la energía solar aumentan considerablemente la durabilidad del acabado automotriz.

7.-) **ADITIVOS PARA FLUJO:** Son compuestos químicos que alteran las características de flujo de una película de pintura, como son los ácidos carboxílicos, ésteres del ácido sulfúrico, ácidos sulfónicos, etc.

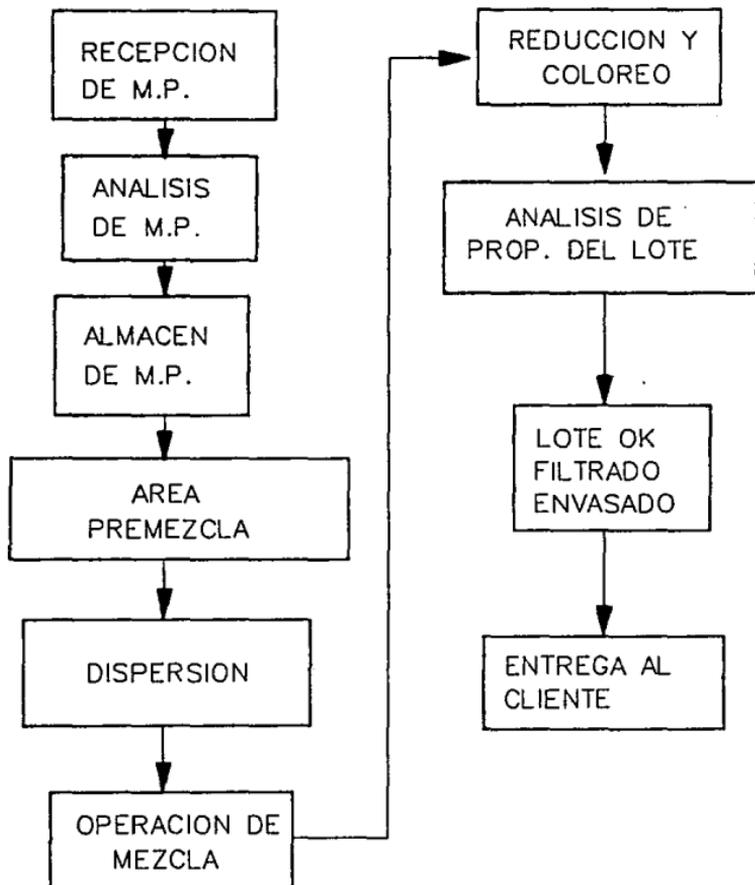
Estos aditivos están presentes en muy bajas concentraciones. Son usados principalmente para ayudar a la compatibilidad de la brisa entre productos y contaminantes los cuales pueden causar daños a la película de pintura.

8.-) **SOLVENTES:** Son compuestos orgánicos de muy baja viscosidad, que son usados para reducir la pintura a una viscosidad de aplicación. Cuando existe una buena selección del balance de solventes es más fácil controlar las propiedades de la película de pintura.

b) **Manufactura de la Pintura:**

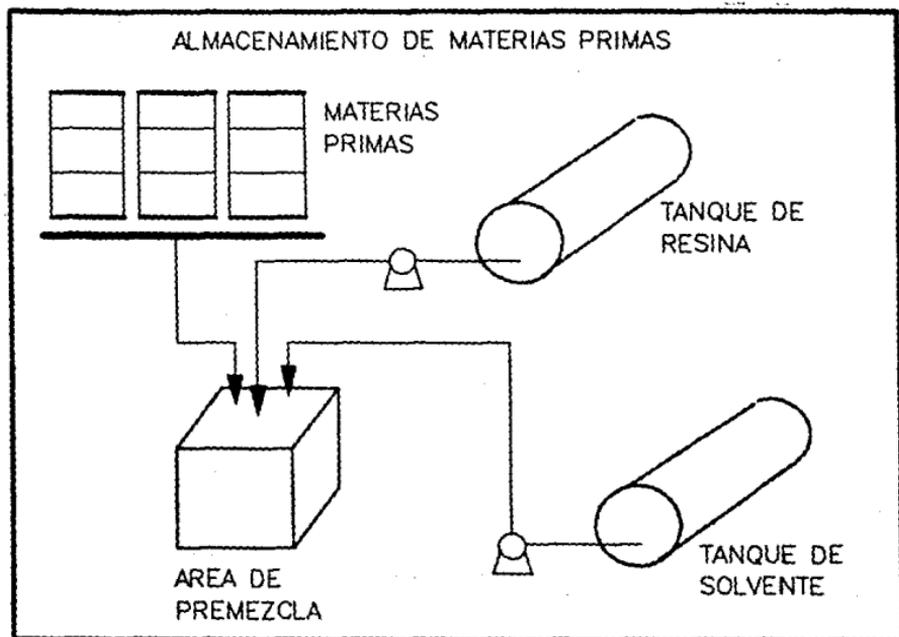
A continuación se muestra un diagrama de flujo de las operaciones que se siguen en la manufactura de la pintura automotriz y una breve descripción de cada operación.

MANUFACTURA DE UNA PINTURA
AUTOMOTRIZ



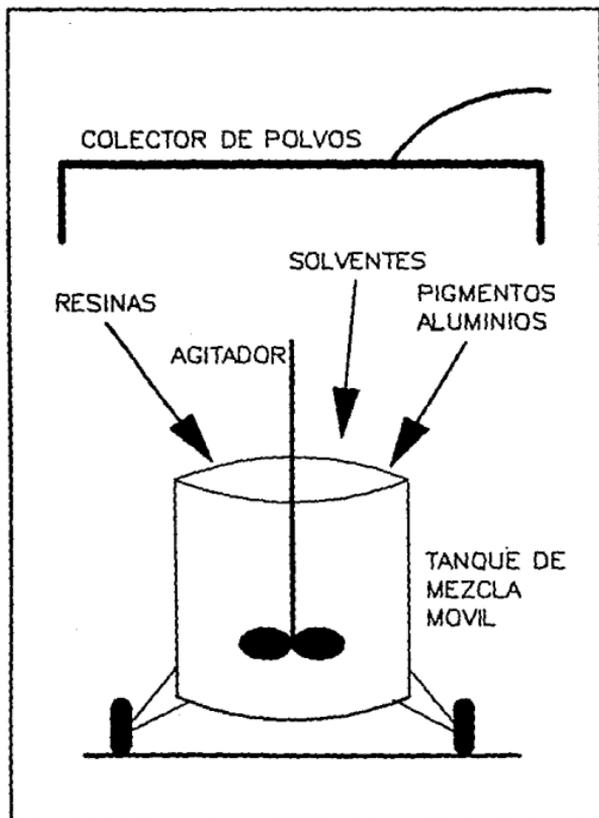
1.-) Almacenamiento de Materias Primas:

Las materias primas sólidas se reciben generalmente en sacos de 25 kg. y se almacenan en áreas diseñadas para este fin. Los materiales líquidos se reciben generalmente en pipas o bien en tambores de 200 lts. y se almacenan en tanques de acero inoxidable de preferencia, que deberán contar con todos los equipos o accesorios necesarios para poder bombear el material al área de mezcla o elaboración de intermedios.



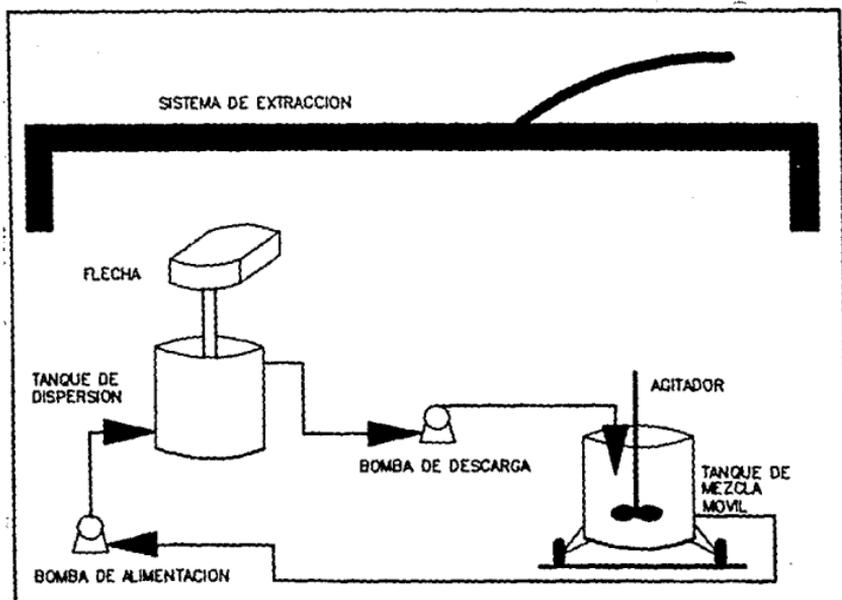
2.-) Area de Premezcla:

La mezcla de resinas, solventes, pigmentos, aluminos o micas generalmente se efectúa en tanques de mezcla móviles. Se utilizan este tipo de tanques por la facilidad de ser transportados a cualquier área del proceso de manufactura.



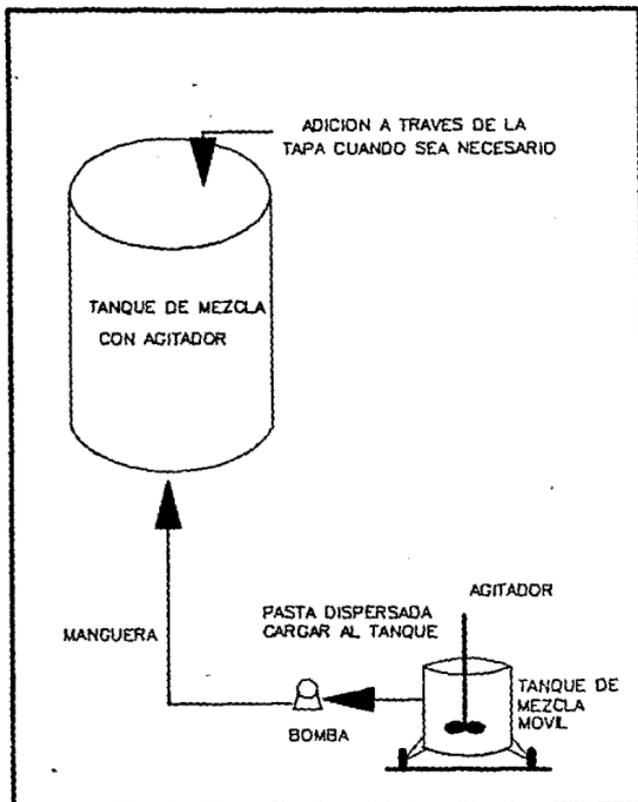
3.-) Dispersión:

Esta operación es utilizada en la manufactura de una pintura con el fin de tener una distribución adecuada de pigmento ó pigmentos. Se utiliza el tanque de mezcla móvil y un recipinete llamado de dispersión. Se puede mantener en constante recirculación dependiendo del molino que se está utilizando o tipo de pintura que se está fabricando. El objetivo de la dispersión es obtener un tamaño de partícula lo más pequeño y uniforme posible.



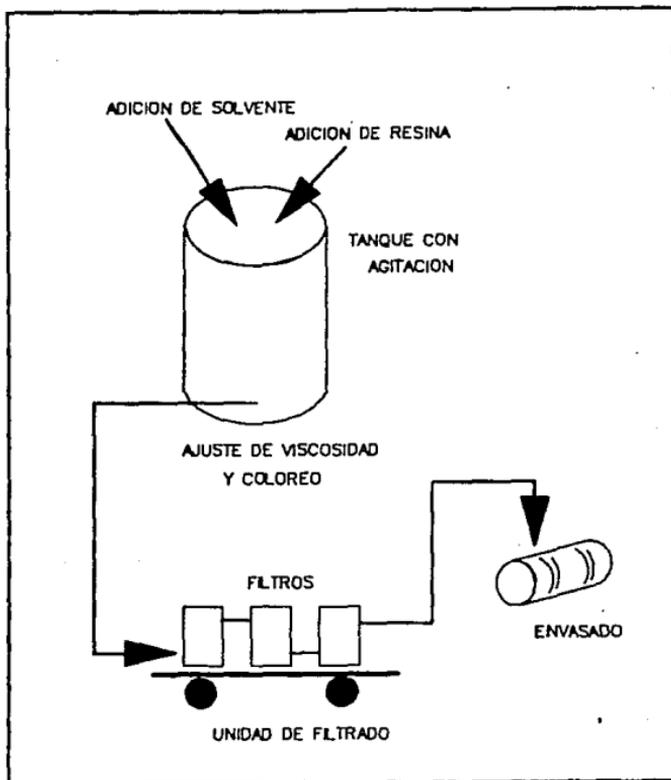
4.-) Operación de Mezcla:

En esta parte del proceso serán agregados el resto de los componentes de una pintura que generalmente son los aditivos. Se debe utilizar un agitador de velocidad controlada y un colector de polvos para evitar que cualquier partícula extraña se incorpore en la mezcla.



5.-) Reducción y Colores:

Una vez terminada la dispersión y la mezcla de componentes, el material se transfiere a un tanque de mezcla con agitador. El Departamento de Control de Calidad hará los análisis correspondientes y si existe la necesidad de hacer un cambio o modificación, se realizará en este tanque donde se le puede agregar resina, solvente o pigmento para su coloración y ajuste de propiedades definitivo. Al momento de ser aprobadas dichas propiedades por el Departamento de Control de Calidad la pintura se filtra y se envasa en tambores o en tanques de mayor capacidad según los requerimientos del cliente.



c) Pruebas de Control de Calidad:

El control de calidad de un lote de producción se analiza con respecto a una formulación inicial previamente autorizada. Las variables típicas que se analizan son las siguientes:

- 1.-) Por ciento de sólidos en peso.
- 2.-) Viscosidad de envase.
- 3.-) Estabilidad térmica.
- 4.-) Poder cubriente seco.
- 5.-) Color (tono).
- 6.-) Brillo.
- 7.-) Dureza.
- 8.-) Adherencia.
- 9.-) Impacto.
- 10.-) Repintado con catalizador.
- 11.-) DOI (Distinción de imagen).
- 12.-) Escurecido.
- 13.-) Hervido.

La aprobación de dichas propiedades garantiza el buen funcionamiento del lote en cuestión. Pruebas adicionales se analizarán de acuerdo a los requerimientos del cliente.

d) Recomendaciones de Manejo:

Es importante tomar en cuenta estas recomendaciones, ya que nos ayudarán a mantener en óptimas condiciones la pintura.

- 1.-) Mantenerla en áreas cubiertas y limpias.
- 2.-) Rotación adecuada de inventarios.
- 3.-) Una vez en el sistema circulatorio deberá estar en agitación y temperatura constante.
- 4.-) Evitar zonas muertas en la tubería del sistema circulatorio.
- 5.-) Mantener la viscosidad de aplicación con la mínima variación.
- 6.-) Mantenimiento de bolsas filtro de acuerdo a un programa de cambio previamente establecido.

II.- CARACTERISTICAS EN EL ACABADO:

El sistema bicapa y los esmaltes NAD, como anteriormente se mencionó, fueron el resultado de la evolución de las pinturas utilizadas en las plantas armadoras de automóviles, sustituyendo a los esmaltes alquídicos, lacas de nitrocelulosa y lacas acrílicas. La causa principal de todo este desarrollo fue la necesidad de crear materiales con mejores propiedades físicas y químicas, entre las que destacan la durabilidad, brillo y apariencia. Actualmente se está utilizando la tecnología bicapa en la mayoría de las plantas armadoras del mundo. En México existen todavía algunas compañías que utilizan el sistema NAD.

En este capítulo se hará únicamente mención de la pintura bicapa que consta de dos componentes que son: la base y el barniz.

En los sistemas de aplicación bicapa en donde la base (color) altamente pigmentada tiene un espesor de 0.4 a 0.6 milésimas de pulgada y antes de hornearse es cubierta con una capa no pigmentada (transparente) que es el barniz que alcanza un espesor de 1.5 a 2.0 milésimas. Estas dos capas de pintura son horneadas a cierta temperatura para obtener un alto brillo y un acabado de esmalte extremadamente durable.

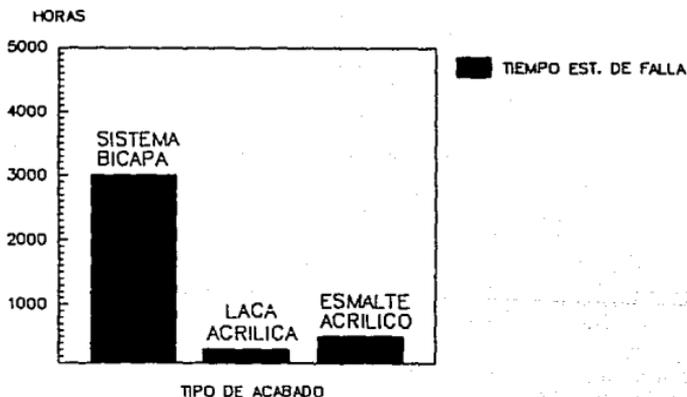
BASE: Es un esmalte termofijo formado por la reacción de una resina acrílica con una melamina con carga de pigmento con lo cual se obtiene un poder cubriente de 0.4 a 0.6 milésimas de pulgada. La función de la base es la de proporcionar el aspecto estético del sistema. De la formulación dependerá la adhesión con el primario y de permanecer como un sustrato diferente al del barniz; esto significa que el barniz no debe mezclarse con la base al momento de ser aplicados.

BARNIZ: Es también un esmalte termofijo formado de una resina acrílica con una melamina la cual no contiene pigmentos. La función del barniz es la de dar brillo, distinción de imagen (buena reflejancia) tersura y durabilidad al sistema.

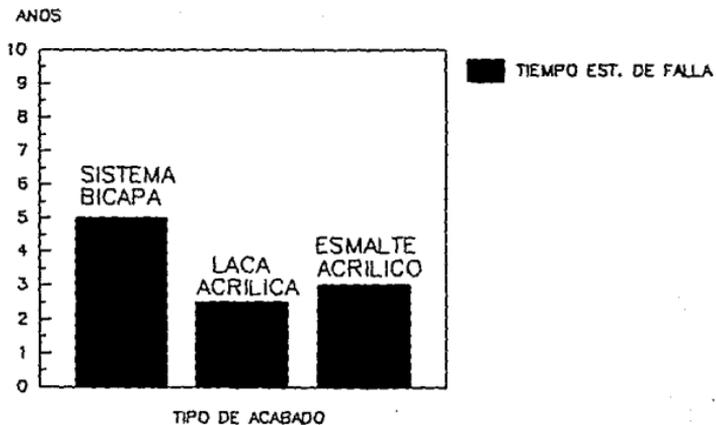
a) Durabilidad:

El uso del barniz (transparente) el cual contiene absorbedores de rayos ultravioleta imparte una protección extraordinaria al sistema bicapa lo que lo hace menos sensible a la degradación de pigmentos. Normalmente los pigmentos son más susceptibles a los rayos ultravioleta y a las condiciones atmosféricas lo que provoca problemas de durabilidad y de apariencia; actualmente estos problemas son eliminados, por lo que este tipo de pinturas resiste exposiciones prolongadas a la interperic. Existen expositores en donde las condiciones atmosféricas son extremas, por ejemplo los expositores del estado de Florida en donde se realizan exposiciones al aire libre y dentro de una caja negra. En continuación se muestran imágenes de este tipo de exposiciones. Otro tipo de pruebas son las de QUV (Quantity Ultraviolet) que consisten en representar o reproducir las condiciones atmosféricas de manera acelerada. De esta forma se comprueba que el sistema bicapa es más durable que los sistemas convencionales y esto se puede apreciar en las gráficas mostradas a continuación.

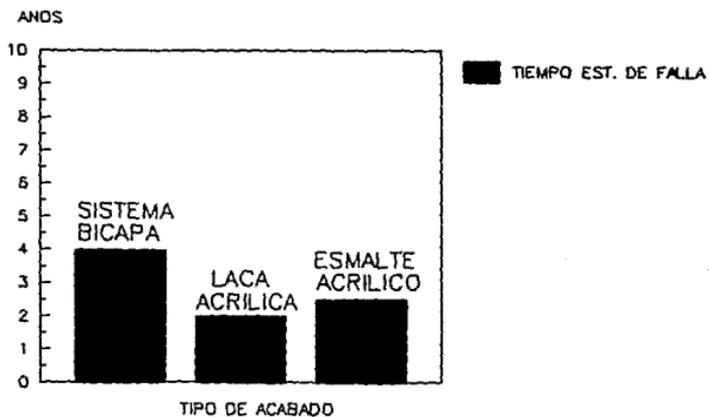
PRUEBA DE QUV

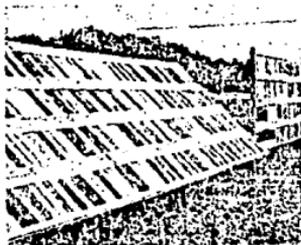


EXPOSICION STANDARD EN FLORIDA.



EXPOSICION EN CAJA NEGRA EN FLORIDA





EXPOSICION DIRECTA



EXPOSICION BAJO CRISTAL



EXPOSICION EN CAJA NEGRA

Resistencia Química: La formulación de las resinas termofijas acrílicas para esmaltes poseen una extraordinaria resistencia química a los ácidos o álcalis, sin embargo algunos de los componentes utilizados en la formulación son fácilmente atacados por agentes químicos como los ya antes mencionados. El uso del barniz protege al más delicado elemento del esmalte, impartiendo una mayor resistencia al sistema.

b) Apariencia:

El uso de la base para obtener el color y una buena dispersión del aluminio sin tomar en cuenta el brillo o la distinción de imagen, da a la fórmula una flexibilidad que permitirá la obtención de un brillo excelente, colores limpios y buen control del aluminio. La combinación de pigmentos permite el desarrollo de nuevos colores, los cuales no serían posibles en los sistemas convencionales.

Los recubrimientos de más alto brillo con la mejor distinción de imagen son los barnices. La adición de pigmentos a la resina del barniz puede servir solamente para disminuir la apariencia húmeda del barniz. Por lo que un sistema donde se involucra un barniz transparente posee ventajas significativas sobre los sistemas convencionales.

b.1) Brillo:

Los cuerpos son perceptibles a la vista, ya sea porque emiten luz propia (fuentes luminosas) o más comúnmente por que reflejan la luz que reciben.

Pero los cuerpos, ya sea luminosos o iluminados, por pequeños que sean, nunca son estrictamente puntuales, sino que tienen una cierta extensión o superficie sobre la que se distribuye su luminosidad. Esto da origen en ellos a una cualidad llamada brillo o brillantez.

Brillo es la luminosidad que posee un cuerpo por unidad de superficie. Un cuerpo es tanto más brillante cuanto mayor cantidad de luz emita o refleje a través de cada porción de su superficie.

b.2) Tono:

La gama de colores en la fabricación de pintura dependerá de los clientes de acuerdo a la evolución de la moda. Esto se puede lograr gracias a las múltiples y posibles combinaciones de los pigmentos incluyendo efectos metalizados y perlescentes.

b.3) D.O.I. (Distincness of image).

Esta característica está basada en la reflexión que es el cambio de dirección que experimenta la luz al chocar contra la superficie de separación entre dos medios. Si la superficie reflectora es rugosa o no pulimentada, ocurre una reflexión irregular o difusa en todas direcciones. Por tal motivo la mayor parte de los cuerpos iluminados son visibles desde cualquier ángulo. Si la superficie es perfectamente lisa y pulimentada ocurre una reflexión regular.

A continuación se muestra un cuadro comparativo de las características entre la laca acrílica, el esmalte acrílico y el sistema bicapa.

CARACTERISTICA	LACA AC.	ESMALTE AC.	S. BICAPA
Apariencia	Excelente	Buena	Superior
Durabilidad	Marginal	Buena	Superior
Prp. Físicas	Buena	Excelentes	Excelentes
Resist. Química	Marginal	Buena	Excelente
Brillo	Excelente	Bueno	Superior
D.O.I.	Bueno	Bueno	Excelente

b.4) Espesor de Película:

Los espesores que se deben controlar como se mencionó anteriormente son los siguientes:

BASE	0.4 - 0.6	milésimas de pulgada.
BARNIZ	1.5 - 2.0	milésimas de pulgada.
TOTAL	1.9 - 2.6	milésimas de pulgada.

El dominio de los espesores garantiza la obtención de las características del acabado. Esto nos lleva a controlar los factores de aplicación de la pintura automotriz.

III.- FACTORES DE APLICACION.

SECADO DE LA PARTICULA:

Por lo general el término secado se refiere a la eliminación de humedad de una sustancia. Para este caso se entenderá como la eliminación de humedad a la eliminación de solvente.

Una solución puede secarse esparciéndola en forma de pequeñas gotas en un gas caliente y seco, lo que provoca la evaporación del líquido. En la práctica, la humedad es con tanta frecuencia agua y el gas con tanta frecuencia aire, que esta combinación proporciona las bases para la mayor parte del análisis.

La atomización se considerará como un proceso de secado por aspersión en donde la sustancia a eliminar será el solvente. El inicio de este será a partir de que la pintura es atomizada y terminará en el momento en el que llegue a la superficie metálica.

Cabe hacer notar que la partícula sufre un secado desde el momento que abandona la pistola hasta que llega a la superficie metálica.

Este secado es necesario ya que la partícula atomizada no se obtiene con la humedad requerida. Este secado se verá afectado por las siguientes variables:

- Diámetro de la partícula.
- Humedad del aire.
- Temperatura de la cabina.
- Distancia de aplicación (Distancia que recorre la partícula):
- Viscosidad de la pintura.
- Temperatura de la pintura.
- Velocidad de la partícula.

Para un análisis más detallado de este proceso se pueden utilizar las siguientes ecuaciones:

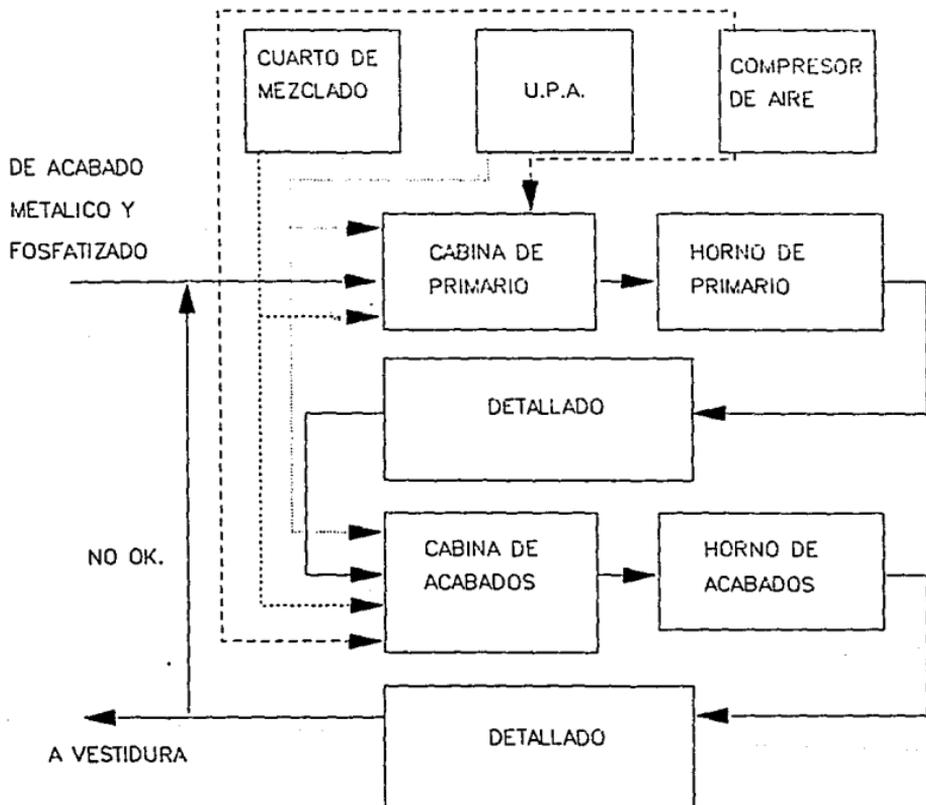
$$m = M_b k_y (H_i - H) A$$

$$m = \frac{h_y (T - T_i) A}{i_i}$$

en donde:

- m = Velocidad de evaporación
- M_b = Peso molecular del aire.
- h_y = Coeficiente de transferencia de calor
- k_y = Coeficiente de transferencia de masa
- H_i = Humedad del aire en la interfase
- H = Humedad del aire
- A = Área de secado
- T = Temperatura del aire
- T_i = Temperatura en la interfase
- i_i = Calor latente a T_i

Antes de entrar al análisis de los factores de aplicacibn se hará una breve descripcibn y una representacibn esquemática de las áreas con las que cuenta el área de pintado en una armadora automotriz.



AREAS DE PINTADO EN UNA ARMADORA AUTOMOTRIZ

1.-) Cuarto de Mezclado:

Las operaciones realizadas en esta área son las siguientes:

- Bombeo de la pintura a la cabina de aplicación.
- Agitación de los tambores de pintura.
- Carga de material a los sistemas circulatorios.
- Preparación de la pintura a la viscosidad de aplicación.
- Control de temperatura de la pintura.
- Mantener el flujo de pintura en constante filtración.

2.-) Unidades de preparación de aire (UPAS):

La función principal de esta área es la preparación del aire tomado de la atmósfera, que consiste en proporcionarle humedad, temperatura y filtración para la eliminación de partículas extrañas.

3.-) Cabinas de aplicación:

Es el área donde se lleva a cabo el proceso de pintado bajo los siguientes parámetros: control de atomización, temperatura, humedad, inyección y extracción de aire, velocidad del transportador, mantenimiento del área libre de polvo o partículas extrañas que puedan contaminar el acabado final.

4.-) Compresores de Aire:

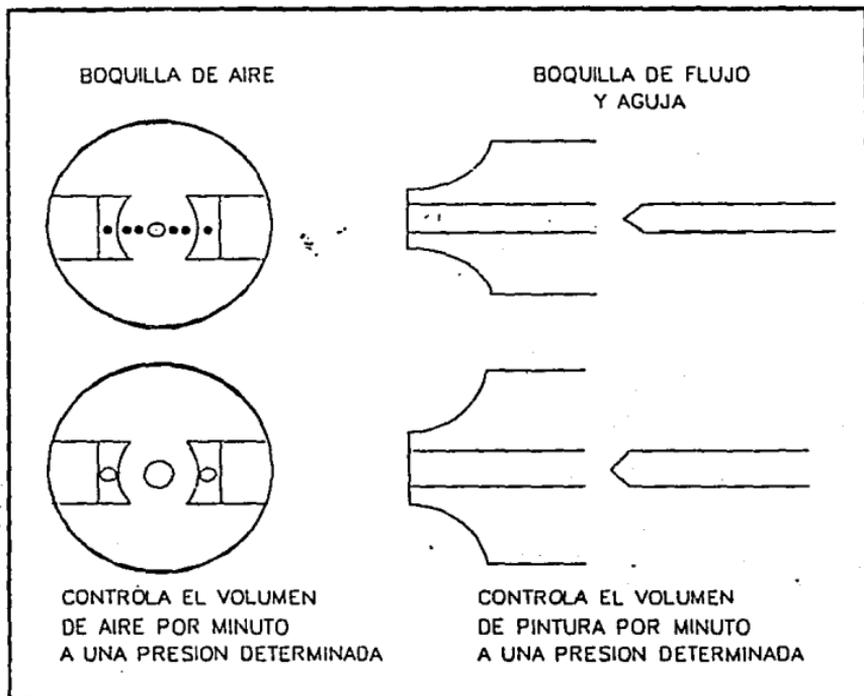
Alimentan aire a una presión determinada a las pistolas de aplicación en donde se mezcla con la pintura para lograr la atomización.

Una de las variables más importantes a controlar dentro de la aplicación de pintura es sin lugar a duda el control del tamaño de partícula de pintura atomizada.

Factores de Plicacibr:

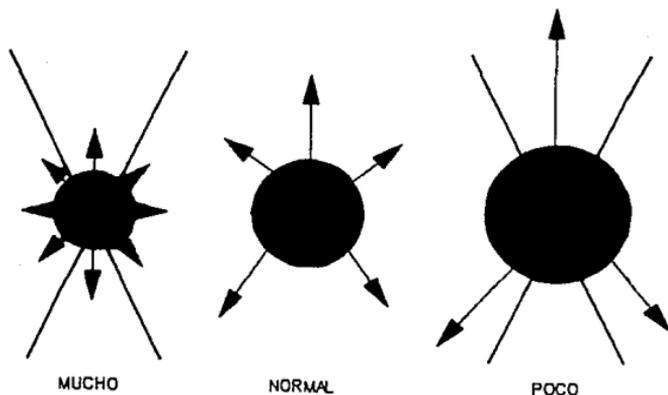
a) Atomización:

Es la pulverización de un fluido (en este caso pintura), en partículas muy pequeñas mediante aire a una presión determinada, dependiendo del tipo de boquilla de flujo y de aire utilizadas. Este proceso es controlado por una boquilla de aire y una de fluido, éste a su vez es regulado por una aguja la cual permite el paso de la pintura a la boquilla de fluido, para después mezclarse con el aire en la boquilla del mismo.



es muy importante contar en cuenta el efecto del tamaño de la partícula sobre la cantidad de solvente liberado en relación al volumen de solvente en la partícula.

EFFECTO DEL TAMAÑO DE PARTICULA
SOBRE LA CANTIDAD DE SOLVENTE LIBERADO
EN RELACION AL VOLUMEN EN LA PARTICULA



Quando el tamaño de partícula es muy grande la evaporación de solvente es lenta porque se tiene gran cantidad de este; quando el tamaño de partícula es muy pequeño se tiene mucha evaporación de solvente ya que el volumen es muy pequeño, por lo tanto se necesita un tamaño de partícula promedio para lograr una evaporación de solvente adecuada para obtener un mejor acabado final.

Para la estimación de la tendencia del tamaño de partícula bajo las distintas condiciones de operación que más adelante se mencionan se utilizó una ecuación desarrollada según las características de atomización en boquillas neumáticas. Este trabajo fue realizado por K. Y. Kim y W. R. Marshall Jr. de la Universidad de Wisconsin (ref. 22).

La ecuación obtenida fue la siguiente:

$$X_m = 249 \frac{\tau^{0.41} \mu_L^{0.22}}{(V_{rel})^2 (C_a)^{0.5} A^{0.36} C_L^{0.7}} + 1260 (\mu_L^2 / C_L \tau)^{0.17} * 1/V_{rel}^{0.54} (Ma/Ml)^m$$

donde:

- X_m = Diámetro de partícula (micras)
- τ = Tensión superficial (dina/cm)
- μ_L = Viscosidad de líquido (Cp)
- V_{rel} = $V_a - V_l$ (pie/seg) (Velocidad Relativa)
- V_a = Velocidad lineal de aire
- V_l = Velocidad lineal de líquido
- C_a = Densidad de aire (lb/pie³)
- C_L = Densidad del líquido (lb/pie³)
- Ma = Flujo másico de aire (lb/min)
- Ml = Flujo másico de líquido (lb/min)
- FVa = Flujo volumétrico de aire (pie³/min)
- FVl = Flujo volumétrico de líquido (pie³/min)
- m = -1 si $Ma/Ml < 3$
- m = 0.5 si $Ma/Ml > 3$
- A = Área de flujo para atomización (pie²)

El tamaño de partícula óptimo estimado fue evaluado a las condiciones de operación ideales del proceso que a continuación se describen.

- Temperatura (T) = 25 C
- La Tensión Superficial se evaluó mediante el método de capilaridad, obteniendo como resultado 27.723 dinas/cm.
- La viscosidad del líquido,

$$t = 13 \text{ seg} \quad \text{CF \#4}$$

de Tablas de Graco obtenemos la viscosidad en centipoises.

$$l = 27 \text{ cp}$$

Se toma en cuenta esta viscosidad porque con este valor es con el que se obtuvieron mejores resultados en la práctica.

- La velocidad relativa $V_{rel} = V_a - V_l$ se determinó de la siguiente manera:

$$V_l = \frac{FV_l}{A} \quad \dots 1$$

$$A = 1/4 D \quad \dots 2$$

$$D = \text{diámetro de manguera} = 0.5 \text{ pulg (constante)} \\ = 0.042 \text{ pies}$$

Sustituyendo en 2:

$$A = 0.25 (3.1416) (0.042)^2$$

$$A = 0.0014 \text{ pie}^2$$

$$FV1 = 450 \text{ cm}^3/\text{min}$$

$$FV1 = 0.159 \text{ pie}^3/\text{min}$$

Sustituyendo A y FV1 en 1:

$$V1 = \frac{0.0159 \text{ pie}^3/\text{min}}{0.0014 \text{ pie}^2} = 11.3571 \text{ pies}^3/\text{min}$$

$$Va = \frac{FVa}{A} \quad \dots 3$$

$$FVa = 20 \text{ pie}^3/\text{min}$$

Sustituyendo en 3

$$Va = \frac{20 \text{ pie}^3/\text{min}}{0.0014 \text{ pie}^2} = 14,285.7143 \text{ pie}/\text{min}$$

$$Vrel = Va - V1 = 14,285.7143 - 11.3571$$

$$Vrel = 14,274.3572$$

- Densidad del aire (Tablas, "ref.")

$$\rho_a = 0.0808 \text{ lb}/\text{pie}^3$$

- Densidad del líquido

$$\rho_l = 58.8840 \text{ lb/pt}^3$$

- Flujo másico del aire

$$M_a = a F V_a = 0.0808 \frac{\text{lb}}{\text{pt}} (20 \frac{\text{pt}}{\text{min}})$$

$$M_a = 1.6160 \frac{\text{lb}}{\text{min}}$$

- Flujo másico del líquido

$$M_l = \rho_l F V_l = 58.8840 \frac{\text{lb}}{\text{pt}^3} (0.0159 \frac{\text{pt}^3}{\text{min}})$$

$$M_l = 0.9363 \text{ lb/min}$$

$$\frac{M_a}{M_l} = \frac{1.6160}{0.9363} = 1.7259$$

por lo tanto $m = -1$

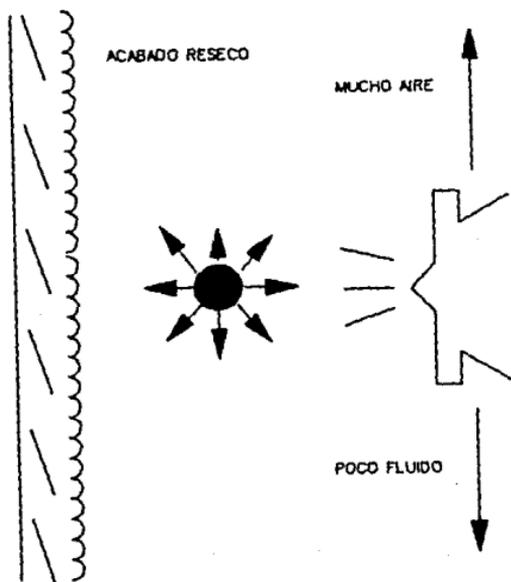
- Sustituyendo todos estos valores en la ecuación del diámetro de partícula tenemos:

$$X_m = \frac{249(27.723)^{0.41} (27)^{0.32}}{((14274.3572)^2 (0.0808)^{0.57} (.0014)^{0.36} (58.8840)^{0.16}} + 1260 \left[\frac{(27)^2}{((58.8840)(27))} \right]^{0.17} \frac{1}{(14274.3572)^{0.29} (1.7259)^{-1}}$$

$$X_m = 4.8267$$

Cuando existe mucho aire de atomización y poco fluido se va a producir un tamaño de partícula muy pequeño generando un fuerte cambio de viscosidad en la atomización, teniendo como consecuencia un acabado final reseco.

FUERTE CAMBIO DE VISCOSIDAD
EN LA ATOMIZACION



ESTIMACION DEL TAMAÑO DE PARTICULA CUANDO EXISTE EXCESO DE AIRE EN LA ATOMIZACION:

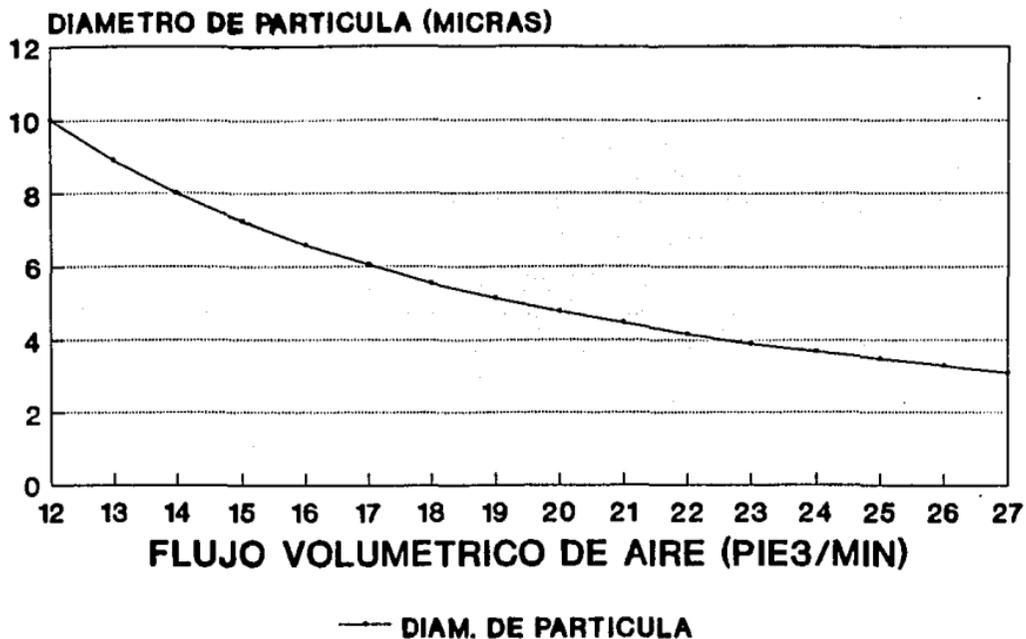
Tomando como constantes:

$T = 27.7230$
 $\mu = 27.0000$
 $v1 = 11.5490$
 $C_a = 0.0805$
 $C_l = 58.8242$
 $M_i = 0.3420$
 $A = 0.0014$

y tomando como variables:

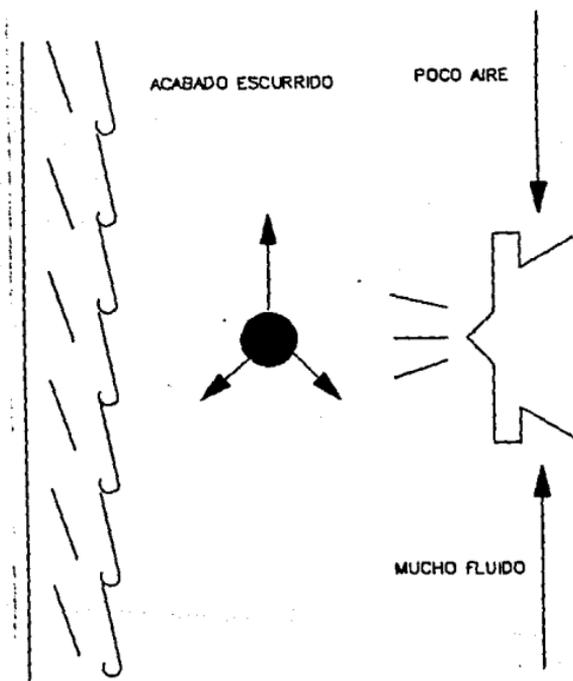
FVa	xm	
12.0000	10.0145	} POCO AIRE, PARTICULA GRANDE ACABADO ESCURRIDO
13.0000	8.9139	
14.0000	8.0344	
15.0000	7.2422	
16.0000	6.5960	
17.0000	6.0422	
18.0000	5.5633	} TAMANO DE PARTICULA IDEAL
19.0000	5.1457	
20.0000	4.7790	} MUCHO AIRE, PARTICULA PEQUENA ACABADO RESECO
21.0000	4.4547	
22.0000	4.1654	
23.0000	3.9085	
24.0000	3.6769	
25.0000	3.4677	
26.0000	3.2782	
27.0000	3.1257	

TENDENCIA DEL TAMANO DE PARTICULA CUANDO EXISTE EXCESO DE AIRE EN LA ATOMIZACION



Cuando el flujo de fluido es mayor que el aire de atomización se producirá una partícula de tamaño muy grande, teniendo como consecuencia poca evaporación de solvente generando problemas de escurrido en el acabado final por el poco cambio de viscosidad en la atomización.

MUY POCO CAMBIO DE LA VISCOSIDAD
EN LA ATOMIZACION



ESTIMACION DEL TAMAÑO DE PARTICULA CUANDO EXISTE EXCESO DE FLUIDO EN ATOMIZACION:

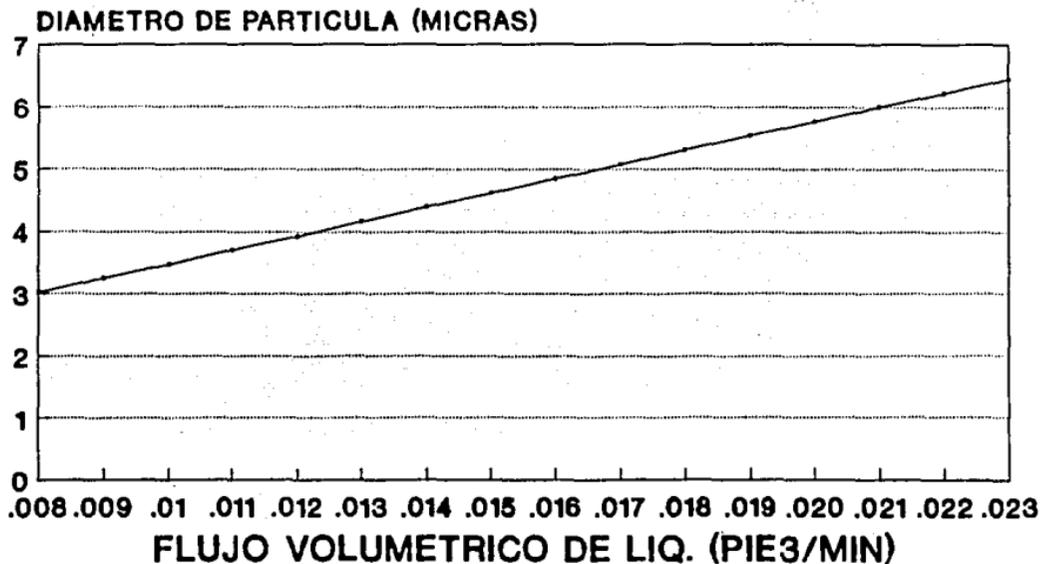
Tomando como constantes:

$\gamma = 27.7230$
 $\mu = 27.0000$
 $V_a = 14,285.7000$
 $C_a = 0.0808$
 $C_l = 58.8840$
 $M_a = 1.6160$
 $A = 0.0014$

y tomando como variables:

FV1	Xm	
0.0080	3.0199	} POCO FLUIDO, PARTICULA PEQUENA ACABADO RESECO
0.0090	3.2485	
0.0100	3.4772	
0.0110	3.7059	
0.0120	3.9346	
0.0130	4.1630	} TAMANO DE PARTICULA IDEAL
0.0140	4.3917	
0.0150	4.6204	} MUCHO FLUIDO, PARTICULA GRANDE ACABADO ESCURRIDO
0.0160	4.8492	
0.0170	5.0780	
0.0180	5.3063	
0.0190	5.5351	
0.0200	5.7639	
0.0210	5.9928	
0.0220	6.2216	
0.0230	6.4500	

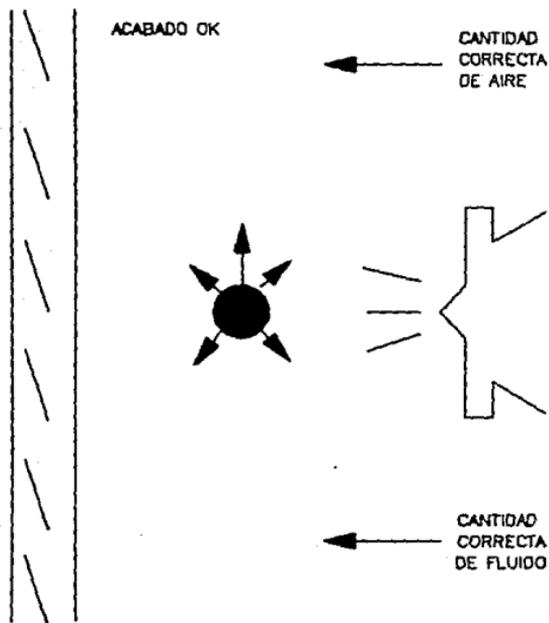
TENDENCIA DEL TAMANO DE PARTICULA CUANDO EXISTE EXCESO DE LIQ. EN LA ATOMIZACION



— DIAM. DE PARTICULA

Es necesario tener la cantidad correcta de aire y la cantidad correcta de fluido para lograr el tamaño de partícula adecuado y de esta forma tener el acabado final que se desea.

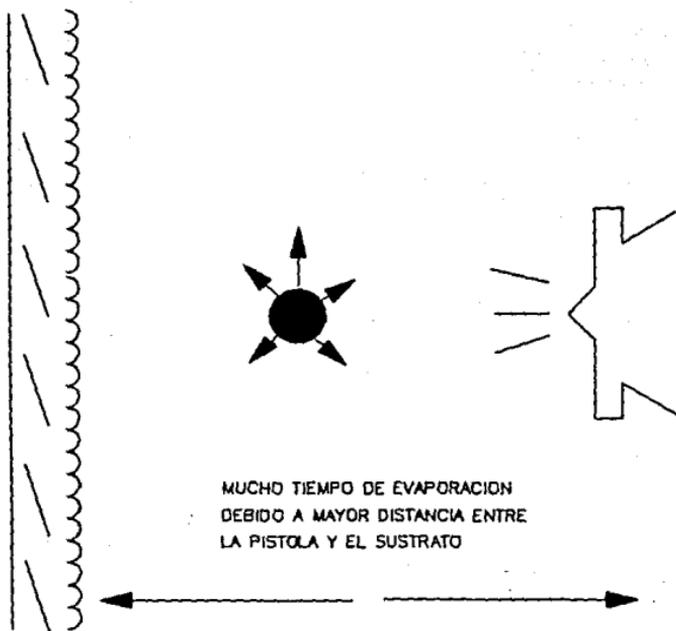
CAMBIO CORRECTO DE LA VISCOSIDAD
EN LA ATOMIZACION



b) Distancia de Aplicación: (mayor a 38 cm).

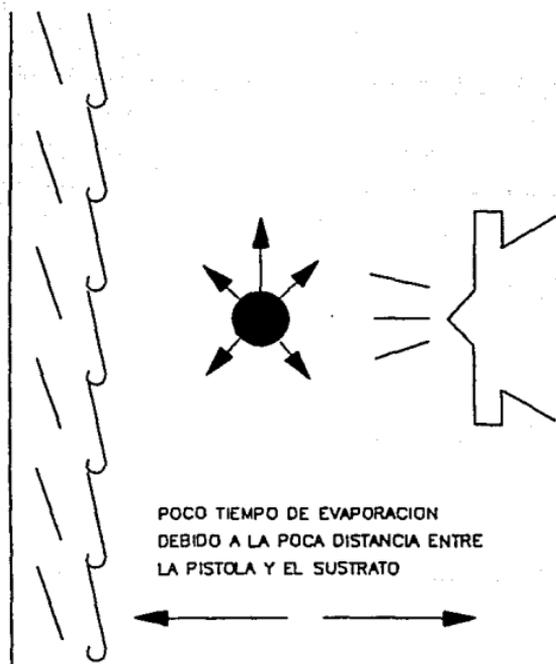
Aún cuando se obtiene el tamaño de partícula correcto, la distancia que recorre la partícula en llegar al sustrato aumenta el tiempo de evaporación del solvente ocasionando un fuerte cambio de viscosidad en la atomización lo que genera un acabado final reseco.

FUERTE CAMBIO DE LA VISCOSIDAD
EN LA ATOMIZACION



Quando se tiene un tamaño de partícula correcto, pero la distancia que recorre para llegar al sustrato es muy pequeña (menor a 28 cm), el tiempo de evaporación del solvente es muy pequeño lo que ocasiona un acabado demasiado humedo provocando problemas de escurrido.

MUY POCO CAMBIO DE VISCOSIDAD
EN LA ATOMIZACION

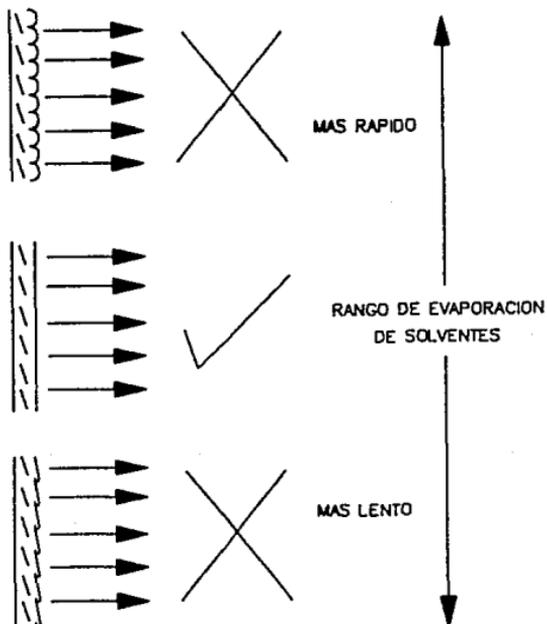


Entonces es muy importante y necesario mantener la distancia correcta de aplicación (33 cm) para lograr el acabado final deseado.

c) Solventación y Viscosidad:

El ajuste de pintura a viscosidad de aplicación debe hacerse con el mejor balance de solventes considerando lo siguiente:

- 1.-) La cantidad de solvente que se debe evaporar al momento de la aplicación.
- 2.-) La cantidad de solvente que debe permanecer en la película de pintura formada:
 - a) Antes del horneo.
 - b) Durante el proceso de horneo.



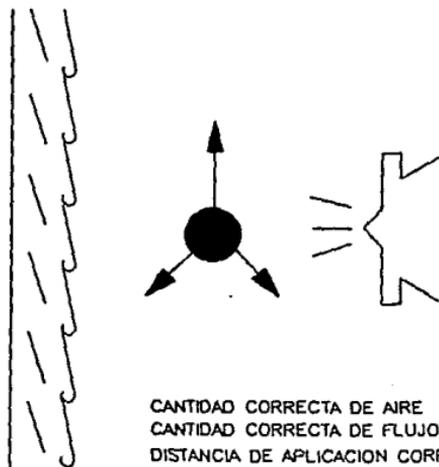
El balance correcto de los solventes se obtiene de la mezcla de los mismos dependiendo de su punto de evaporación, considerando como solventes lentos los que tienen alto punto de evaporación y solventes rápidos los que tienen un bajo punto de evaporación.

A continuación se describirán algunos de los problemas que pueden ser causados por las variaciones en la viscosidad de aplicación.

- Viscosidad muy alta: Cuando se tiene esta situación, existirá muy poco cambio de viscosidad en la atomización debido a la partícula demasiado grande que se genera además de una baja evaporación del solvente teniendo como consecuencia problemas de escurrido en el acabado final.

VISCOSIDAD MUY ALTA:

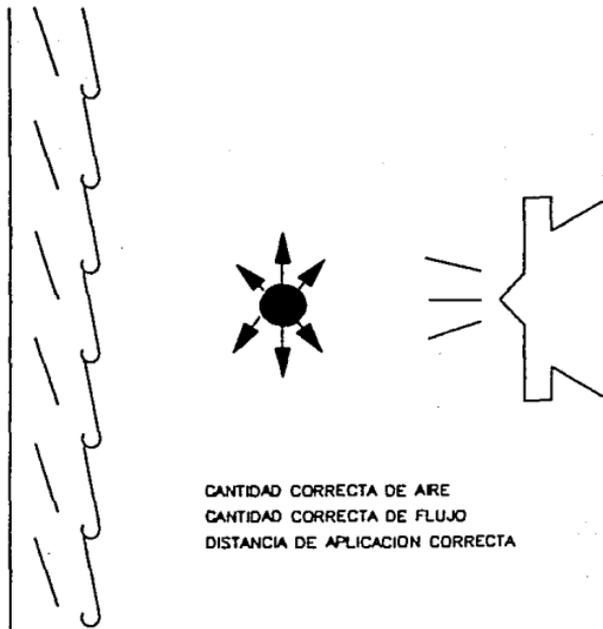
MUY POCO CAMBIO DE VISCOSIDAD EN LA ATOMIZACION



- Viscosidad de Aplicación muy baja: Esta situación existirá cuando se tenga una gran cantidad de solvente lo cual ocasionará que no haya un cambio adecuado de viscosidad en la aplicación generando una partícula demasiado pequeña y teniendo como consecuencia problemas de escurrido en el acabado final.

VISCOSIDAD MUY BAJA:

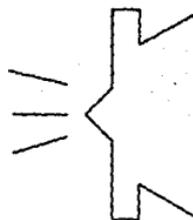
DEMASIADO SOLVENTE PARA UN CAMBIO ADECUADO
DE VISCOSIDAD EN LA ATOMIZACION



- Solventación muy lenta: Esta situación existirá cuando se tengan solventes de muy alto punto de evaporación ocasionando poco cambio de viscosidad en la atomización y teniendo como consecuencia escurridos en el acabado final.

SOLVENTACION MUY LENTA:

MUY POCO CAMBIO DE VISCOSIDAD EN LA ATOMIZACION

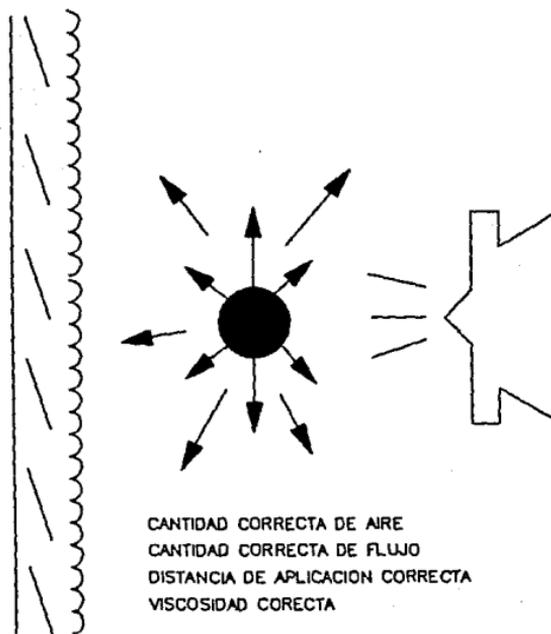


CANTIDAD CORECTA DE AIRE
CANTIDAD CORECTA DE FLUJO
DISTANCIA DE APLICACION CORECTA
VISCOSIDAD CORECTA

- Solventación muy rápida: Esta situación se presentará cuando se tengan solventes de muy bajo punto de evaporación ocasionando un fuerte cambio de viscosidad en la aplicación y teniendo como consecuencia un acabado final reseco.

SOLVENTACION MUY RAPIDA:

FUERTE CAMBIO DE VISCOSIDAD EN LA ATOMIZACION



d) Temperatura de la pintura:

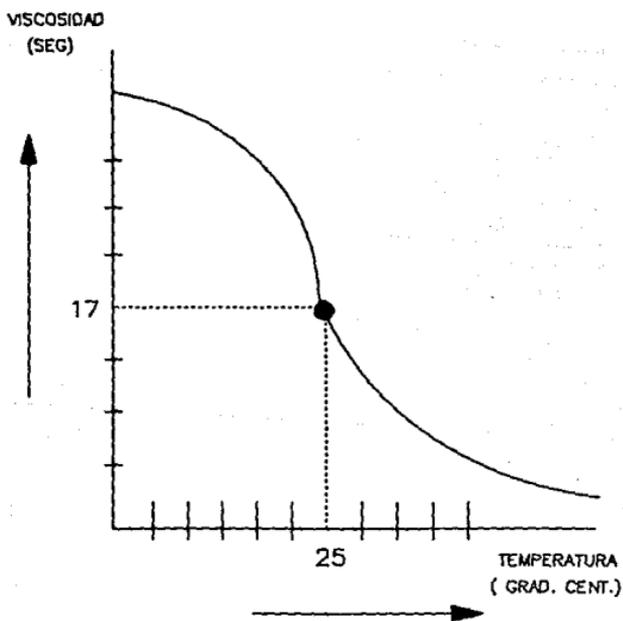
La importancia de la temperatura de la pintura en la atomización y liberación de solvente en su aplicación radica en el efecto que tiene sobre:

1.-) Viscosidad

2.-) Evaporación de solventes en la aplicación.

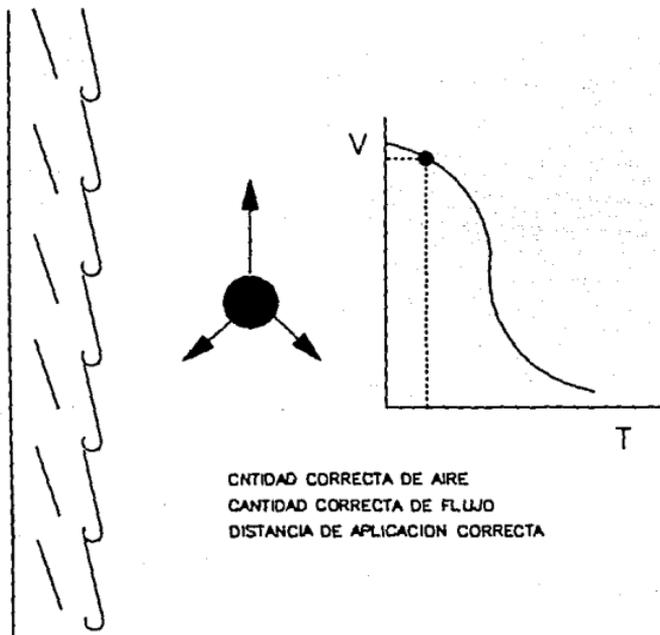
La viscosidad es función de la temperatura como se muestra en la siguiente gráfica:

GRAFICA DE TEMPERATURA CONTRA VISCOSIDAD



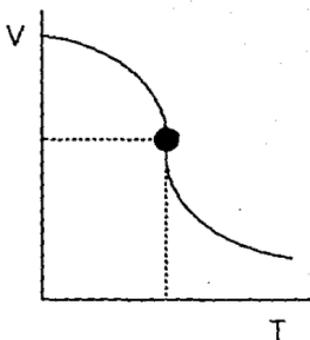
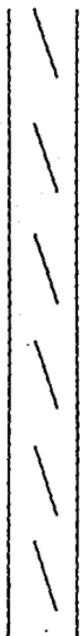
Cuando se tiene pintura a baja temperatura, la viscosidad será menor generando un tamaño de partícula muy grande, poca evaporación del solvente y teniendo como consecuencia problemas de escurrido en el acabado.

PINTURA A BAJA TEMPERATURA
RANGO DE EVAPORACION < NORMAL



Cuando la pintura está a la temperatura correcta la viscosidad será la adecuada teniendo como consecuencia el acabado final deseado.

PINTURA A TEMPERATURA CORRECTA
RANGO DE EVAPORACION DENTRO DE LO NORMAL

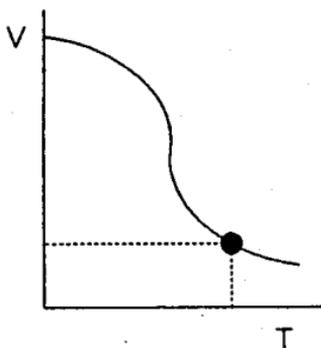
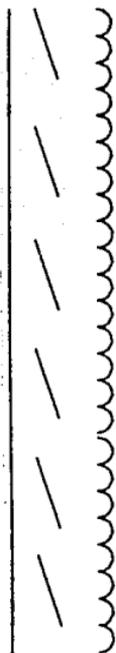


CNTIDAD CORRECTA DE AIRE
CANTIDAD CORRECTA DE FLUJO
DISTANCIA DE APLICACION CORRECTA

Cuando la pintura está a temperatura muy alta la viscosidad será baja, lo que ocasiona un alto rango de evaporación de solvente por tener una partícula demasiado pequeña y como consecuencia un acabado final reseco.

PINTURA A ALTA TEMPERATURA

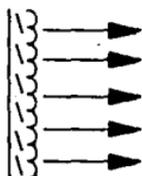
RANGO DE EVAPORACION > NORMAL



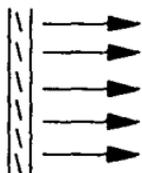
CNTIDAD CORRECTA DE AIRE
CANTIDAD CORRECTA DE FLUJO
DISTANCIA DE APLICACION CORRECTA

Haciendo un resumen comparativo se tiene lo siguiente:

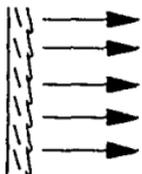
RESUMEN COMPARATIVO
TEMPERATURA DE LA PINTURA



TEMPERATURA MUY ALTA
EVAPORACION MUY RAPIDA
RESECO (CASCARA DE NARANJA)



TEMPERATURA CORRECTA
RANGO DE EVAPORACION CORRECTO
ACABADO DE BUENA CALIDAD



TEMPERATURA MUY BAJA
EVAPORACION MUY LENTA
ESCURRIDOS Y MANCHADOS EN METALICOS

ESTIMACION DEL TAMAÑO DE PARTICULA CUANDO EXISTE VARIACION EN LA VISCOSIDAD DE APLICACION:

Tomando como constantes:

∇ = 27.7230
 μ = 27.0000
 V_a = 14,285.7000
 V_l = 11.5490
 C_a = 0.0808
 C_l = 58.8840
 M_l = 0.9420
 M_a = 1.6150
 a = 0.0014

y tomando como variables:

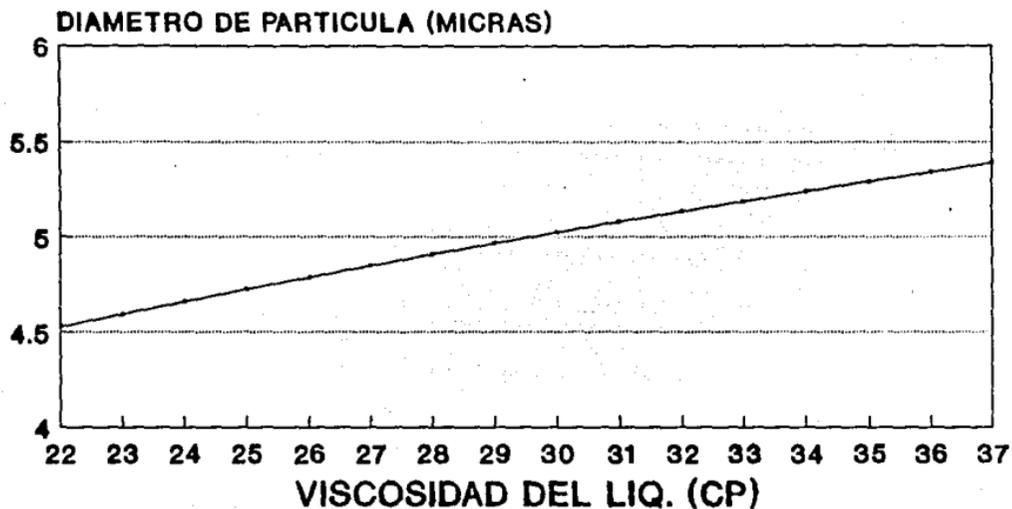
μ_l	X_m
22.0000	4.5273
23.0000	4.5952
24.0000	4.6612
25.0000	4.7254
26.0000	4.7879
27.0000	4.8481
28.0000	4.9063
29.0000	4.9624
30.0000	5.0171
31.0000	5.0706
32.0000	5.1229
33.0000	5.1741
34.0000	5.2233
35.0000	5.2704
36.0000	5.3166
37.0000	5.3618

BAJA VISCOSIDAD, PARTICULA PEQUENA
ACABADO RESECO

TAMAÑO DE PARTICULA IDEAL

ALTA VISCOSIDAD, PARTICULA GRANDE
ACABADO ESCURRIDO

TENDENCIA DEL TAMANO DE PARTICULA CUANDO EXISTE VARIACION EN LA VISCOSIDAD DE APLICACION

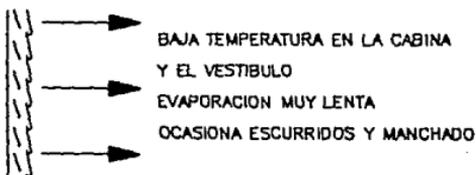
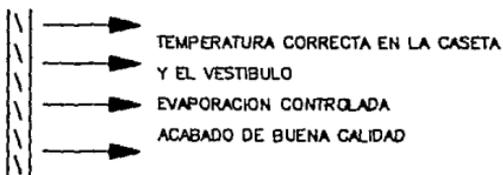
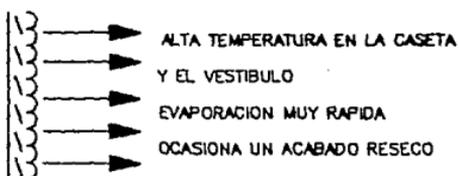


— DIAM. DE PARTICULA

Efecto de la temperatura en la cabina y el
vestibulo de oreo.

RESUMEN COMPARATIVO

EFEECTO DE LA TEMPARATURA EN LA CABINA Y EL VESTIBULO DE OREO



e) Balanceo de Caseta:

El balanceo de caseta se logra utilizando el aire preparado en las UPAS proporcionando a la cabina la temperatura y la humedad necesarias para la aplicación, además de crear un sistema de inyección-extracción en donde se controlará la acumulación de vapores de solventes y la brisa creada por la atomización de la pintura.

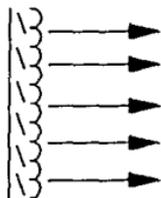
Humedad Relativa: Es el por ciento de vapor de agua contenido en el aire.

El efecto de la humedad realtiva sobre la película de pintura está involucrado con la evaporación del solvente, esto es, a mayor contenido de humedad la evaporación del solvente disminuye y viceversa.

La trayectoria del flujo de aire en la cabina de aplicación va de la parte superior a la parte inferior logrando así un arrastre de los vapores de solvente liberados de la película de pintura.

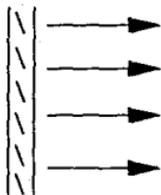
Los efectos de la humedad y el movimiento de aire en la caseta se presentan en la siguiente página.

RESUMEN COMPARATIVO
 EFECTOS DE LA HUMEDAD Y EL MOVIMIENTO
 DE AIRE EN LA CASETA



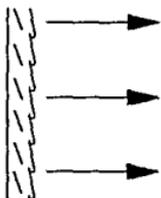
BAJA HUMEDAD
 ALTO O BAJO MOVIMIENTO =
 DEL AIRE

AUMENTA LA ACABADO
 EVAPORACION = RESECO
 DE SOLVENTE



CORRECTA HUMEDAD
 CORRECTO MOVIMIENTO =
 DEL AIRE

CORRECTA ACABADO
 EVAPORACION DE = CORRECTO
 SOLVENTE



ALTA HUMEDAD
 BAJO MOVIMIENTO =
 DEL AIRE

REDUCE LA ESCURRIDOS Y
 EVAPORACION = MANCHADOS
 SOLVENTE

IV.- ANALISIS DE LOS FACTORES EN UN CASO PRESENTADO EN LA INDUSTRIA.

El estudio de las variables de proceso fue realizado en la planta de Chrysler (planta camiones) ubicada en Lago Alberto No. 320 en México D.F.

En esta planta se ensamblan los camiones ligeros. El 60% aproximadamente de su producción son unidades para exportación a los Estados Unidos, Canadá, el Caribe y algunos otros países del Oriente Medio. El modelo de exportación conocido comercialmente como Ram Charger es pintado con el sistema de pintura bicapa, de tecnología BASF.

Las unidades para el mercado nacional son pintadas con esmaltes acrílicos NAD's.

El objetivo del departamento de pintura es:

"Obtener unidades libres de defectos de pintura al mínimo costo por unidad, al espesor de película especificado."

Para lograr esto se han establecido controles estadísticos del proceso de cada una de las variables involucradas en el proceso de pintura.

A continuación se describe el manual básico del proceso de pintura, tomando en cuenta la aplicación del primario de superficie y la aplicación de acabados.

MANUAL BASICO.

CABINA DE PRIMARIO Y HORNO:

1.-) PRIMARIO POLYESTER DE ALTOS SOLIDOS

Solventación: Acetato de Butilo y Butil Carbitol. Esta solventación será utilizada de acuerdo a un balance que optimice nivelación, resistencia al escurrido y hervido a los espesores requeridos.

Viscosidad: 20 seg. Copa Ford No. 4 a 27 C

Esta viscosidad puede ser variada más o menos 1 seg. para optimizar la apariencia, de acuerdo a los cambios que se tengan en el medio ambiente, ejemplo: humedad y temperaturas mínimas de pintura.

2.-) PRIMARIO ANTICHIP

Solventación:-----

Este material es surtido listo para usarse. Se recomienda no añadir ningún tipo de solvente.

Viscosidad:-----

Debido a la tixotropía del material, la viscosidad sólo puede ser determinada por Brookfield o un viscosímetro similar. Cualquier viscosidad tomada con cualquier copa es totalmente incorrecta y deben ser evitadas. La hoja de datos técnicos deben mostrar resultados de viscosidad.

PROCESO:

PARAMETROS DE APLICACION PARA PRIMARIO ALTOS SOLIDOS:

- Presión de aire de atomización: 80 psi pistola
95 psi regulador
- Flujos: 500 cc/min 1a. y 2a. estación.
450 cc/min 3a. estación.
- Temperatura de pintura requerida: 27 C +/- 3 C
- Humedad Relativa en la cabina: 67% +/- 3%.
- Temperatura de cabina: 27 C
- Velocidad de Aire de Inyección: 110 ft/min constante.

SECUENCIA DE APLICACION:

- 1a. Estación: 1a. mano a todos los paneles exteriores y 1a. mano a los interiores a excepción del compartimiento de motor.
- 2a. Estación: Pintar el compartimiento de motor hasta terminarlo.
- 3a. Estación: 2a. mano a todos los paneles exteriores incluyendo rebajos de puertas hasta terminar.

PARAMETROS DE APLICACION PARA PRIMARIO ANTICHIP:

- Presión de Aire de Atomización: 50 psi todas las pistolas.
- Presión de Fluido: 50 psi todas las pistolas.
- Presión de Aire para la Bomba: 22 psi.
- Agitación: 85-90 (RPM).

Aplicación con equipo automático.

EQUIPO:

PRIMARIO DE ALTOS SOLIDOS:

Pistolas: Modelo Graco 800.
Boquilla: 021
Aguja: 106-849
Tobera: 106-849

Reguladores: De orificio ajustable.
Proveedor: Hose Specialities/Capri Inc.
Codigo: Hosco RY-4
Conexión: Hosco S-6

PRIMARIO ANTICHIP

Pistolas: Automáticas Graco
No. Parte: 210-744
Boquilla: 171-674
Aguja: 170-246
Tobera: 170-040

FILTROS DE LA CASETA:

Proveedor: Eaton Filter Air
Tipo: Viledon
Codigo: PA 560-G

MANO DE OBRA:

Aplicación Exterior (Abanico totalmente abierto).

- 1a. Aplicación: La pistola debe estar a 0.33 metros de la superficie a pintar.
La pistola debe estar totalmente perpendicular a la superficie a pintar.
La operación de pintado deberá ser a una velocidad constante y normal.
- 2a. Aplicación: La pistola debe estar a 0.33 metros de la superficie a pintar.
La pistola debe estar totalmente perpendicular a la superficie a pintar.
La operación de pintado deberá ser constante pero ligeramente más rápida que la normal.

Aplicación Interior (abanico ajustable)

Los rebajos de las puertas deberán ser aplicados como los exteriores. Para las demás áreas se puede ajustar el abanico, además de obtener un mínimo espesor.

HORNO DE PRIMARIO:

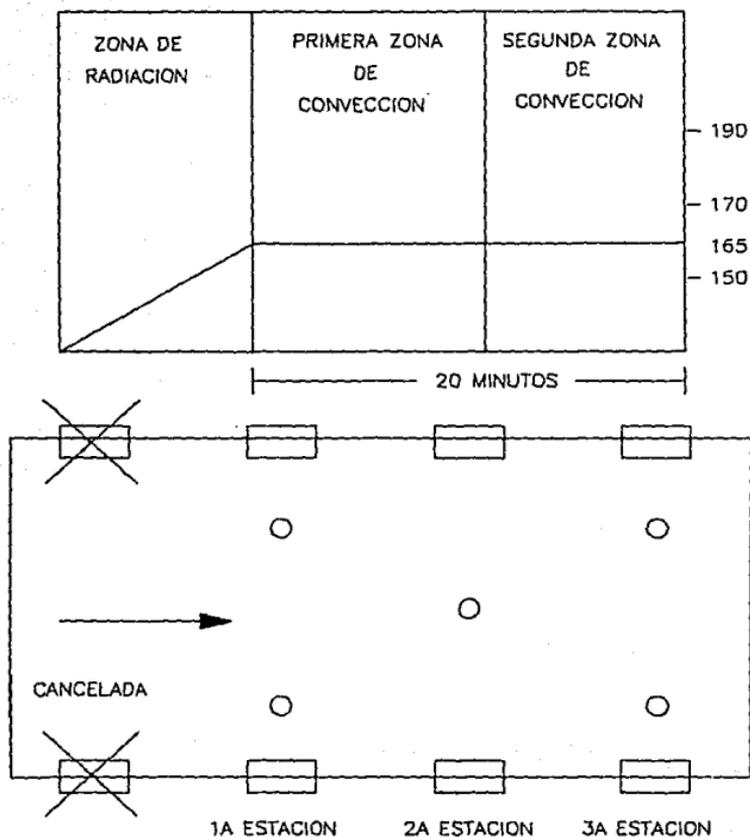
Cédula de horneado:

165 C 20 minutos.
(Temperatura de metal)

Temperatura máxima de metal: 200 C

A continuación se presenta una gráfica de la curva de temperatura para este horno, y un esquema de la cabina de aplicación.

GRAD CENT.



CABINA DE ACABADOS Y HORNO:

1.-) ESMALTE ACRILICO BASE DE ALTOS SOLIDOS:

Solventación: Para metálicos y negros será Metil Isobutil Cetona (MIBK)/Butil Cerbitol. Se utilizará un balance de 80:20 de estos solventes respectivamente. Puede ser necesario variar la cantidad de Butil Carbitol; esto dependerá de las condiciones ambientales.

Solventación para Blancos: Acetato de Butilo, en caso de incrementarse la humedad puede requerirse la adición de MIBK con un balance de 70:30 Acetato de Butilo/MIBK.

Viscosidad: 13 seg. Copa Ford No. 4 a 27 C

2.-) ESMALTE ACRILICO TRANSPARENTE DE ALTOS SOLIDOS

Solventación: Metil Isobutil Cetona/Butil Carbitol. Tendrá un balance de solventes de 80:20 respectivamente. Este balance puede ser variado dependiendo de las condiciones ambientales.

Viscosidad: 20 seg. Copa Ford No. 4 a 27 C

El control de esta viscosidad es muy importante para obtener una apariencia optima.

PROCESO:

ESMALTES BASES PARAMETROS DE APLICACION:

- Presión de aire de atomización: 65 psi pistola
75 psi regulador
- Flujos: 350 cc/min áreas exteriores.
450 cc/min áreas interiores.
- Temperatura de pintura requerida: 27 C +/- 3 C
- Humedad Relativa en la cabina: 67% +/- 3%.
- Temperatura de cabina: 27 C
- Velocidad de Aire de Inyección: 110 ft/min constante.

SECUENCIA DE APLICACION:

- 1a Estación: la mano a interiores incluyendo compartimiento de motor hasta terminar, incluyendo unidades austeras.
- 2a Estación: la aplicación doble; una mano húmeda y otra ligeramente más seca hasta terminar, incluyendo el panel frontal.
- 3a Estación: la aplicación doble a paneles horizontales incluyendo 3a puerta hasta terminar. la aplicación húmeda y otra ligeramente seca.

ESMALTE TRANSPARENTE PARAMETROS DE APLICACION:

- Presión de aire de atomización: 65 psi pistola
75 psi regulador
- Flujos: 350 cc/min 1a aplicación.
450 cc/min 2a aplicación.
- Temperatura de pintura requerida: 27 C +/- 3 C
- Humedad Relativa en la cabina: 67% +/- 3%.
- Temperatura de cabina: 27 C
- Velocidad de Aire de Inyección: 110 ft/min constante.

SECUENCIA DE APLICACION:

- 4a Estación (1a aplicación): la mano húmeda a paneles verticales y rebajos. Compartimiento de motor deberá ser terminado.
- 5a Estación (2a aplicación): la mano húmeda a toldo hasta terminar y la mano a 3a puerta. Se pintarán interiores cuando la unidad sea austera.
- 6a Estación (3a aplicación): 2a mano a paneles verticales hasta terminar y 2a mano a 3a puerta hasta terminar.

EQUIPO:

Para: ESMALTES BASES:
E176CE022 Transparente.

Pistolas: Modelo Graco 600.
Boquilla: 021
Aguja: 106-849
Tobera: 106-849

Reguladores: De orificio ajustable.
Proveedor: Hose Specialities/Capri Inc.
Codigo: Hosco RY-4
Conexión: Hosco S-6

FILTROS DE LA CASETA:

Proveedor: Eaton Filter Air
Tipo: Viledon
Codigo: PA 560-G

MANO DE OBRA:

1.-) ESMALTES BASES:

1a Aplicación: (abanico ajustable). La aplicación de (1a estación) rebajos deberá ser con abanico totalmente abierto. Para las demás áreas se puede ajustar el abanico. Es importante alcanzar un mínimo espesor cuidando de no tener transparencias.

2a Aplicación: (abanico totalmente abierto). La pistola (2a estación) deberá estar colocada a una distancia de 0.33 metros de la superficie a pintar y deberá estar en forma perpendicular a la misma. La velocidad de la primera aplicación deberá ser normal y en la segunda aplicación deberá ser ligeramente más rápida. Deberán evitarse traslapes excesivos, altos espesores en filos, manijas de puertas, en orificios para molduras o emblemas y en los stud wells (grapas para molduras).

3a Aplicación: (abanico totalmente abierto). La pistola (3a estación) deberá estar colocada a una distancia de 0.33 metros de la superficie a pintar y deberá estar en forma perpendicular a la misma. La velocidad de la 1a aplicación deberá ser normal y en la segunda aplicación deberá ser ligeramente más rápida. Deberán evitarse traslapes excesivos y deberán usarse bancos para esta operación.

2.-> ESMALTE TRANSPARENTE:

1a Aplicación: (abanico ajustable). La pistola deberá (4a estación) colocarse a una distancia de 0.33 metros de la superficie a pintar y en forma perpendicular a la misma. La velocidad de aplicación deberá ser normal. Deberán evitarse traslapes excesivos, altos espesores en manijas, stud wells y orificios para molduras o emblemas. Para la aplicación del compartimiento de motor en abanico podrá ser ajustable.

2a Aplicación: (abanico ajustable). La pistola deberá (5a estación) colocarse a una distancia de 0.33 metros de la superficie a pintar y en forma perpendicular a la misma. La velocidad de aplicación deberá ser normal evitando traslapes excesivos. Cuando la unidad sea austera el abanico podrá ser ajustado para pintar el interior. Usar bancos para la aplicación del toldo.

3a Aplicación: (abanico totalmente abierto). La pistola (6a estación) deberá colocarse a una distancia de 0.33 metros de la superficie a pintar y en forma perpendicular a la misma. Para la aplicación del cofre deberán usarse bancos. Evitar traslapes excesivos, altos espesores en manijas, stud wells, manijas y en orificios para molduras o emblemas. La velocidad de aplicación deberá ser normal en la 1a mano y ligeramente más húmeda en la segunda mano. No deben existir áreas con apariencia reseca.

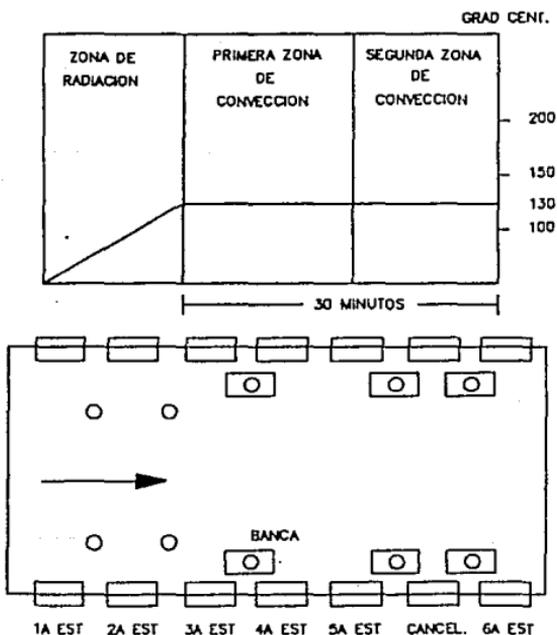
HORNO DE ACABADOS:

Cédula de Horneo:

130 C 30 minutos.
(Temperatura de Metal)

Temperatura máxima: 150 C

A continuación se presenta una gráfica de la curva de temperatura para este horno y un esquema de la cabina.



A continuación se presentan algunos ejemplos de los factores que se controlan día con día utilizando como herramienta principal el control estadístico del proceso.

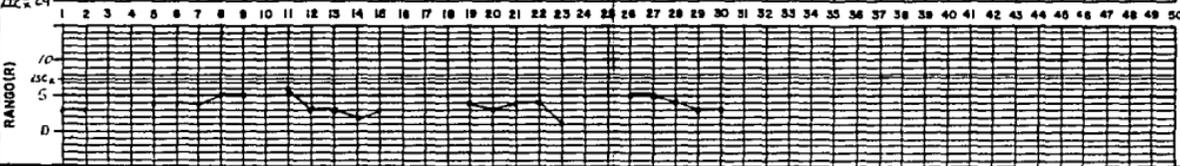
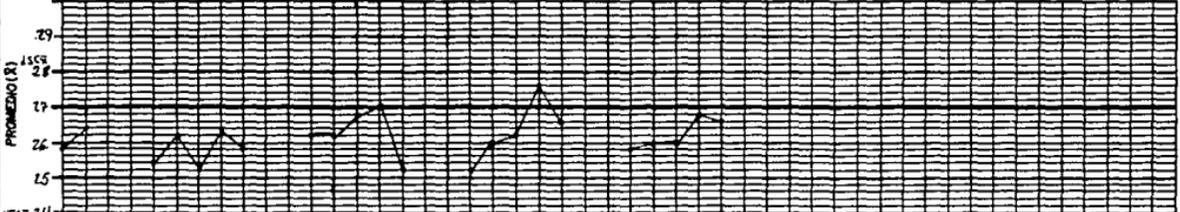
- Temperatura de caseta.
- Humedad de caseta.
- Temperatura de la pintura.

PLANTA: _____ DEPARTAMENTO: _____ / N° _____
 INFORMACION DE PRODUCCION: _____ CLASIFICACION S/E/R CRITICA MAYOR MENOR INFORMACION DE INSPECCION/PRUEBA: _____

CARTA DE RANGO Y PROMEDIO

CARACTERISTICA: Temperatura de cabina UNIDAD DE MEDICION: °C CERO: _____ TIPO DE INSPECCION / PRUEBA: _____
 NOMBRE DE LA PARTE: Cables de Ambros OPERACION: aplicar los cables ESPECIFICACION NOMINAL: 27°C $\bar{X} = 28.0$ (R = 3.6) (O = _____)
 N°: _____ N°: _____ LIMITE INFERIOR ESP.: 26°C (LSC₁ = 28.1) (LSC₂ = 7.6) LOCALIZACION: _____
 PROD. EST. / HORA: _____ UNIDAD MAQUINA N°: _____ LIMITE SUPERIOR ESP.: 27°C (LIC₁ = 24.0) (LIC₂ = 0) FRECUENCIA: _____

PERIODO: _____ FECHA ESTABLECIMIENTO: _____ HABILIDAD DEL PROCESO: _____ OBJETIVO: C_p = (1) C_{pk} = (1.33) CARTA N°: _____
 LIMITES DE CONTROL: _____



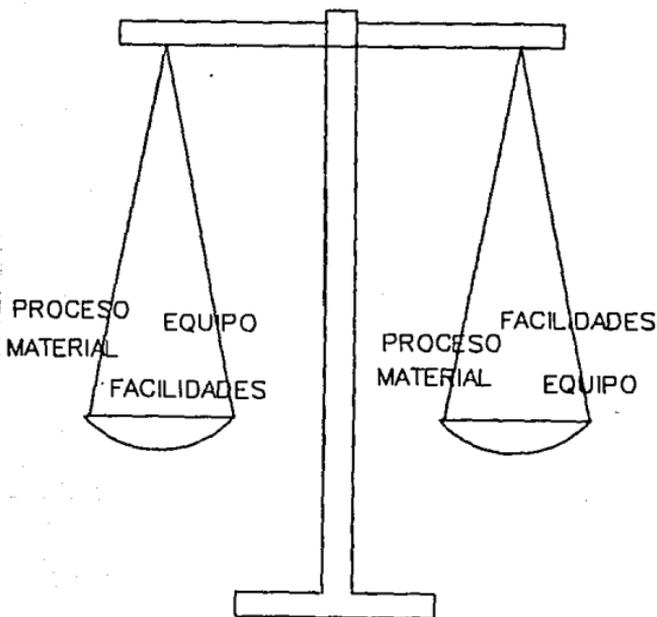
VALORES DE LA MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50															
1	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26													
2	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26											
3	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26										
4	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27										
5	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27										
SUMA	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135									
PROMEDIO	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27									
RANGO	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3							
FECHA																																																																	
HORA																																																																	
INDICIALES																																																																	
Cp																																																																	
Cpk																																																																	

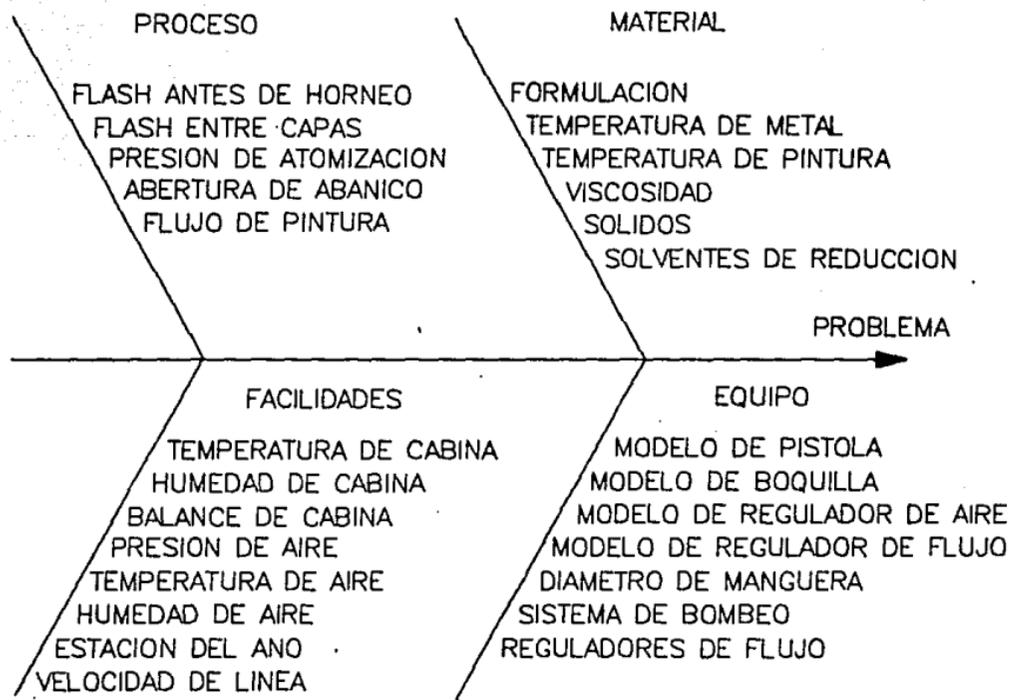
-10-

La discusión y el análisis de estos problemas se realizan en una junta, encabezada por el Gerente de Manufactura, los lunes de cada semana, asistiendo los departamentos de servicio: Ingeniería de Procesos, Ingeniería del Producto, Ingeniería Industrial, Mantenimiento, Producción, Control de Calidad así como el Proveedor.

No solamente el control adecuado de los factores señalados llevará al logro de los objetivos. Es necesario también lograr el balance de las características involucradas.

BALANCE





Quando se presenta un problema de calidad se recurre a métodos de análisis buscando eliminar la causa raíz del defecto.

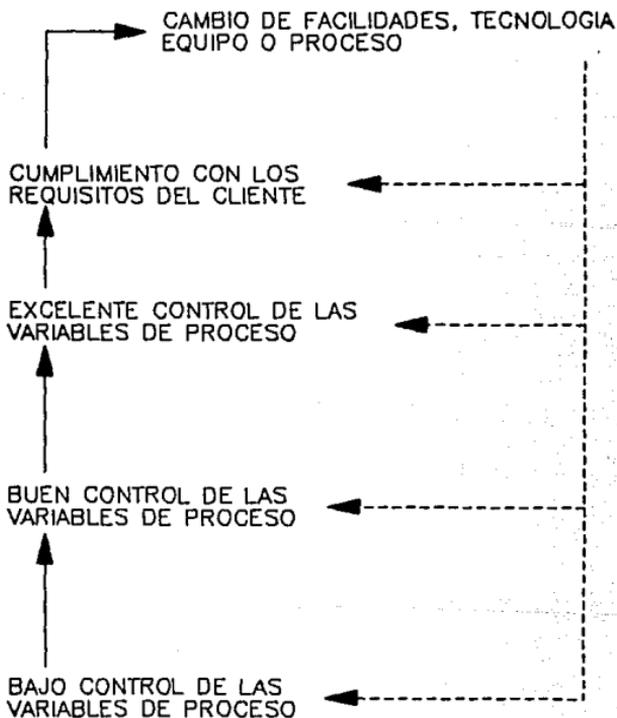
Este diagrama contempla las "5 M's" que son:

- Material
- Método
- Maquinaria
- Medio Ambiente
- Mano de Obra

Para los defectos de pintura no se toma en cuenta la mano de obra por ser factor incontrolable dado que el proceso de aplicación en esta planta es completamente manual.

V.- CONCLUSIONES.

Las actividades desarrolladas dentro de la planta de pintura de Chrysler pueden resumirse de la siguiente forma:



Ha sido importante mantener a todo el personal en un programa de capacitación, el cual fue enfocado a:

- 1.-) Involucramiento del personal en las actividades a desarrollar en el departamento de pintura.
- 2.-) Dedicación y disciplina.
- 3.-) Control del proceso.
- 4.-) Evaluación del proceso.
- 5.-) Mejoramiento del proceso enfocado a:
 - Erradicar el desperdicio de pintura.
 - Flexibilidad que permita variaciones que no pueden ser sujetas a control.
 - Que optimice el comportamiento de la pintura desde su aplicación hasta el uso del automóvil con el cliente.

El control de los factores involucrados en un proceso de pintura ha contribuido a obtener un producto que satisfaga las necesidades del cliente en costo y calidad, y mantenerlo en un mercado mundial el cual reclama la mejora del producto día con día.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Blanco Alberto, Villegas Luis: Tecnología de Pinturas y Recubrimientos Orgánicos.
Ed. Química S.A.
México 1966.
- 2.- Perry Robert, Chilton Cecil: Chemical Engineers Handbook.
Ed. McGraw Hill
E.U.A. 1973.
- 3.- Sears Francis, Zemansky Mark: Física General.
Ed. Aguilar
España 1979.
- 4.- Gardner Henry: Paint Testig Manual.
ASTM Special Technical Publication.
E.U.A. 1972.
- 5.- Arle Paul: An Introduction to Spraybooths.
Haden Technical Services Corporation.
E.U.A. 1986.
- 6.- Arle Paul: An Introduction to Curing Ovens.
Haden Technical Services Corporation.
E.U.A. 1986.
- 7.- General Motors de México: Calidad y Confiabilidad.
Publicación de la oficina central de
Calidad y Confiabilidad
México 1985.
- 8.- Spray On: Air Spray Equipment.
México 1985.
- 9.- Ford Motor Company: Automated Controllable Transfer Efficient.
B & A Paint Operations.
E.U.A. 1986.
- 10.- Ford Motor Company: Assembly Plant Paint Systems Analysis.
E.U.A. 1987.

- 11.- Ford Motor Company:The Eight Disciplines Problem Solving.
E.U.A. 1986.
- 12.- Ford Motor Company:Introduction to Problem Solving.
E.U.A. 1987.
- 13.- Ford Motor Company:Measurement Systems Analysis.
E.U.A. 1987.
- 14.- Chrysler Corporation:Windsor Assembly Plant.
Paint Quality Team. Executive Review.
Canada 1986.
- 15.- Chrysler Corporation:Paint-Domestic Passenger Vehicles
Procedures and Materials.
Engineering Office Publication.
E.U.A. 1987.
- 16.- L. Santini:Colores y Pinturas
Ed. Ossb.
Barcelona 1952.
- 17.- Ford Motor Company:The Memory Jogger.
A Pocket Guide of Tools For
Continuous Improvement
E.U.A. 1985.
- 18.- Stanley H. Tine:Organic Chemistry.
Ed. International Students Edition.
E.U.A. 1970.
- 20.- March Jerry:Organic Chemistry.
Ed. McGraw Hill.
E.U.A. 1977.
- 21.- Donald Kern:Procesos de Transferencia de Calor.
Ed. C.E.C.S.A.
Mexico 1975.
- 22.- Kim, Marshal:Drop-Size Distributions from Pneumatic
Atomizers
Aiche Journal 1971.